



КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

операционная комната, математическое моделирование, кратность воздухообмена, источники загрязнения, исследование скорости движения воздушных потоков

МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ В ОПЕРАЦИОННЫХ ЧАСТЬ 1. СКОРОСТЬ ВОЗДУХООБМЕНА

Kishor Khankari, Ph.D, член ASHRAE

Главная задача систем вентиляции операционной – минимизация вероятности появления в области операционного стола инфекционных агентов, летучих органических веществ и бактерий при одновременном обеспечении комфортной среды для хирургов и их ассистентов. Ключевой фактор для снижения вероятности инфицирования – минимизация загрязнения стерильной рабочей зоны, где непосредственно проводится хирургическое вмешательство.

Один из источников инфекции в операционных – это чешуйки кожи, мельчайшие частички отшелушившихся с открытых участков тела людей кожных покровов. Микрочастицы, бактерии, находящиеся в воздухе, обычно переносятся внутри комнаты воздушным потоком. Вентиляционная система в операционных должна эффективно удалять эти микрочастицы из стерильной зоны и минимизировать их перенос из нестерильных (загрязненных) зон.

Требования стандарта

Требования стандарта ASHRAE/ASHE 170–2017¹ обеспечивают при проектировании вентиляционных систем операционных минимальный уровень стерильной среды вокруг зоны непосредственного хирургического вмешательства. Согласно данному стандарту, расположение приточного диффузора (воздухораспределителя ламинарного потока) должно поддерживать воздушный поток над пациентом и хирургической бригадой. Кроме того, необходимо разместить основной приточный диффузор таким образом, чтобы зона охвата была не менее 305 мм с обеих сторон от поверхности операционного стола. Комната должна быть оснащена по крайней мере двумя настенными вытяжными решетками, которые нужно разместить в противоположных углах, причем нижний край этих вытяжных решеток находится на уровне около 20 см от пола.

Также в операционной необходимо поддерживать избыточное давление с кратностью воздухообмена 20 ч⁻¹. Приточный воздух должен двигаться в одном направлении сверху вниз со средней скоростью 0,13–0,18 м/с. Рекомендуемые характеристики минимальных скоростей основаны на данных, полученных методами вычислительной гидродинамики – CFD-моделирования (от англ. Computational Fluid Dynamics). При таких скоростях и зонах охвата диффузором удается избежать образования циркуляционных потоков воздуха от источников тепловыделений (хирургические светильники в стерильной зоне) и защитить операционную зону посредством создания теплового купола – участка относительно теплого воздуха в области хирургического вмешательства. Последнее предположение, однако, не могло быть проверено путем экспериментальной оценки работы вентиляционных систем в операционных.

Следует отметить, что роль стандарта ASHRAE – обеспечить только минимальные требования, которые могут и не быть оптимальными принципами проектирования.

Приточный воздушный поток

Воздух – основной переносчик теплоты, влаги и загрязнений (вредностей) в операционных. Характер распределения приточного воздуха и траектория его потоков обуславливают скорость движения воздуха, температуру, концентрацию и траекторию движения загрязняющих частиц в воздухе в различных зонах помещения. Такое распределение, в свою очередь, определяет тепловой комфорт, качество воздуха и потенциал распространения переносимых по воздуху частиц. В идеале в операционной приточный воздух должен пройти через стерильную зону в один проход, т. е. сразу быть удаленным через вытяжные решетки без рециркуляции и смешивания с потоком приточного воздуха.

Считается, что высокая кратность воздухообмена позволяет создать более чистую среду в операционных. Однако данные последних исследований показывают, что увеличение кратности воздухообмена не обеспечивает более чистую среду в должном объеме, но значительно увеличивает эксплуатационные расходы.

Структура воздушного потока, изменение его температуры и траектории движения присутствующих в нем загрязняющих частиц могут зависеть от нескольких взаимосвязанных факторов, включая:

- месторасположение, тип и количество приточных диффузоров;
- скорость изменения направления и температуры приточного воздуха;
- местоположение и мощность различных источников тепловыделений, находящихся в помещении, включая естественное освещение и хирургические светильники;
- размер и местоположение медицинского оборудования в помещении, которое может препятствовать движению воздушного потока;
- размер и местоположение предоперационных помещений относительно операционной комнаты;
- частоту открытия/закрытия дверей операционной.

CFD-моделирование

Натурные испытания и измерения в режиме реального времени всех параметров, которые могут повлиять на работу вентиляционной системы в операционной (включая воздушный поток и результирующую траекторию движения загрязняющих частиц), невозможны. Поэтому для изучения влияния этих факторов применяют методы CFD-моделирования, основанные на законах физики (включая законы движения и теплофизики). CFD-моделирование обеспечивает детальную трехмерную визуализацию распределения воздушных потоков и распределения температуры, что в конечном итоге позволяет сделать выводы о воздухоподготовке и о траектории движения загрязняющих частиц, находящихся в воздухе.

