

# ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

для обеспечения безопасной  
внутренней среды в социально  
значимых объектах:

## ОПЕРАЦИОННЫЕ



**М. М. Бродач**, профессор МАРХИ,  
вице-президент НП «АВОК», председатель  
комитета НП «АВОК» по техническому  
нормированию, стандартизации и  
сертификации

**А. И. Серегин**, член Президиума НП «АВОК»,  
генеральный директор компании  
«Климатек Инжиниринг» – члена НП «АВОК»  
категории «Премиум»

В настоящее время особо значимой и актуальной становится проблема обеспечения безопасной внутренней среды в социально значимых объектах, в первую очередь зданиях медицинского назначения – больницах, госпиталях, перинатальных центрах и др. лечебно-профилактических учреждениях, имеющих в своем составе операционные комнаты. К качеству микроклимата данных помещений предъявляются повышенные требования при одновременном удовлетворении экологоэнергетических требований по сокращению потребления энергии и связанному с этим сокращению эмиссии парниковых газов в атмосферу (декарбонизации). Для удовлетворения перечисленных требований оборудование систем климатизации выпускается в специальном медицинском исполнении, а величина кратности воздухообмена достигает значительных величин, иногда в сотни раз превышающих нормативы для жилых и общественных зданий. В связи с этим в зданиях медицинского назначения существенно велики как капитальные затраты (на оборудование, его монтаж, наладку и ввод в эксплуатацию), так и эксплуатационные, обусловленные необходимостью в воздухоподготовке больших объемов воздуха.

Социально ориентированным и принципиальным является системный подход к рассмотрению медицинского здания как единой архитектурно-инженерной экологоэнергетической системы, ориентированной на поиск оптимальных архитектурных и инженерных решений по обеспечению высокого качества микроклимата, воздушно-теплого комфорта, безопасности для здоровья пациентов и медицинского персонала с одновременным сокращением энергопотребления и связанной с этим эмиссии парниковых газов и экономической рентабельности принятых архитектурно-инженерных решений.

Безусловно, каждый из вышеперечисленных аспектов требует отдельной статьи. В данном материале сосредоточимся на энергоэффективных решениях для медицинских учреждений и, в частности, для наиболее энергозатратных отделений – операционных блоков различного назначения.

И первое, на что следует обратить внимание, – организация воздухоподготовки и воздухораспределения в таких помещениях. Опыт показывает, что их неправильная организация существенно снижает энергоэффективность систем вентиляции и кондиционирования воздуха даже при использовании передовых энергосберегающих схем обработки воздуха, заложенных в проекте.

Воздухоподготовка операционных комнат – довольно большая и широкая задача, выходящая далеко за пределы самого помещения комнаты. В целом ошибочно рассматривать операционную как отдельное помещение в плане воздухоподготовки. В процессе обязательно задействованы смежные помещения, а в идеальных условиях – целиком блок и отделение.

К сожалению, на сегодняшний день нередко приходится иметь дело как минимум с некорректными, а зачастую с абсолютно некомпетентными проектными решениями. Первое, что необходимо сделать, – это получить медико-технологическое задание с описанием технологического процесса и оборудования. Для специалистов-проектировщиков очень важно понимание, для каких именно хирургических вмешательств операционная комната предназначена, какое оборудование в ней будет предусмотрено, какое количество персонала будет задействовано. После получения информации о назначении можно переходить к выбору системы подачи чистого воздуха в операционную: именно после выбора ламинарного или низкотурбулентного поля становится понятна кратность воздухообмена в проекте. Поскольку площадь операционных комнат может сильно различаться, а операционное поле чистого воздуха – это единственный источник подачи воздуха в операционную, соответственно, и кратность воздухообмена всегда

будет отличаться. Именно поэтому в регламентирующей литературе мы часто встречаем запись: «100 % от расчетного, но не менее десятикратного воздухообмена». Ни в коем случае нельзя ориентироваться на цифру 10 – она просто информирует о том, что кратность будет высокой.

## Последовательность выбора основных функциональных элементов

При расчете операционных потолков чистого воздуха необходимо соблюдать следующую последовательность:

- выбор операционного потолка;
- подбор установок кондиционирования воздуха;
- размещение установок кондиционирования воздуха в вентиляционных камерах;
- прокладка воздуховодов с подбором сечения;
- выбор холодильных машин необходимой мощности и т. д.

Наиболее частой ошибкой в расчете является неверная последовательность в выборе основных функциональных элементов, что впоследствии приводит к переработке проектного решения и значительному увеличению выделенного изначально энергоресурса.

