

# ОПЫТ АМЕРИКИ И КИТАЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ КЛИМАТИЗАЦИИ БОЛЬНИЧНЫХ ЗДАНИЙ



A. Gutkin



Zhiguo Wu

В разных странах в зависимости от их социально-экономических и политических особенностей сформировались различные системы здравоохранения. Однако проблемы, возникающие при достижении требуемого уровня чистоты воздуха в больницах, при выборе технологического подхода к организации вентиляции и кондиционирования воздуха, а также при снижении энергопотребления инженерных систем, могут быть очень схожи. Поэтому опыт других стран в решении названных проблем актуален для России. Предлагаем комментарии американского и китайского специалистов к вопросам, сформулированным А. П. Борисоглебской, председателем комитета НП «АВОК» по лечебно-профилактическим учреждениям.

## Alexander Gutkin



специалист из США, PE, LEED AP, AKF Partner, Adjunct Associate Professor – NYU (New York University), лектор ASHRAE, имеющий 30-летний опыт проектирования систем HVAC больничных зданий США, лектор АВОК по мастер-классу «Особенности проектирования систем ОВК в лечебно-профилактических учреждениях»

## Zhiguo Wu



главный инженер, старший менеджер отдела системной интеграции, заместитель председателя Китайской ассоциации медицинского оборудования, филиал чистого инженерного оборудования Nanjing TICA Climate Solutions Co., LTD

## Каким способам и технологиям очистки и обеззараживания воздуха отдается предпочтение?

**Alexander Gutkin** Основным методом предотвращения загрязнения воздуха частицами и бактерицидной средой является фильтрация, последовательная установка фильтров различной эффективности на основе требований (ASHRAE) и особых соображений проекта. Фильтры могут быть различной конструкции, материала, толщины и эффективности или так называемыми специальными:

- фильтры с химической пропиткой для устранения запахов;
- угольные фильтры для улавливания радиоактивных изотопов в вытяжном воздухе или устранения запахов углеродного топлива, газа или мазута;
- электростатические фильтры, где фильтрующий материал электростатически заряжен;
- плазменные фильтры, которые работают по тому же принципу, что и электростатические фильтры.

Безусловно, в учреждениях здравоохранения используются и обычные гофрированные фильтры, плоские или карманные, от MERV 7 до MERV 14 (MERV – ASHRAE, у нас данные фильтры маркируются по ГОСТ Р EN 779 от G4 до F8), а также фильтры HEPA.

**Zhiguo Wu** В течение последних 10 лет в больницах для обеспечения чистоты используются средства дезинфекции и стерилизации, часто применяется ультрафиолетовое (УФ) излучение. Но в последние годы использование УФ-ламп снижается. В настоящее время в Китае в больницах для очистки воздуха в основном используется механическая фильтрация, широко применяются системы кондиционирования воздуха с HEPA-фильтрами. Это позволяет повысить эффективность стерилизации до 99,9%.

Однако есть небольшое количество больниц, в которых по старинке используются УФ-лампы. Часто рекомендуется применение UVC-ламп с длиной волны 252 нм, которые устанавливаются за воздухоохладителем в оборудовании систем кондиционирования. Если воздухоохладитель установлен перед фильтром, то последний должен быть изготовлен из стекловолокна, поскольку обычный химический волокнистый фильтр легко подвергается старению после облучения ультрафиолетовым излучением и срок службы и его эффективность становятся намного хуже.

## Расскажите об области применения ультрафиолетовых облучателей. Что ограничивает их использование?

**Alexander Gutkin** В США не существует требований по использованию систем ультрафиолетового облучения в больницах. Оно используется в качестве дополнительного метода для снижения роста бактерицидной среды путем размещения ультрафиолетовых ламп внутри блоков обработки воздуха в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Как правило, использование УФ-облучения зависит от решения инженера-проектировщика

или группы технического обслуживания больницы. Поскольку ультрафиолетовое освещение не является требованием ASHRAE, существует общая тенденция устанавливать только то, что требуется нормативом, и дополнительные функции зависят от пользователей и влекут за собой дополнительные расходы на проект. Недостатком УФ-облучения является необходимость технического обслуживания оборудования, регулярная замена ламп.