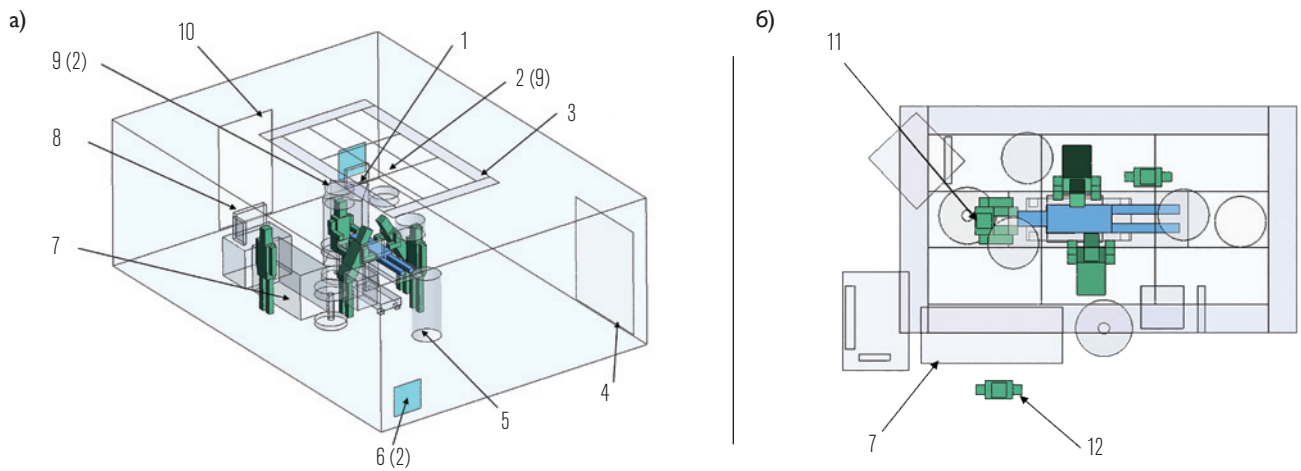
Главная задача CFD-моделирования – оценка влияния кратности воздухообмена на воздушные потоки, распределение температуры и на возможную циркуляцию частиц в воздухе в операционной. Также предпринята попытка проанализировать степень вероятности переноса в стерильную зону с приточным воздушным потоком части удаляемого воздуха, для чего предполагается оценить увеличение скорости струи приточного воздуха.

Виртуальная схема операционной

Для проведения исследования была разработана трехмерная статическая неизотермическая CFD-модель операционной с учетом требований стандарта ASHRAE 170–2017.

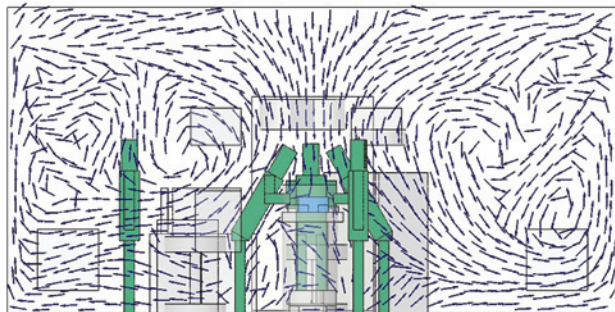
В виртуальном помещении (рис. 1) площадью 52 м² (8,5 × 6 м) и с высотой потолка 3 м находятся операционный стол с пациентом, два хирурга, две медсестры и анестезиолог. Операционная оборудована хирургическими светильниками, имеет верхнее освещение, а также некоторые предметы мебели и медицинского оборудования. И люди, и предметы являются источниками тепловыделений, а также препятствиями движению воздушных потоков. Практически все объекты находятся в пределах стерильной зоны, под ламинарным (однонаправленным) воздухораспределителем (диффузором), исключая ассистирующую медсестру и стол с инструментами.

¹ ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170–2017 Ventilation of Health Care Facilities.

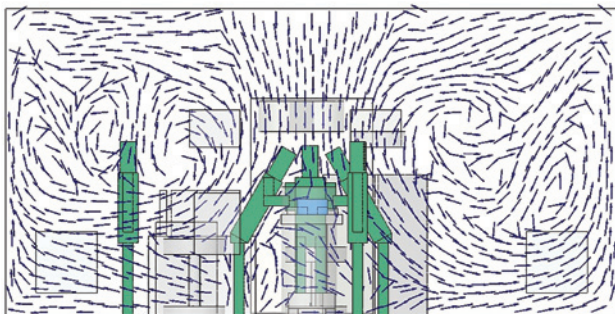


1 – аппарат для анестезии, 2 – ламинарные диффузоры (9), 3 – верхнее освещение, 4 – воздушный поток через неплотности двери (2), 5 – утилизация отходов, 6 – рециркуляционные решетки (2), 7 – вспомогательный стол, 8 – экраны, 9 – хирургический свет (2), 10 – дверь, 11 – анестезиолог, 12 – операционная медсестра

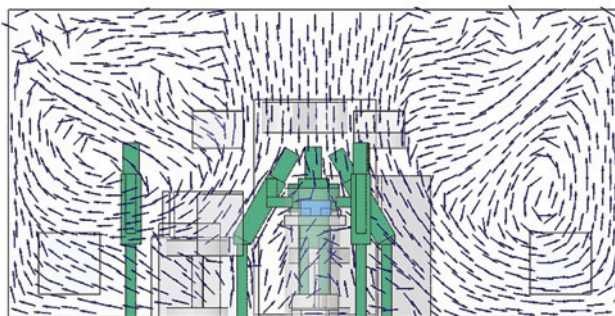
Рис. 1. Схема CFD-модели операционной: а) изометрическая проекция; б) вид сверху



ACH = 15



ACH = 23



ACH = 31

Рис. 2. Движение воздушных потоков на поперечном разрезе операционной при различных кратностях воздухообмена

Воздух подается через единую ламинарную решетку, состоящую из девяти пластинчатых потолочных диффузоров общей площадью $6,7 \text{ м}^2$, расположенную в центре потолка операционной комнаты, а удаляется через две вытяжные решетки, расположенные на противоположных стенах, а также через щели под двумя дверями. Воздушные потоки анализируются путем изменения скорости движения воздуха на выходе из диффузора (ламинарного воздухораспределителя), которая сначала задается равной $0,10 \text{ м/с}$, затем $0,15$ и $0,20 \text{ м/с}$, что соответствует кратности воздухообмена 15 , 23 и 31 ч^{-1} соответственно.

Количество вытяжного воздуха, удаляемого через вытяжные решетки, меньше, чем количество приточного: недостающая часть в объеме $590 \text{ м}^3/\text{ч}$ удаляется через щелевые отверстия под дверями, что позволяет создать избыточное давление по отношению к смежным помещениям.