Кратность воздухообмена в помещениях операционных следует определять только после выбора типа операционного потолка и проведения расчета. Кроме того, чем больше площадь операционного потолка, тем надежнее защита операционной зоны во время хирургических вмешательств от загрязнений.

## Типы воздухораспределителей и скорости воздушных потоков

Важную роль в реализации энергоэффективных решений играет правильный выбор воздушных потоков. Кратность воздухообмена по притоку воздуха в помещениях операционных комнат не может быть ниже минимально необходимого расхода воздуха, проходящего через операционный потолок чистого воздуха для создания однонаправленного (ламинарного или низкотурбулентного) потока воздуха. Класс чистоты помещений принимают по медико-технологическому заданию на проектирование или исходя из функционального назначения помещения.

Рассмотрим основные типы подачи воздуха, опираясь на классификацию помещений ЛПУ, приведенную в Р НП «АВОК» 7.8-2022.

В настоящее время наиболее распространены три основных типа воздухораспределителей.



Рис. 1. Примеры прямоугольного (а) и восьмиугольного (б) исполнения операционного потолка однонаправленного (ламинарного) потока

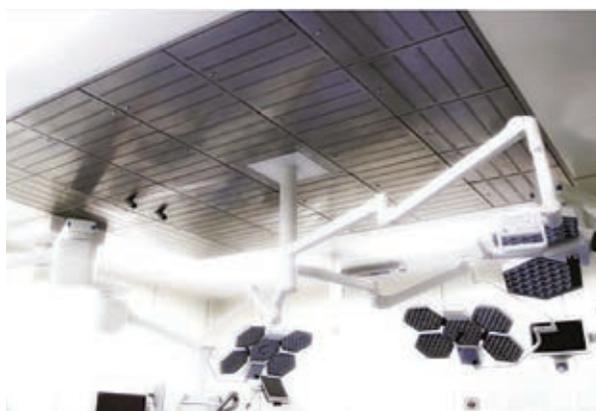


Рис. 2. Низкотурбулентный операционный потолок

1. Операционный потолок однонаправленного (ламинарного) потока применяют для групп помещений 1 (по ГОСТ Р 52539 и Р НП «АВОК» 7.8-2022). Рекомендуемый расход воздуха определяется скоростью воздушного потока от 0,24 до 0,3 м/с. Для снижения расхода воздуха рекомендуется восьмиугольное исполнение потолка (рис. 1б), позволяющее сохранить большую площадь потока воздуха при меньшем его расходе. Начальное сопротивление на высокоэффективных НЕРА-фильтрах зависит от скорости воздуха и количества подключений к воздуховодам.
2. Операционный потолок неоднаправленного (низкотурбулентного) потока применяют для групп

помещений 3 (по ГОСТ Р 52539 и Р НП «АВОК» 7.8-2022). Системы низкотурбулентного потока позволяют обеспечить большую площадь нисходящего потока воздуха при низком его расходе (рис. 2). Рекомендуемый расход воздуха определяется скоростью воздушного потока 0,15 м/с.

3. Воздухораспределитель турбулентного смешанного типа применяют для групп помещений 3–5 (по ГОСТ Р 52539 и Р НП «АВОК» 7.8-2022), он наиболее распространен в помещениях гибридных операционных (КТ, МРТ, ангиография), т. к. большое количество ангиографического оборудования имеет потолочную рельсовую систему крепления, что делает невозможной установку воздухораспределителя горизонтально непосредственно над операционной зоной (рис. 3).

**Вывод.** Благодаря правильной классификации помещения и определения для него типа воздушного потока достигается существенная экономия энергоресурса.

Операционные потолки с одинаковой площадью, но различной скоростью воздуха требуют в разы отличающегося количества подготовленного воздуха и как следствие имеют различное начальное сопротивление абсолютных фильтров класса Н. Как отмечалось выше, определение типа операционной и понимание производимых в ней действий помогут правильно определить тип



Рис. 3. Пример настенного размещения операционного потолка

необходимого потока. К примеру, для низкотурбулентного потока с площадью  $9 \text{ м}^2$  достаточно подготовить всего  $2500 \text{ м}^3/\text{ч}$ , при этом ламинарный поток потребует значительно большего количества подаваемого воздуха, не менее  $7800 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Защита пациента – главная задача, но не менее важно защитить весь персонал, инструменты и всю рабочую зону во время хирургических вмешательств. Соответственно, чем больше будет площадь потока, тем лучше.

