

Атмосфера безопасности

Ю. В. Готовцева¹

УДК 542.19

Мы продолжаем серию публикаций, посвященных оснащению лабораторий оборудованием для безопасной и эффективной работы с любыми химическими веществами. Во многих микробиологических и исследовательских лабораториях установлены жесткие требования: стерильные условия, отсутствие воздействия окружающей среды на образцы и реагенты. Чтобы минимизировать влияние внешней среды и обеспечить лаборантам безопасные условия труда, используются ламинарные укрытия и боксы. Рассмотрены различные классы защиты и области применения ламинарных боксов, чтобы пользователи смогли сделать осознанный выбор и подобрать правильную модель для конкретных задач.

Ключевые слова: ламинарный бокс, лаборатория, химические реагенты, токсичные вещества

Принцип работы ламинарного бокса

Стандартный ламинарный бокс представляет собой шкаф, в котором создается беспылевое стерильное рабочее пространство. В основе принципа работы ламинарных боксов лежит такое явление, как ламинарный поток, он позволяет избежать смешивания токсичных веществ и хаотичного движения газов. Ламинарными называются движущиеся с постоянной скоростью параллельно друг другу потоки воздуха.

Механизм работы ламинарного бокса следующий:

1. **Забор воздуха.** В верхней или задней части ламинарного бокса с помощью вентиляторов из окружающей среды втягивается обычный воздух.
2. **Фильтрация.** Сначала воздух проходит через фильтр грубой очистки, а затем первично очищенный воздух проходит через HEPA- или ULPA-фильтры, которые не пропускают большую часть посторонних частиц, аллергенов и других загрязнителей размером до 0,3 мкм.
3. **Ламинарный поток.** Воздух проходит через сетчатые или перфорированные перегородки, возникают параллельные потоки, направленные в нижнюю или переднюю часть камеры.

Очищенный воздух без посторонних элементов поступает в рабочую зону с постоянной скоростью равномерными слоями без завихрений и хаотичных движений.

4. **Поддержание стерильности.** С помощью ламинарных потоков загрязнения и вредные пары удаляются в нижнюю часть камеры или в сторону оператора. Вместо них рабочую зону наполняет воздух, прошедший через фильтры. В самой камере работают УФ-лампы, которые дополнительно стерилизуют рабочее пространство.

Некоторые модели содержат камеры, полностью изолированные от оператора прозрачной панелью, – их называют ламинарными боксами или шкафами. У других же моделей рабочая зона отделяется только вертикальными ПВХ-ламелями – они называются ламинарными укрытиями. Несмотря на разные названия, принцип работы у этих моделей схожий, о различиях поговорим далее.

Классификация ламинарных боксов

Все модели ламинарных боксов предназначены для защиты окружающей среды и обеспечения стабильных условий внутри камеры, но отличаются они степенью безопасности для оператора и уровнем стерильности камеры. Европейский комитет по стандартизации (CEN) официально выделяет несколько классов защиты ламинарных боксов:

¹ ГК «Диполь».

- 0 класс защиты – более характерен для ламинарных укрытий, которые применяются для защиты реагентов и образцов от воздействия окружающей среды, но при этом не обеспечивают безопасность лаборанту. Поэтому в моделях нулевого класса обычно работают с бактериологическими культурами, которые не представляют опасности для оператора.
- I класс защиты. Боксы этого класса предназначены для работы с образцами с низким уровнем биологической опасности, потому что в рабочей зоне не создаются достаточно стерильные условия. Образцы в камере подвержены воздействию внешних загрязнений, но оператор и окружающая среда защищены от вредных и токсичных паров.
- II класс защиты. Боксы разработаны специально для обеспечения безопасности как оператора, так и содержимого камеры. Обычно их используют для работы с токсичными и патогенными веществами. За счет своей универсальности они являются самыми популярными и востребованными на рынке.

- III класс защиты. Боксы применяются при работе с вирусами и реагентами высокого уровня опасности. Конструкция обеспечивает полную изоляцию оператора от рабочей зоны, взаимодействие с веществами и предметами осуществляется с помощью специальных перчаток, встроенных во фронтальную стенку ламинарного бокса.