Тепловыделения от присутствующих в комнате людей и системы верхнего освещения составили соответственно 440 и 720 Вт . Тепловыделения от оборудования (аппарат для наркоза, экраны, хирургические светильники и мониторы) составили 1050 Вт . Таким образом, общая нагрузка по явным тепловыделениям в комнате составила $2,21 \text{ кВт}$.

Температура приточного воздуха на выходе из воздухораспределителя составляла $19,4 \text{ °C}$, что позволяет поддерживать среднюю температуру в помещении на уровне 21 °C . Скорость воздушного потока в соответствии с требованиями стандарта ASHRAE 170–2017 должна быть $0,15 \text{ м/с}$. Проведенное исследование не включает анализ миграции влаги и результирующей относительной влажности в помещении.

Для расчета турбулентной скорости воздуха была задействована стандартная модель турбулентности k - ϵ . Возможные траектории движения воздушного потока проанализированы путем отслеживания траекторий микрочастиц, слетающих с лиц присутствующих в комнате, поскольку именно лицо является наиболее открытым участком

кожи хирурга. Предполагается, что размер этих микрочастиц (чешуек кожи) около 10 мкм, а большая часть микрочастиц, слетевших с лиц людей, присутствующих в комнате, будет двигаться по траектории воздушного потока. Частицы размером меньше 20 мкм полностью останутся в общем воздушном потоке. Поскольку основной целью данного исследования является анализ направления движения частиц в воздухе, то любое оседание этих микрочастиц на поверхностях не учитывается.

Результаты CFD-моделирования воздушных потоков

Рассматриваются три значения скорости движения воздушных потоков (рис. 2), причем во всех трех вариантах воздух из нестерильной зоны стремится к границам стерильной. При этом воздушный поток, доходящий до уровня пола, движется из стерильной зоны к вытяжным решеткам, не меняя направления, а воздух в средней и в верхней частях операционной движется из нестерильной зоны в стерильную, тем самым сужая размеры стерильной зоны. Также во всех трех случаях скорость чистого приточного воздушного потока увеличивается по мере приближения к операционному столу (рис. 3). Однако расположение зоны ускорения воздушного потока меняется в зависимости от начальной скорости самого потока.

В случае низкой скорости воздушного потока (15 ч^{-1} или $0,10 \text{ м/с}$) зона ускорения формируется практически в центре стерильной зоны, а при высокой (23 и 31 ч^{-1} или $0,15$ и $0,20 \text{ м/с}$) – смещается по направлению к внешней области стерильной зоны. Если кратность равна 31 ч^{-1} , то зона высокой скорости формируется с обеих сторон операционного стола. Данные исследования показывают, что частичное попадание вытяжного воздуха в стерильную зону происходит независимо от скорости приточного воздушного потока для всех рассматриваемых кратностей воздухообмена. Это согласуется с экспериментальными наблюдениями исследовательского проекта ASHRAE.

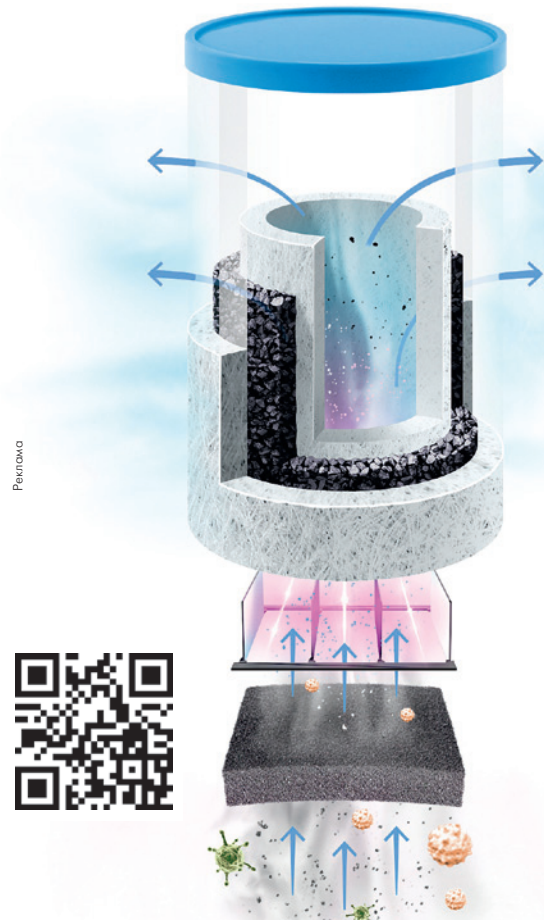
Распределение температуры

Исследования показали температурный перекоп, возникающий при всех скоростях приточного воздушного потока (рис. 4). Теплый воздух скапливается в зоне потолка, вокруг воздухораспределителя ламинарного потока, в то время как более холодный воздух остается на уровне пола. Важно отметить, что разница температур между струей приточного и вытяжного воздуха в зоне потолка может быть намного больше, чем средняя теоретическая разница температур приточного и вытяжного воздуха (средняя комнатная температура). Это может негативно повлиять на структуру воздушного потока и стать причиной уноса вторичных потоков в зоне ламинарного потолка.

При 15-кратном воздухообмене приточный воздух сохраняет свою начальную температуру $19,4 \text{ }^\circ\text{C}$ только в центре стерильной зоны, причем происходит существенное сужение струи подаваемого приточного воздуха. Этот феномен также наблюдался во время экспериментальной

Лаборатории, работающие с коронавирусом SARS-CoV-2, оборудуют системами обеззараживания воздуха «Тион»

В лабораториях 17 больниц Москвы и Московской области, площади в которых перепрофилируют для приема пациентов с COVID-19, устанавливают канальные обеззараживатели воздуха с функцией фильтрации и инактивации в системах приточно-вытяжной вентиляции. Разработчик и производитель оборудования, которое задерживает и инактивирует вирусы и бактерии, – российская компания «Тион». Бактерицидные установки одновременно отфильтровывают частицы пыли и биоаэрозоля, инактивируют все типы микроорганизмов и очищают воздух от запахов и вредных газов.