**Zhiguo Wu** Исследования показывают, что эффективность стерилизации при помощи ультрафиолетовых ламп обычно не превышает 85%. Кроме того, внутри кондиционера, приточной камеры и воздуховода из-за высокой скорости воздушного потока бактерии облучаются ультрафиолетом в течение очень короткого времени, эффективность стерилизации низкая, и бактерии остаются в системе.

## Какие способы увлажнения воздуха применяются в больницах? При каких условиях используется вода?

**Alexander Gutkin** При проектировании системы увлажнения используются и пар, и вода. В зонах с высоким классом чистоты, где требуется контроль влажности, используются системы чистого пара. При обратном осмосе в качестве источника генерации пара используется вода. В зонах здания с помещениями низкого класса по чистоте могут использоваться системы адиабатического распыления воды.

**Zhiguo Wu** В китайских больницах для увлажнения воздуха помещений в основном используется пар. Для получения пара в основном применяется водопроводная вода, и качество пара вполне соответствует нормативным требованиям, поэтому такие увлажнители широко используются в китайских больницах. Больницы, где требуется более высокое качество пара, используют тип парового увлажнителя, в котором пар получается методом электрического нагрева очищенной воды.

В Китае в больницах нельзя использовать для увлажнения воздуха пар из котла, так как он содержит много примесей. Также запрещены все варианты изотермического увлажнения, потому что они основаны на естественном испарении воды, то есть пар содержит много бактерий.

## Как поддерживается чистота воздуха в помещениях больниц?

**Alexander Gutkin** Чистота воздуха в больничных палатах поддерживается сочетанием различных факторов, включая стандартные рабочие процедуры персонала (SOP – standard operating procedures), переобучение персонала, разделение на грязные/чистые зоны и строгий контроль потока медицинских отходов.

С точки зрения работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха чистоту воздуха в помещениях больниц помогают поддерживать следующие требования:

- обеспечение по перепаду давления в зонах с классом чистоты – положительное или отрицательное;

- фильтрация всего воздуха, поступающего в помещение или выбрасываемого наружу;
- правильное размещение приточных систем в помещении и регулирование вентиляционного потока из чистых помещений в грязные;
- обеспечение требуемой кратности воздухообмена для помещений в зависимости от их функций и требований;
- увлажнение воздуха с использованием чистого пара, который не имеет химической обработки или добавок;
- обеспечение температуры воздуха в помещении и осушение воздуха для устранения бактериального роста, который обычно связан с высокой температурой и влажностью в помещении.

**Zhiguo Wu** Самое хорошее решение – это чистая система кондиционирования воздуха, то есть технология поддержания чистой воздушной среды в помещениях больницы за счет качественной очистки приточного воздуха и создания перепада давления между помещениями с различными классами чистоты при обеспечении контроля перепада давления.

### Какие энергосберегающие технологии применимы в больницах?

**Alexander Gutkin** Требования к энергосбережению регулируются Государственным энергетическим стандартом (State Energy Code) и индивидуальными стандартами лечебного учреждения (если таковые имеются).

Используются различные системы рекуперации тепла. Система вентиляции обычно снабжается циклом экономайзера на стороне воздуха или воды. Когда энтальпия окружающей среды ниже требуемой для помещения, 100% наружного воздуха будет использоваться для охлаждения, в зимнее время система использует минимум наружного воздуха в соответствии с требованиями стандарта.

Система Variable Air (переменного расхода воздуха) используется для уменьшения подаваемого в помещение количества воздуха с точки зрения экономии энергии вентилятора. Это верно для всех систем энергосбережения, однако необходимо соблюдать минимальные требования к воздуху в соответствии со стандартом.