Нулевой класс защиты выделяется редко, в качестве примера ламинарного бокса с этим классом защиты можем привести модель LFH линейки лабораторной мебели VIKING LAB.

В его конструкции используется фильтр HEPA H14, который обеспечивает в рабочей камере класс чистоты 5 ИСО по частицам размером больше или равным 0,5 мкм. Ламинарный бокс с подобным фильтром предназначен для работы с посевами бактериологических культур, не представляющих угрозы для здоровья оператора, потому что нулевой класс защиты не обеспечивает безопасность лаборанту. Данная модель также отличается необычным дизайном и ярким бирюзовым цветом.



В зависимости от класса защиты различается конструкция ламинарных боксов, а также перечень веществ и патогенов, с которыми может безопасно работать лаборант. Также существует иная классификация на основе конструктивных различий:

- **С вертикальным потоком.** Ламинарный поток в камере направлен сверху вниз, токсичные пары и посторонние частицы удаляются под рабочую поверхность. Таким образом обеспечивается безопасность не только образцов в камере, но и лаборанта. Зачастую именно боксы данного типа используются для работы с веществами и вирусами высокого уровня опасности.
- **С горизонтальным потоком.** Ламинарный поток идет от задней стенки камеры в сторону оператора. Модели этого типа проще в обслуживании, но в то же время менее безопасны для лаборанта, так как вредные пары удаляются в сторону передней части бокса.
- **Биологические боксы** специально разработаны для взаимодействия с различными опасными биологическими образцами, например микроорганизмами, бактериями и тканями. Подобные боксы используются для защиты окружающей среды от биологических загрязнений.

Перечисленные классификации призваны упростить выбор модели для конкретных задач. Главные функции ламинарного бокса – это защита от внешних воздействий и стерильная рабочая зона, но не только ламинарные боксы могут выполнять подобные задачи. Рассмотрим причины, по которым желательно оборудовать лабораторию именно ламинарными боксами.

Преимущества ламинарных боксов

В некоторых лабораториях делают так называемые «чистые» помещения, полностью стерильные комнаты, в которых можно работать, не боясь загрязнения образцов, реагентов и инструмента. В чем же отличие ламинарных боксов от подобных «чистых» комнат?

- **Экономичность.** В первую очередь, оборудование полностью стерильного помещения требует огромных затрат. Для «чистой» комнаты необходимо закупить специальное оборудование, которое выделяет минимальное количество загрязнений, установить контроль за гигиеной персонала, приобрести специальную одежду. Ламинарные боксы дешевле и требуют меньше условий для полноценного функционирования.

- **Мобильность.** Если возникнет необходимость переезда в другое помещение, «чистую» комнату придется оборудовать заново, ламинарный бокс можно легко перевезти как в другое здание, так и в совершенно другой город.
- **Универсальность.** Обширная комплектация и различные классы защиты ламинарных боксов позволяют выбрать оптимальный вариант для конкретных задач.
- **Высокая производительность.** Благодаря достижениям современных технологий для полноценного функционирования оборудования требуется не так много энергии. Кроме того, ламинарные боксы оснащены пультом управления, который позволяет регулировать различные параметры и повышать производительность при уменьшении затрат энергии.

Учитывая все вышеперечисленные преимущества, гораздо проще и экономичнее приобрести несколько ламинарных укрытий или боксов для лаборатории, а не переоборудовать отдельные помещения для работы с реагентами, нанотехнологиями или исследовательскими образцами.

Область применения

Ламинарные боксы выполняют различные функции: поддержание стерильной среды, исключение влияния посторонних частиц на образцы, защита персонала и окружающей среды от вредных и токсичных веществ. Во многих отраслях необходимо создать и поддерживать стабильную стерильную воздушную среду, поэтому область применения ламинарных боксов и укрытий достаточно широка.

- **Фармацевтика.** Стерильность важна на многих этапах производства в фармацевтической промышленности. В ламинарных боксах происходит взвешивание материалов, смешивание растворов, упаковка лекарств, контроль качества, исследование активных веществ.
- **Биотехнология и генетика.** В условиях отсутствия посторонних частиц должны производиться исследования стволовых клеток, ДНК, РНК, белков и других биомолекул. Стерильные боксы предотвращают не только загрязнение образцов, но и перекрестное заражение.
- **Пищевая промышленность.** Как и в фармацевтике, на этапе упаковки необходимо стерильное пространство, чтобы товар не испортился до истечения срока годности, рассчитанного с учетом отсутствия посторонних бактерий в продукции.