Технология «Тион» имеет экспертное заключение ФКУЗ «Противочумный центр» Роспотребнадзора и рекомендована к использованию для борьбы с микроорганизмами I–II и III–IV групп патогенности (опасности). Коронавирус SARS-CoV-2, вызывающий пневмонию COVID-19, относится к II группе патогенности. Также высокая эффективность обеззараживания воздуха и инактивации микроорганизмов вирусной и бактериальной природы подтверждена экспертными заключениями ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора.

Использование оборудования «Тион» в системах приточно-вытяжной вентиляции позволяет соответствовать всем нормативам по чистоте и инфекционной безопасности воздуха в медицинских учреждениях, а также исключить риски попадания инфекции за пределы больницы через вытяжную вентиляцию. «Тион» также разрабатывает и выпускает автономные компактные устройства обеззараживания и очистки воздуха (рециркуляторы). Их применяют для противодействия рискам распространения инфекции, в том числе коронавируса SARS-CoV-2, как в помещениях медицинского профиля, так и в офисах, ресторанах, квартирах и аэропортах.

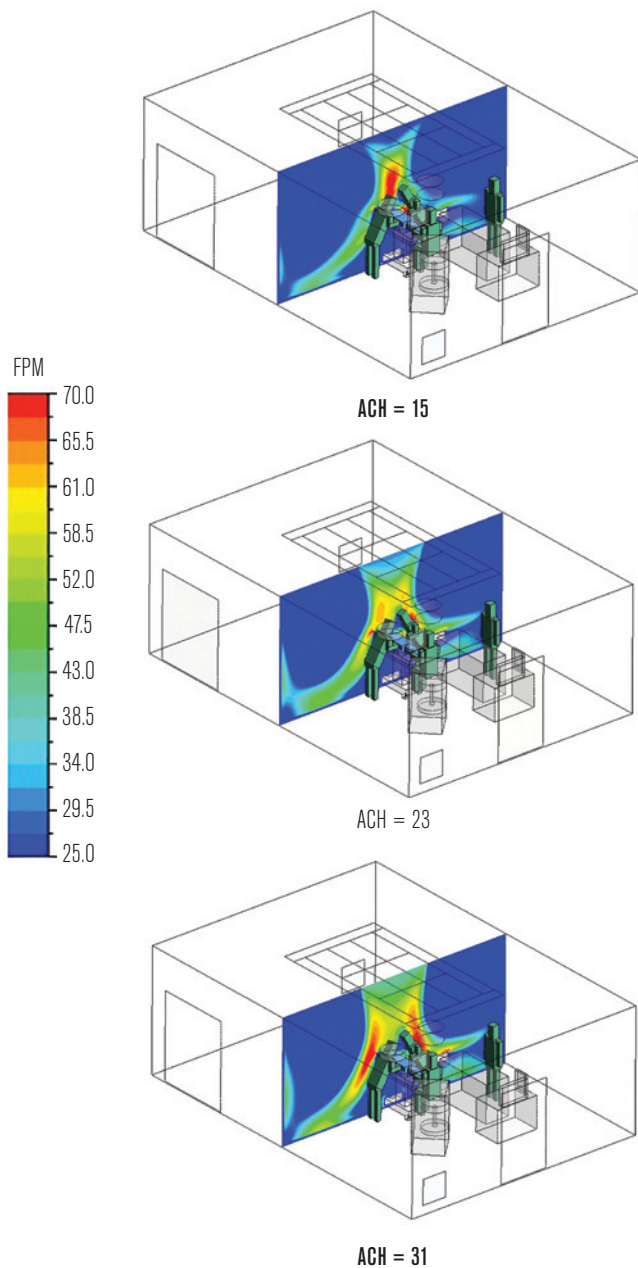


Рис. 3. Движение воздушных потоков на поперечном разрезе операционной: изменение при ускорении воздушного потока (выделено красным) на границе чистой зоны при различной кратности воздухообмена

оценки воздушных потоков в виртуальной операционной. Из-за поступления теплого отработанного воздуха в стерильную зону (за исключением ее центральной области) температура в других местах остается выше температуры приточного воздуха.

При увеличении скорости воздушного потока, т. е. при кратности воздухообмена 23 и 31 ч⁻¹, область стерильной зоны с холодным приточным воздухом увеличивается и степень сужения зоны стерильного воздушного потока уменьшается. Также при увеличении скорости воздушного потока, как и предполагалось, снижается перепад температур между стерильной и нестерильной зонами.