## Инженерные решения

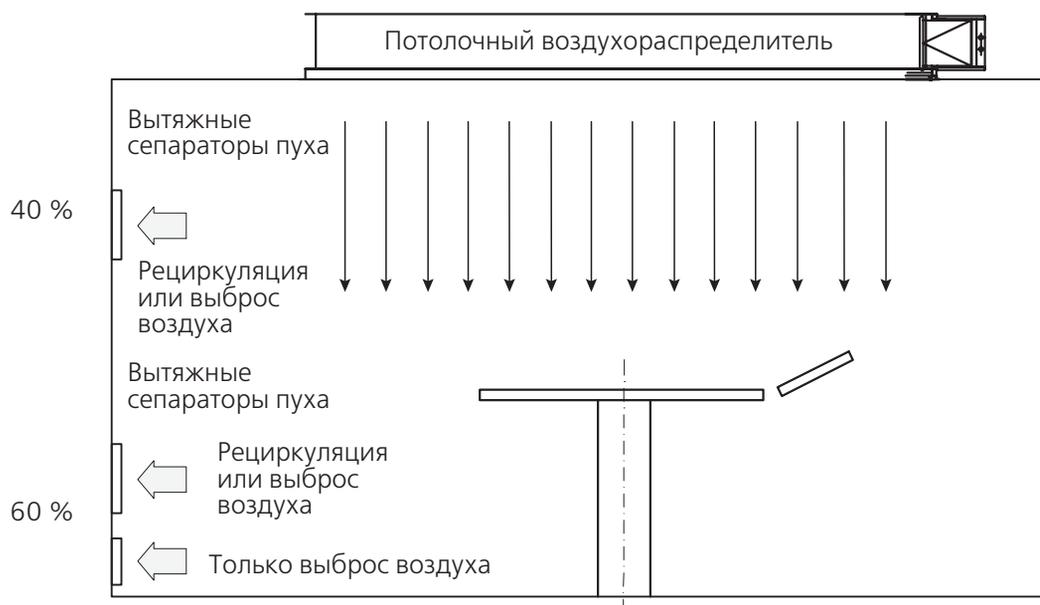
После определения необходимого воздухообмена и выбора типа потока возникает вопрос: каким образом организовать подачу необходимого количества воздуха? Если речь идет о проекте строящегося учреждения, то проблемы практически не существует: можно подвести воздуховоды необходимого сечения, разместить центральные кондиционеры и холодильные машины необходимого размера и выделить для них необходимые мощности; но в случае реконструкции объекта размещение ламинарного поля большой площади становится существенной проблемой. Как правило, в таких случаях прибегают к повторному использованию вытяжного воздуха – рециркуляции. При этом допускается рециркуляция воздуха в границах одного помещения (операционные, отделения реанимации и интенсивной терапии, родильные залы и родовые палаты) при условии добавления необходимого объема наружного воздуха.

Количество наружного воздуха должно составлять не менее 70 %, повторно используемого воздуха – не более 30 % от общего количества приточного воздуха в помещении. Если объем повторно используемого воздуха превышает требуемую норму, требуется его повторная обработка (охлаждение или нагрев, осушение или увлажнение) в зависимости от принятой схемы организации воздухообмена и фактических параметров микроклимата в обслуживаемом помещении.

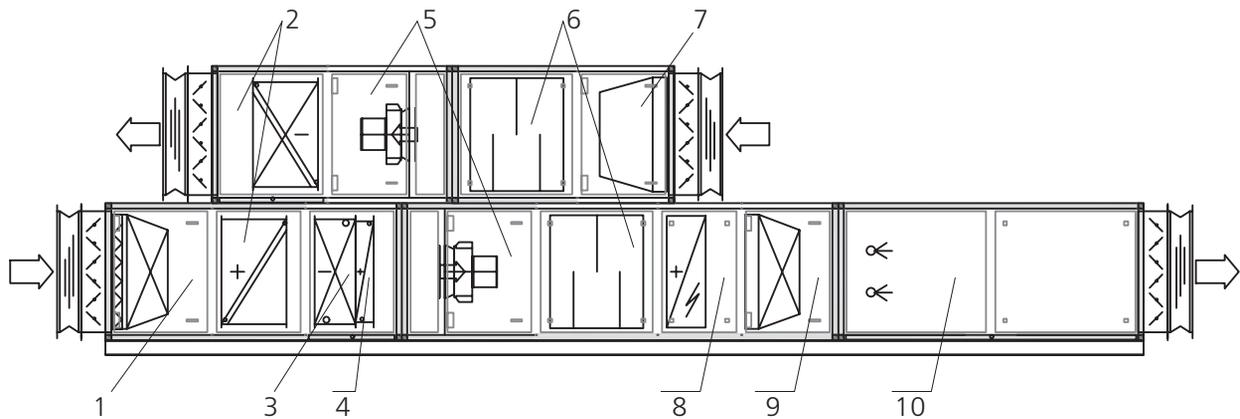
При применении системы кондиционирования воздуха с использованием рециркуляции удалять воздух следует из двух зон: 40 % из верхней зоны (на расстоянии 0,1 м от уровня потолка по верху решетки) и 60 % из нижней зоны (на расстоянии 0,6 м от уровня пола по низу решетки) (рис. 4). Забор воздуха для последующего повторного использования из помещений с возможностью скопления медицинских газов допускается только из верхней зоны и не может превышать 40 % от общего воздухообмена в помещении.

