



Чистые производственные помещения: особенности проектирования

П. Е. Болотов, технический директор, ООО «Рубин»

На страницах журнала «АВОК» тема проектирования чистых помещений появляется не впервые. В разное время в статьях отечественных и зарубежных авторов рассматривались базовые вопросы и определения, классификация, типы и особенности систем обеспечения микроклимата чистых помещений¹. Настоящая же статья посвящена особенностям создания чистых производственных помещений с применением современного инструментария, в т. ч. графического и цифрового моделирования.

Чистые помещения классифицируются по пределам максимальной концентрации (числу частиц на м³ воздуха) в соответствии с ГОСТ ИСО 14644-1-2002 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха» [1]. Выделяют девять

классов от ИСО 1 до ИСО 9, также возможно деление на классы А, В, С, D в соответствии с ГОСТ Р 52249-2009 «Правила производства и контроля качества лекарственных средств» [2]. Для медицинских учреждений классификация определяется количеством микроорганизмов в 1 м³

¹ Hikmet T., Aybars E. Что такое чистое помещение? (АВОК, 2005, № 2), Schicht H. Стандарты EN ISO по технологии чистых помещений (АВОК, 2005, № 2), Schneider R. К. Системы кондиционирования воздуха для чистых комнат (АВОК, 2002, № 5), Бородин А. А. Поддержание баланса расходов и давления в чистых помещениях (АВОК, 2010, № 4), Болотов В. Н. Надежность систем кондиционирования воздуха чистых помещений (АВОК, 2018, № 7), Бородин А. А. Алгоритм выбора элементов системы поддержания давления в чистых помещениях (АВОК, 2020, № 4).

воздуха в соответствии с СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» [3]. Класс чистоты устанавливается технологом в зависимости от назначения помещения, протекающего в нем технологического процесса или требований размещаемого оборудования и является во многом определяющим при принятии проектных решений. В частности, от класса чистоты помещения зависят кратность воздухообмена, способ и схема организации воздухообмена, степень фильтрации воздуха, необходимость поддержания перепада (т. н. каскада) давлений.

Одна из основных особенностей чистых помещений – высокие кратности воздухообмена, требующиеся для поддержания класса чистоты. При этом данный параметр ГОСТ ИСО 14644-1-2002 и ГОСТ Р 52249-2009 не регламентирован, есть только рекомендации и примеры, в частности в СанПиН 2.1.3.2630-10. Однако диапазоны в рекомендациях значительные, и проектировщик планирует воздухообмен на основании расчета, включая моделирование процесса, а также с учетом своего опыта, знания предмета и понимания технологического процесса.

Воздухообмен в чистых помещениях обеспечивается центральными кондиционерами или фильтр-вентиляционными модулями. Решение здесь также за проектировщиком и зависит от размеров помещения, класса чистоты, а также допустимости рециркуляции воздуха. Класс финишной ступени фильтрации принимается в соответствии с [4].

Схема организации воздухообмена также зависит от класса чистоты помещения. В соответствии с [5], в чистых помещениях классов 1–5 ИСО, как правило, применяются однонаправленные потоки воздуха, а для помещений классов 6–9 ИСО – не однонаправленные. При этом для помещений классов 7–9 ИСО вполне допустима организация воздухообмена по схеме «сверху вниз», тогда как для класса 6 ИСО желательно использовать схему с забором рециркуляционного воздуха из нижней зоны помещения. В помещениях с высокими классами чистоты рекомендуется применять решения с перфорированными фальшполами.

Еще одна важная особенность чистых помещений – необходимость создания и поддержания расчетного перепада (каскада) давлений для