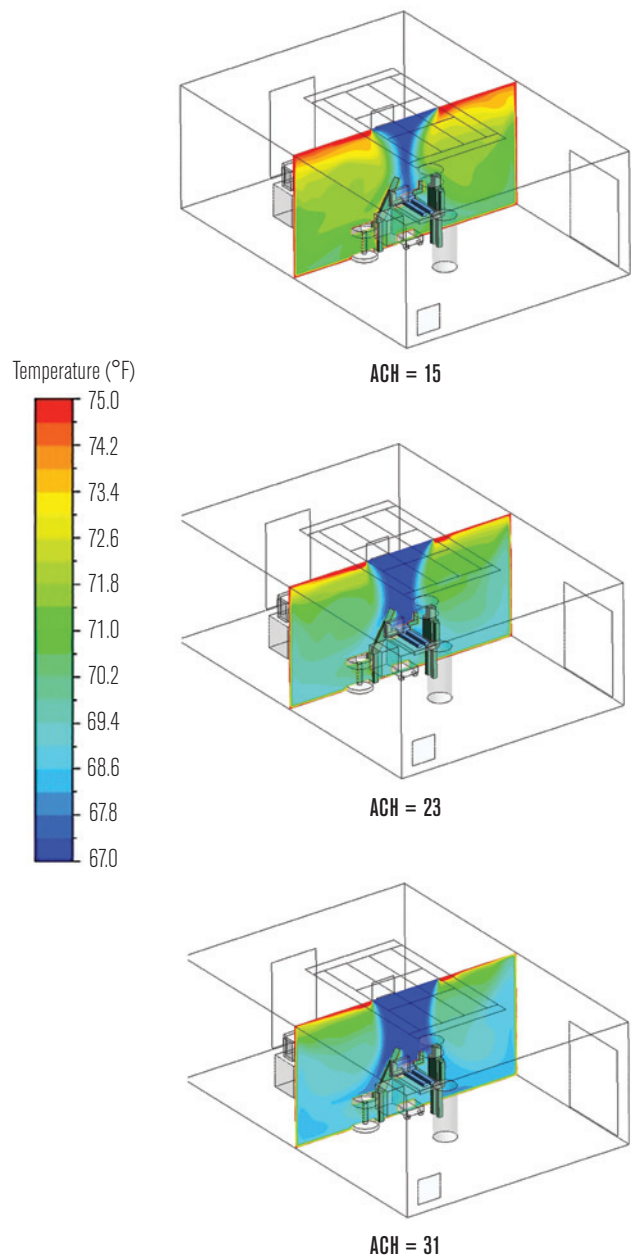
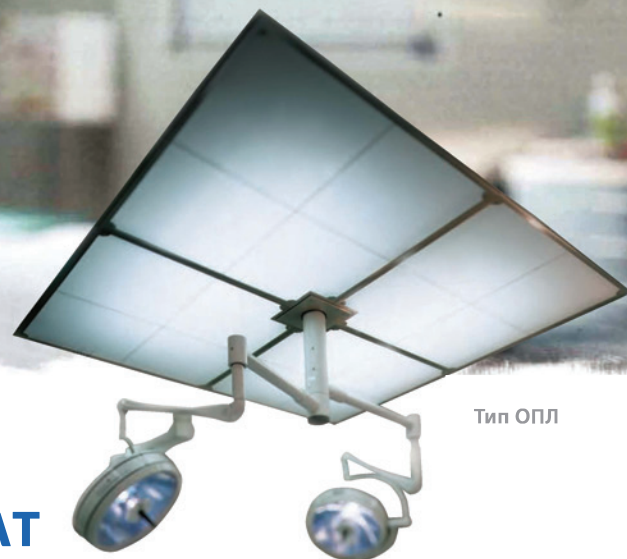


Рис. 4. Распределение температурных зон на поперечном разрезе операционной: температурное расслоение, возникающее при различных кратностях воздухообмена

Траектория движения микрочастиц в воздушном потоке

Проанализированы возможные траектории движения микрочастиц в воздухе. Рассмотрены три различных источника чешуек кожи:

- 1) с лица хирургов и медсестры, находящихся в стерильной зоне;
- 2) с лица анестезиолога, находящегося на границе стерильной зоны;
- 3) с лица ассистирующей медсестры, находящейся за пределами стерильной зоны.

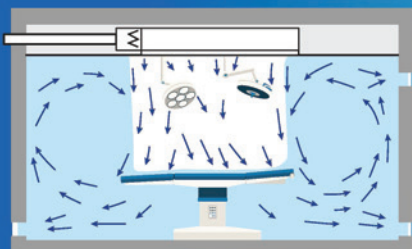


Тип ОПЛ

ВСЕ ТИПЫ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННЫХ КОМНАТ

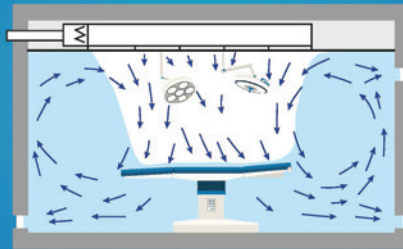
В зависимости от типа операционной комнаты, тепловой нагрузки и прочих параметров, могут быть применены устройства подачи чистого воздуха с различными типами потоков.

ЛАМИНАРНЫЙ ВЫТЕСНЯЮЩИЙ ОДНОНАПРАВЛЕННЫЙ ПОТОК



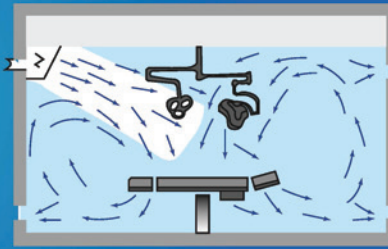
ОПЛ

НИЗКО-ТУРБУЛЕНТНЫЙ ВЫТЕСНЯЮЩИЙ ПОТОК



ОПНТ

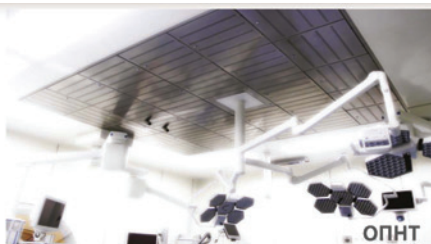
НАПРАВЛЕННЫЙ ТУРБУЛЕНТНЫЙ ПОТОК



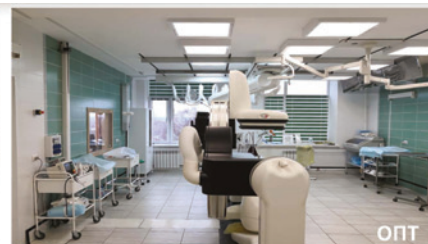
ОПТ



ОПЛ-8



ОПНТ



ОПТ



ОПЛ



ОПНТ

ВЫТЯЖНОЙ СЕПАРАТОР ПУХА - ВЫТЯЖНАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ ОПЕРАЦИОННЫХ КОМНАТ



ОПФА

Проектирование и разработка, производство и ввод в эксплуатацию

ООО «Климатек Инжиниринг»
105005, Россия, г. Москва, +7 (495) 640-58-48, info@climatech-engineering.ru www.climatech-engineering.ru