Рециркуляция воздуха с последующей его очисткой (без тепловлажностной обработки) допустима, если доля повторно используемого воздуха не превышает 30 % и не влияет на качество микроклимата помещения.

При невозможности обеспечения в помещении требуемых параметров микроклимата существующей системой вентиляции требуется предусматривать в составе системы подготовки воздуха установку рециркуляции воздуха с функциональными



■ Рис. 4. Схема организации рециркуляции воздуха в помещении операционной с системой кондиционирования воздуха



■ Рис. 5. Функциональный состав установок кондиционирования воздуха: 1 – секция фильтрации G4 + F7; 2 – секция рекуперации; 3 – секция нагрева; 4 – секция охлаждения; 5 – секция вентилятора; 6 – секция шумопоглощения; 7 – секция фильтрации F5; 8 – секция второй ступени нагрева; 9 – секция фильтрации F9; 10 – секция пароувлажнения/парораспределения

элементами, обеспечивающими поддержание параметров микроклимата (охлаждение, нагрев, осушение, увлажнение).

Установки рециркуляции воздуха должны отвечать требованиям к гигиеническому исполнению, аналогичным требованиям, предъявляемым к установкам кондиционирования воздуха в гигиеническом исполнении.

Установки для рециркуляции воздуха должны создавать шум, уровень которого не должен превышать 35 дБ (А) (согласно СП 51.13330) на расстоянии 2 м:

- по вертикали от потолка (при монтаже за потолком обслуживаемого помещения);
- по горизонтали от стены (при монтаже в стеновом пространстве обслуживаемого помещения).

Еще один сложный момент при работе над ЛПУ – это размещение вентиляционного оборудования. На основе многолетнего опыта создания инженерных решений для вентиляции операционных блоков и различных медицинских учреждений нами разработана линейка компактных агрегатов ТВГ (TWH), отвечающих всем требованиям, предъявляемым к подобным помещениям. Компактные агрегаты особенно актуальны в реконструируемых зданиях, где изначально система вентиляции не планировалась вовсе. В составе компактных агрегатов может быть реализован полный холодильный цикл, система управления, контроль температуры и влажности (рис. 5).

Благодаря двойной системе рекуперации энергии с полным разделением воздушных потоков, что особенно важно для проектов медицинской направленности, и использованию вентиляторов с ЕС-двигателями класса IE5 все энергозатраты сведены к минимуму, применение внешнего источника холодоснабжения не требуется.

Следует обратить внимание и на источник холодоснабжения, к выбору которого, как правило, подходят довольно поверхностно. Часто применяют компрессорно-конденсаторные блоки, которые в

принципе не могут обеспечить точное поддержание температуры подаваемого воздуха.

Лучшим решением является применение водоохлаждающих агрегатов (чиллеров), особенно интересны чиллеры с энергоэффективными компрессорами. Подобные системы способны плавно регулировать свою производительность в диапазоне от 25 до 100 %, что позволяет не только поддерживать точную температуру, но и создавать различные режимы работы всего операционного блока, например дневной и ночной режимы.

Для достижения максимальной энергоэффективности установок кондиционирования воздуха предусматривается:

- система рекуперации с полным разделением воздушных потоков, например с промежуточным теплоносителем, имеющим гигиенический сертификат, позволяющая снизить затраты энергоресурса не менее чем на 40 % в холодный период времени и на 5 % в теплый период времени;
- тепловой насос в случае встроенного холодильного контура, позволяющий снизить затраты на энергоресурс не менее чем на 25 % в холодный период времени;
- системы рециркуляции (если рециркуляция допустима), позволяющие снизить энергозатраты на более чем на 50 % круглогодично.

## Литература

1. Серегин А. И. Воздухоподготовка операционных: простые ответы на непростые вопросы // АВОК. – 2017. – № 5.
2. Борисоглебская А. П. Технологии создания микроклимата в медицинских учреждениях // АВОК. – 2017. – № 5.
3. РНП «АВОК» 7.8-2022 «Проектирование инженерных систем лечебно-профилактических учреждений». – М.: АВОК-ПРЕСС, 2022.