- **Наука.** Для проведения различных исследований и экспериментов часто требуются стабильные условия, отсутствие влияния окружающей среды и других факторов на опытные образцы. Именно поэтому для получения более точных данных в исследовательских центрах используются ламинарные боксы.
- **Электроника и нанотехнологии.** В процессе сборки и ремонта микроэлектроники в схему могут попасть посторонние частицы, которые напрямую повлияют на долговечность и качество продукции, поэтому в данной отрасли также используются ламинарные боксы.

Область применения различных моделей зависит от класса защиты, он напрямую влияет на перечень веществ, для работы с которыми можно использовать ту или иную модель ламинарного бокса. Для взаимодействия с опасными веществами выбирают более высокий класс защиты, если же необходимы стабильные и стерильные условия только для самих образцов, то подойдут и более низкие классы защиты.

Правила работы

В ламинарных боксах зачастую проводятся работы, которые требуют точности исполнения и не терпят даже мельчайших изменений условий окружающей среды. Стабильные условия работы в камере обеспечивает ламинарный поток, но при некорректной эксплуатации могут возникнуть турбулентные потоки и завихрения.

Во избежание нарушения ламинарного потока в рабочей зоне необходимо придерживаться ряда правил.

1. **Подготовка рабочего места.** Нужно заранее включить ламинарный бокс, подождать некоторое время, пока потоки воздуха в камере не стабилизируются. Затем необходимо продезинфицировать рабочую поверхность, посуду и инструмент антисептическим средством или спиртом, чтобы достичь максимальной стерильности в камере. Только после всех этих приготовлений можно начинать работу.
2. **Специальная одежда и перчатки** необходимы не только для защиты оператора от воздействия вредных и токсичных веществ, но и для предотвращения попадания посторонних частиц в сам ламинарный бокс.
3. **Избегать резких движений руками.** Ламинарный поток воздуха можно нарушить другим посторонним потоком воздуха, поэтому рекомендуется избегать сквозняка, который

может возникнуть в том числе из-за резких движений ладонями.

Стандартная комплектация

Так как ламинарные боксы и укрытия конструктивно отличаются друг от друга, трудно привести общую для всех комплектацию, но некоторые элементы все же являются базовыми составляющими для большинства моделей:

- фильтр предварительной очистки – используется для первичного очищения поступающего в рабочую зону воздуха от крупных посторонних частиц;
- фильтр HEPA или ULPA – задерживают самые мельчайшие посторонние частицы, обеспечивая стерильную чистоту поступающего в камеру воздуха;
- ламинаризатор – сетчатые или перфорированные перегородки, которые создают ламинарные потоки воздуха, выпрямляя их и делая движение воздуха более равномерным;
- УФ-лампы – зачастую присутствуют в камере ламинарных боксов для дополнительной дезинфекции;
- манометр – контролирует давление в камере, которое влияет на стабильность ламинарных потоков;
- датчик контроля скорости потока – при достижения критического значения скорости (пороговое число Рейнольдса) происходит переход ламинарных потоков к турбулентности, чего необходимо избежать, потому что для корректной работы бокса необходимы именно равномерные потоки.

В стандартный набор входят элементы, благодаря которым поддерживается высокий уровень чистоты и стерильности воздуха в камере бокса. Равномерные ламинарные потоки фильтрованного воздуха вытесняют токсичные и вредные пары, очищая камеру. Ламинарные боксы позволяют создавать локальные стерильные зоны, которые так необходимы во многих отраслях промышленности.

Правильно выбранная модель, корректная эксплуатация – залог качественной продукции и точных результатов исследовательской деятельности.

Авторы / Authors

Готовцева Юлия Викторовна, руководитель направления лабораторной мебели ГК «Диполь». Область интересов: лабораторная мебель.

Gotovtseva Julia, head of the laboratory furniture department of the Dipaul Group of Companies. Area of interest: laboratory furniture. GotovtsevaYuV@dipaul.ru