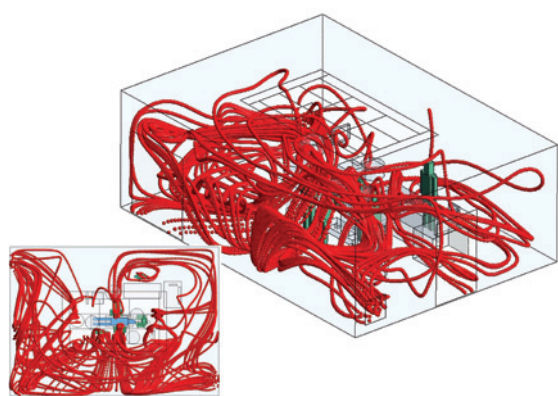
clima
tech
Engineering

Источник 1. Как только микрочастицы появляются в стерильной зоне, они без промедления удаляются из нее, не оставляя какого-либо значительного следа (рис. 5). Эта модель наблюдается для всех трех рассматриваемых вариантов воздухообмена. Микрочастицы могут циркулировать и смешиваться с воздухом в нестерильной зоне, прежде чем покидают операционную, однако при низкой кратности воздухообмена они могут скапливаться в нестерильной зоне.

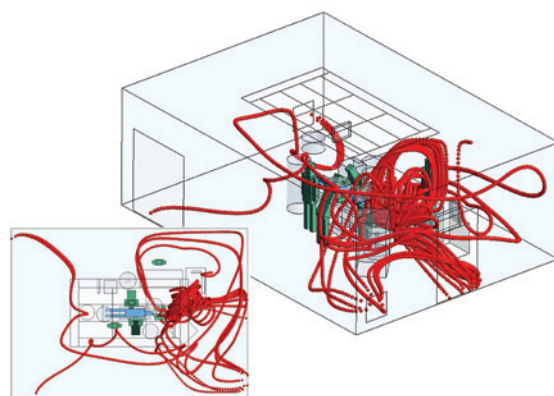
Источник 2. Когда микрочастицы слетают с лица анестезиолога, они также удаляются из стерильной зоны (рис. 6). Эти чешуйки кожи также стремятся циркулировать в нестерильной

зоне, перед тем как покинуть комнату. При кратности воздухообмена 15 и 23 ч⁻¹ эти микрочастицы могут быть захвачены на внешние границы стерильной зоны, а при кратности воздухообмена 31 ч⁻¹ они сразу покидают операционную, не циркулируя в нестерильной зоне.

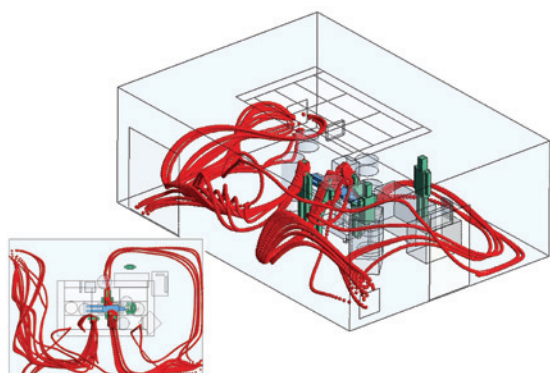
Источник 3. Когда микрочастицы появляются на лице ассистирующей медсестры, находящейся вне стерильной зоны, они сразу начинают двигаться вверх по направлению к потолку, а затем захватываются назад в стерильную зону. Это происходит во всех трех вариантах. После прохождения сквозь стерильную зону чешуйки кожи движутся практически



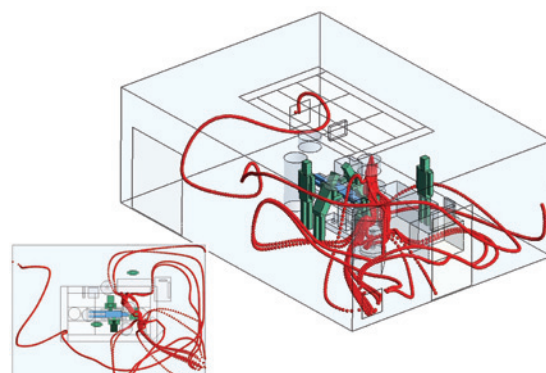
ACH = 15



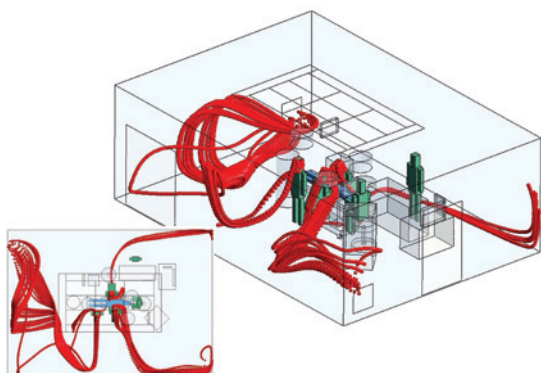
ACH = 15



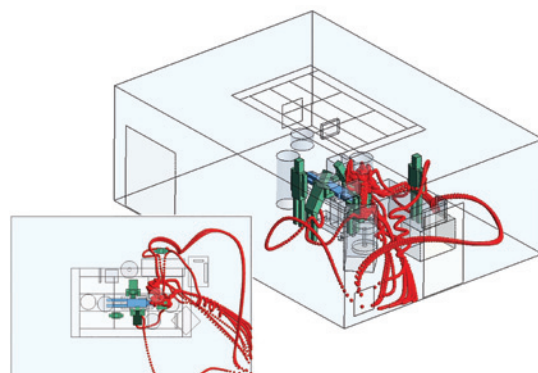
ACH = 23



ACH = 23



ACH = 31



ACH = 31

Рис. 5. Траектория движения в воздухе микрочастиц, слетевших с лиц присутствующих в стерильной зоне людей

Рис. 6. Траектория движения в воздухе микрочастиц, слетевших с лица анестезиолога, находящегося на границе стерильной зоны

по той же траектории, что и микрочастицы, появившиеся в стерильной зоне (рис. 7). После выхода из стерильной зоны микрочастицы могут циркулировать и смешиваться с воздухом в нестерильной зоне, прежде чем покинуть операционную.