**Zhiguo Wu** Согласно нашим данным в китайских больницах более 35–40% потребления энергии приходится на системы кондиционирования воздуха. Поэтому очень важно снизить энергопотребление кондиционерами. В больших системах кондиционирования воздуха обычно 30–40% энергии расходуется на чиллеры, а около 40% – на системы вентиляции и кондиционирования. Для повышения эффективности используются, во-первых, чиллеры, насосы с частотно-регулируемым приводом и система контроля и управления. С учетом требуемой нагрузки оптимизируем ввод в эксплуатацию каждого устройства, и система управления автоматически выбирает максимально эффективный график работы. Практически сезонный коэффициент энергоэффективности может достигать 6,0 или даже выше. Во-вторых, для вентиляционной установки рекомендует-

ся эффективное решение с вентилятором, использующим пылезащитный фильтр и уменьшающим сопротивление системы. Системы кондиционирования воздуха, как правило, применяются с переменным расходом воздуха. В-третьих, из-за влажного климата на юге Китая требуется система осушения воздуха, которая традиционно потребляет очень много энергии: выполняется охлаждение для осушения и нагрев для регулирования температуры. Поэтому мы рекомендуем использовать системы, позволяющие независимо контролировать температуру и влажность воздуха. В результате можно снизить потребление энергии системой кондиционирования воздуха более чем на 40%.

В большинстве районов Китая весной и осенью прохладно, поэтому мы изучаем возможность увеличения объема наружного воздуха или даже 100%-ного его использования в эти периоды. Нагретый наружный приточный воздух позволит сокращать потребление энергии чиллером.

### Какие системы кондиционирования воздуха применяются в больницах, в частности в операционных?

**Alexander Gutkin** Базовая система – это чиллер и центральные системы кондиционирования воздуха, расположенные в венткамере или на крыше, либо системы кондиционирования, снабженные компрессорами (DX-системы), которые, как правило, располагаются на крыше здания. Основными компонентами являются: секция смесительной камеры, секция предварительного фильтра (MERV 7), секция фильтра (MERV 14), секция предварительного нагрева, секция охлаждения, секция увлажнителя, секция вентилятора (обычно включает несколько параллельно установленных вентиляторов для резервирования). Очень часто центральные кондиционеры предусматривают приточно-вытяжную конструкцию. Окончательный фильтр (HEPA) требуется для помещений с защищаемой средой (Protective Environment Rooms), включая операционные (Operating Rooms – OR's), и устанавливается ниже по потоку от секции приточного вентилятора. Для блоков с прямым охлаждением также используется конденсационная секция с воздушным охлаждением.

**Zhiguo Wu** Схемы обработки воздуха, поступающего в помещения операционных, следующие: однократная рециркуляция воздуха для помещений операционной низкого и среднего класса чистоты. Для операционных высокого класса чистоты (выше ISO 5) применяется рециркуляция в размере 2 крат.

### Каковы нормы воздухообмена в операционных и других чистых помещениях? Расскажите о применении рециркуляции.

**Alexander Gutkin** Требования регулируются FGI (Facility Design Institute) для больниц, выпуск 2018 года. Для операционных залов минимальная кратность воздухообмена составляет 20 ч<sup>-1</sup>, минимальное значение для наружного воздуха 4 ч<sup>-1</sup>. Давление воздуха в помещении должно быть положительным по отношению к смежным зонам.

Для отделений интенсивной терапии (Intensive Care Units – ICU) и отделений восстановительного лечения (Recovery Rooms) минимальная кратность воздухообмена составляет 6 ч<sup>-1</sup>, а наружного воздуха – 2 ч<sup>-1</sup>.

Рециркуляция разрешена в соответствии с требованиями FGI и внутри помещений не допускается. Вы должны удалить весь воздух, вернуть его обратно в блок обработки воздуха, смешать его с наружным воздухом, отфильтровать, охладить/нагреть, обеспечить увлажнение и только после этого направить его обратно в помещение.

**Zhiguo Wu** Китайские национальные нормы воздухообмена в операционных (нормы GB 50333–2013) предусматривают для всех классов операционных уровень температуры воздуха 21–25 °С и относительной влажности 30–60%. Минимальный расход воздуха должен составлять 15–20 м<sup>3</sup>/(ч•м<sup>2</sup>). Значения воздухообмена меняются в зависимости от класса чистоты операционной: операционная класса ISO 5 требует 50 ч<sup>-1</sup>, класса ISO 7 – 24 ч<sup>-1</sup>, класса ISO 8 – 18 ч<sup>-1</sup>, класса ISO 8.5 – 12 ч<sup>-1</sup>.