Следует отметить, что во всех трех случаях частицы удаляются из критической зоны – местонахождения пациента. Однако частицы стремятся остаться в нестерильной зоне и циркулировать там, перед тем как покинуть операционную, что увеличивает возможность переноса их в стерильную зону. При установке двух вытяжных решеток в двух противоположных углах операционной микрочастицы начинают двигаться по

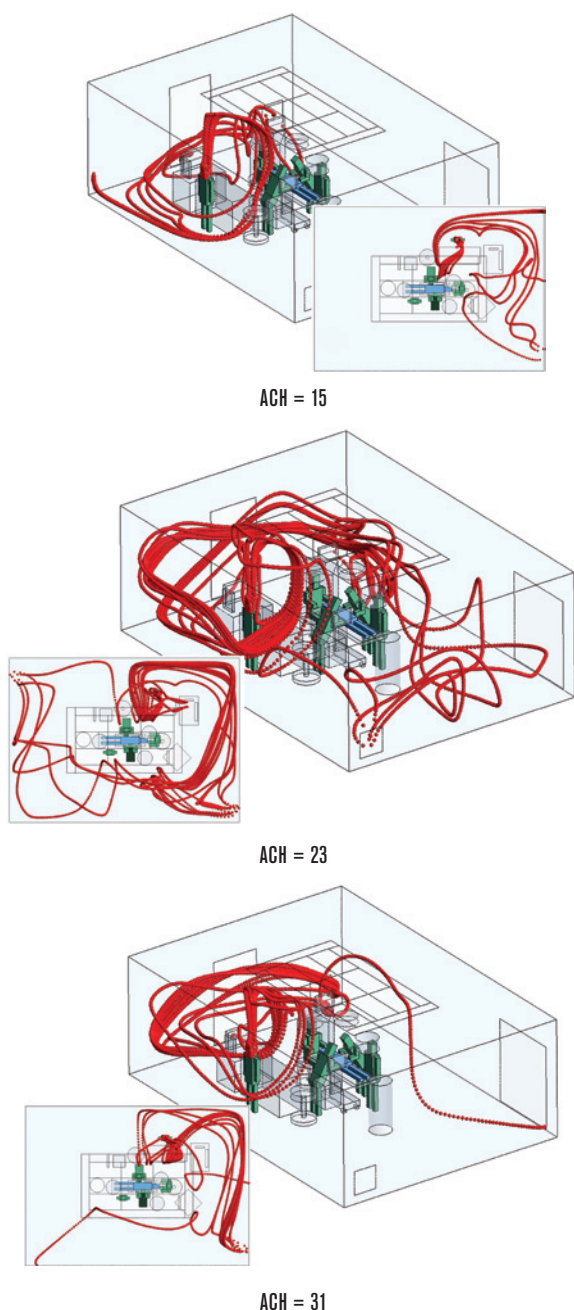


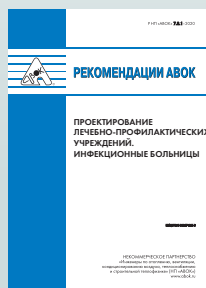
Рис. 7. Траектория движения в воздухе микрочастиц, слетевших с лица ассистирующей медсестры, находящейся за пределами стерильной зоны



РЕКОМЕНДАЦИИ НП «АВОК» 7.8.1-2020 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ.

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЬНИЦЫ» и приложение «Практические рекомендации. Иновационные технологии и оборудование инженерных систем инфекционных больниц»

В рекомендациях будут сформулированы требования к эффективному предотвращению распространения инфекции инженерными методами при обеспечении надежной изоляции больного, приведены технологические требования к помещениям инфекционных больниц, санитарно-гигиенические и противоэпидемические требования к планировочным решениям и организации воздухообмена и вентиляции, архитектурно-планировочные требования к проектированию, требования к организации теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, требования к организации воздухообмена в основных структурных подразделениях, требования к оборудованию.



В приложение «Практические рекомендации. Иновационные технологии и оборудование инженерных систем инфекционных больниц» приглашаются компании, имеющие подтвержденный положительный опыт применения технических решений.

**Планируемый выход издания –
III–IV кв. 2020 г.**

вихревой траектории и в конечном итоге покидают помещение. Но до удаления из операционной эти микрочастицы могут осесть на столе с инструментами, находящемся в нестерильной зоне.

Полученные результаты сопоставимы с данными предыдущих исследований. Размер, местоположение и количество вытяжных решеток играют важную роль при определении траектории потока загрязняющих частиц, особенно в нестерильной зоне. Предыдущие исследования движения воздушных потоков в палате пациента показали, что изменение местоположения приточных диффузоров и вытяжных решеток существенно влияет на траекторию потока воздушных загрязняющих частиц.

Анализ ускорения воздушного потока

Операционные в ЛПУ часто характеризуются тепловой нагрузкой, сконцентрированной в относительно небольшой области стерильной зоны. Теплота, выделяющаяся от различного оборудования и хирургических светильников, может вызвать локальное повышение температуры поступающего потока холодного приточного воздуха. Также, как было упомянуто выше, вокруг струи приточного холодного воздуха часто формируется зона высокой температуры и термального расслоения (стратификация). Перепад температур между стерильной и нестерильной зонами может вызвать ускорение потока приточного воздуха, выходящего из воздухоораспределителей ламинарного потока, что, в свою очередь, может вызвать нежелательный захват загрязненного воздуха из нестерильной зоны в стерильную.

Из-за сложного характера рециркуляции воздуха из нестерильной в стерильную зону и обратно трудно определить точный объем воздуха, циркулирующего между стерильной и нестерильной зонами. Косвенно оценить данную величину можно по степени увеличения скорости приточного воздуха вдоль вертикальной оси от потолка к полу. Число Архимеда² Ar является отношением между архимедовой силой и силами инерции нисходящего потока воздуха. Кратности воздухообмена 15, 23 и 31 ч⁻¹ (скорость потока на выходе из ламинарного потолка 0,10; 0,15 и 0,20 м/с) соответствуют следующим значениям Ar – 21,0; 6,3 и 2,7. При увеличении скорости потока (массового расхода) приточного воздуха на выходе снижается разница между температурами приточного и вытяжного воздуха (ΔT), что, в свою очередь, приводит к снижению Ar . Таким образом, при более высоких кратностях воздухообмена более низкие значения Ar указывают на то, что в потоке преобладают силы инерции.

На рис. 8 показано изменение относительной скорости (отношение осевой скорости потока при определенном расстоянии вдоль вертикальной оси к скорости потока на выходе воздухоораспределителя ламинарного потока). Зависимость построена на основе безразмерного вертикального расстояния – отношения высоты в определенном вертикальном положении к высоте ламинарного воздухоораспределителя от потолка.

Анализ показал, что при всех рассматриваемых кратностях воздухообмена скорость воздушного потока увеличивается по мере движения воздуха вниз по направлению к операцион-

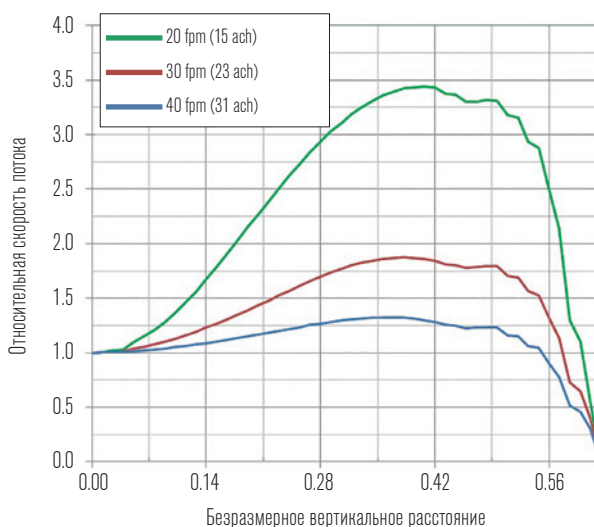


Рис. 8. Ускорение воздушного потока, выходящего из воздухоораспределителя ламинарного потока, по мере приближения к операционному столу в зависимости от начальной скорости

ному столу. Однако при увеличении начальной скорости приточного воздуха относительное увеличение осевой скорости снижается, т. е. при 15-кратном воздухообмене ($Ar = 21,0$) скорость потока на выходе выше начальной скорости примерно в 3,4 раза, примерно 38 % расстояния по вертикали от потолка. При 23-кратном ($Ar = 6,3$) и при 31-кратном ($Ar = 2,7$) воздухообмене это превышение составляет соответственно 1,8 и 1,3 раза. Это указывает на то, что перепад температур между стерильной и нестерильной зонами, снижаясь, может уменьшить ускорение приточного потока воздуха. Эти данные совпадают с экспериментальными измерениями профилей скоростей.

Следует отметить, что независимо от кратности воздухообмена пик значений безразмерной скорости приходится на расстояние 36–38 % по вертикали от воздухоораспределителя ламинарного потока. Однако такое увеличение скорости не позволяет сделать выводы о траектории потока микрочастиц. Следовательно, снижение Ar может не помочь минимизировать перенос микрочастиц в воздухе из нестерильной зоны в стерильную.

Аналогичные исследования по изменению конфигурации систем ОВК для операционных могут помочь уточнить, насколько такие изменения способны уменьшить перенос воздушных микрочастиц из нестерильной зоны в стерильную. Речь об этом пойдет во второй части данного исследования. ■

Статья публикуется с разрешения редакции ASHRAE Journal. Оригинал статьи «Computational Fluid Dynamics (CFD) Analysis of Hospital Operating Room Ventilation Systems. Part I: Analysis of Air Change Rates» опубликован в ASHRAE Journal, май 2018 г. ASHRAE не несет ответственность за точность перевода.

Для того чтобы приобрести издание на английском языке, обратитесь в ASHRAE: 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329–2305 USA, www.ashrae.org.

² Безразмерная величина, критерий подобия, характеризующий соотношение между архимедовой силой, обусловленной различием плотностей в отдельных областях рассматриваемой системы, и вязкими силами в основном потоке.

РЕКОМЕНДАЦИИ Р НП «АВОК» 7.8–2019

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ»

и приложение «Практические рекомендации. Инновационные технологии и оборудование инженерных систем лечебно-профилактических учреждений»



Рекомендации разработаны творческим коллективом специалистов НП «АВОК» при участии компаний – членов НП «АВОК» категории «Премиум»: ООО «Климатек Инжиниринг», «Цендер Груп Дойчланд ГмбХ», ООО «Аэролайф», КТ «Овентроп ГмбХ & Ко.КГ», АО «Упонор Рус». Руководитель творческого коллектива – **А. П. Борисоглебская**, председатель комитета НП «АВОК» по лечебным учреждениям, канд. техн. наук.

В рекомендациях рассмотрены особенности проектирования инженерных систем в зданиях лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ). Медико-технологическая организация лечебных процессов совместно с компактностью планировочных решений влечет за собой близкое взаиморасположение в объеме одного здания помещений различных классов чистоты и нормируемых уровней бактериальной обсемененности воздуха, что и определяет задачи проектирования рассматриваемых в рекомендациях систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, водоснабжения.

Рекомендации дополнены приложением «Практические рекомендации. Инновационные технологии и оборудование инженерных систем лечебно-профилактических учреждений», содержащим материал от компаний, имеющих подтвержденный положительный опыт применения технических решений.

Реклама



+7 (495) 621-8048, доб. 218
s.mironova@abok.ru
abokbook.ru