Использование объема свежего воздуха в основном зависит от требований к комфорту персонала и контролю перепада давления. По китайским нормам объем свежего воздуха должен составлять 12–15 м<sup>3</sup>/(ч•м<sup>2</sup>). Например, для помещения площадью 50 м<sup>2</sup> требуется 750 м<sup>3</sup>/ч. Реально в процессе проектирования обычно выбирается 1 000 м<sup>3</sup>/ч свежего воздуха для операционной класса I, 800 м<sup>3</sup>/ч – для класса II, 600 м<sup>3</sup>/ч – для класса III.

### Какие применяются воздухопроводы и как поддерживается их чистота?

**Alexander Gutkin** Нет никаких ограничений на то, какой материал воздухопровода вы можете использовать в больнице, хотя некоторые требования соблюдаются.

Воздуховоды, как правило, изготавливаются из оцинкованной стали, алюминия и нержавеющей стали. Стандартные воздухопроводы изготовлены из оцинкованной стали; если

есть вероятность присутствия влаги в воздуховоде, они изготавливаются из алюминия. Если есть вероятность присутствия химических веществ, вызывающих коррозию (например, в воздуховоде из лаборатории), он изготавливается из нержавеющей стали. Внутри вентиляционной установки панели обычно имеют двойную стенку, внутренняя поверхность – из алюминия или нержавеющей стали.

Если увлажнители установлены непосредственно в воздуховодах, то воздухопроводы обычно изготавливаются из нержавеющей стали.

Воздуховод удаляемого вытяжного воздуха должен быть выполнен из нержавеющей стали.

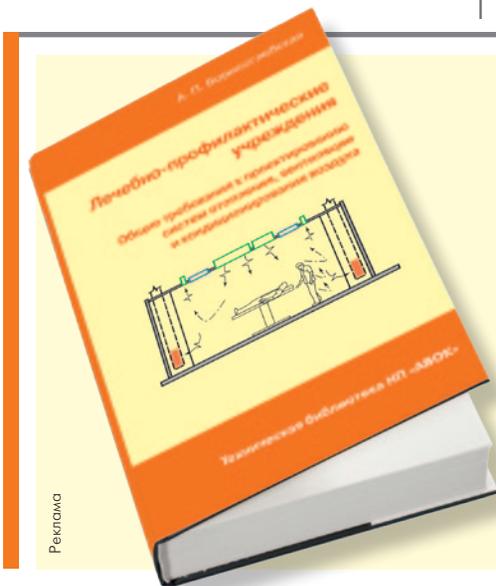
Чистые помещения снабжены фильтрами HEPA внутри диффузоров как конечными элементами воздуховода. То же самое верно для большинства операционных.

Периодически воздухопроводы очищаются специализированными фирмами, хотя это должно регулироваться персоналом учреждения.

В больничных системах мы обычно устанавливаем не звукоизоляцию в воздуховоде, а шумоглушители специального исполнения.

**Zhiguo Wu** Из экономических соображений воздухопроводы системы кондиционирования для операционных в Китае, как правило, делаются из оцинкованной стали, но есть примеры использования воздухопроводов из нержавеющей стали. Если воздухопроводы систем вентиляции из оцинкованной стали накапливают грязь и вредности или изготовлены из листа недостаточной толщины, то возникает большая вероятность утечки воздуха. В Китае существуют соответствующие требования к воздуховодам для чистого помещения. Чем выше уровень чистоты помещения, тем ниже скорость утечки воздуха из воздуховода. Перед вводом в эксплуатацию необходимо проверить герметичность воздуховода. HEPA-фильтр обычно размещается на потолке чистой комнаты как последняя защита для предотвращения загрязнения, вызванного утечкой из воздуховода в помещение. ■

## ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА НП «АВОК»



В книге «Лечебно-профилактические учреждения. Общие требования к проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха» (А. П. Борисоглебская, ISBN 978-5-98267-047-2) содержатся рекомендации по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, организации рационального воздухообмена в помещениях, способам управления и эксплуатации систем лечебно-профилактических учреждений. В основу книги легло стремление обобщить воедино требования существующих нормативов.

В приложениях собран материал, необходимый для специалистов: расчетная температура, кратность воздухообмена и санитарная норма подачи наружного воздуха для разных классов чистоты помещений различных лечебно-профилактических учреждений; классификация воздушных фильтров; примеры оборудования, применяемого в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

[www.abokbook.ru](http://www.abokbook.ru)