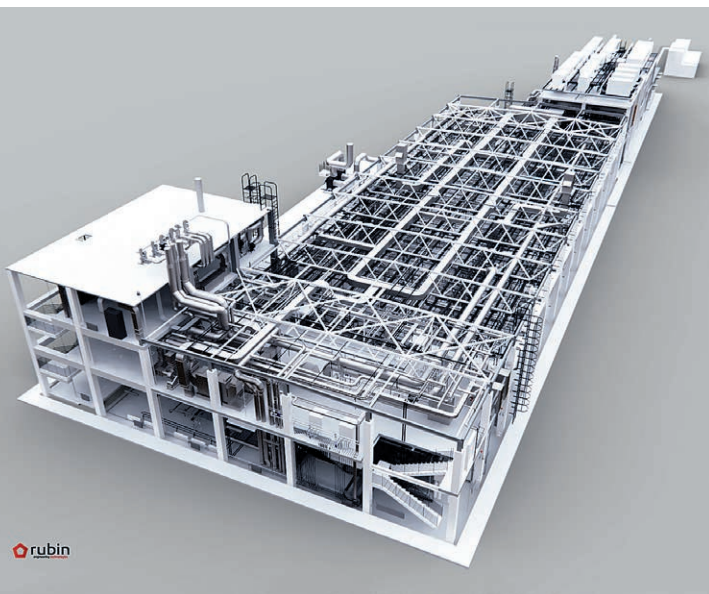
■ Рис. 1. Пример результатов 3D-сканирования существующего предприятия

исключения попадания частиц из помещений с более низким классом чистоты в помещения с более высоким классом. Он достигается за счет переменных расходов приточных или вытяжных систем вентиляции. Важно правильно определить базовую точку или помещение, относительно которого и поддерживаются перепады.

Дополнительными усложняющими факторами при проектировании также являются высокая энерговооруженность производственных объектов, переменный режим работы технологического оборудования, а значит, и обеспечивающих его инженерных систем, а также высокая стоимость как исходного материала, так и готовой продукции. Соответственно, актуальной становится задача оптимизации принимаемых технических решений в рамках стоимостного инжиниринга, выполняемого параллельно с процессом проектирования.

Проектировщик должен рассматривать создаваемый объект как единый комплекс, в котором каждый элемент отвечает за поддержание необходимого технологическому процессу режима работы чистого помещения, что в конечном итоге отражается на качестве готовой продукции, а значит, и на финансовых показателях заказчика. Современные решения в области программного обеспечения процесса проектирования позволяют это сделать в полной мере. В первую очередь это относится к программным комплексам, позволяющим создать цифровую (BIM) модель здания и его инженерных систем, а также моделировать некоторые процессы, происходящие в нем.

Значительное количество объектов, особенно в области микро- и радиоэлектроники,



■ Рис. 2. Пример рабочей модели

выполняется в рамках реконструкции существующих предприятий. Часто новые производственные участки размещаются в зданиях, для них не предназначенных (большое количество существующих транзитных коммуникаций, недостаточная высота этажа и пр.). В этом случае сложно обойтись без трехмерного сканирования существующего здания. Результатом становится «облако» точек, полностью повторяющее реальные геометрические размеры и особенности здания и его инженерных систем в текущем состоянии (рис. 1).

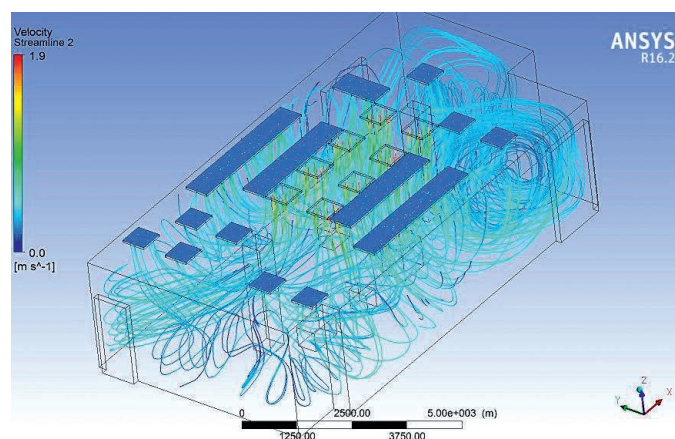
При создании цифровой модели чистых помещений ввиду высокой нагруженности системами особое внимание уделяется определению пространственных «коридоров» для прокладки инженерных и технологических коммуникаций с учетом взаимоувязки систем между собой, исключения коллизий, очередности монтажа систем, удобства монтажа, возможности будущего расширения и изменения систем, доступа при обслуживании. Уровень детализации, принимаемый при подготовке проектной модели, должен соответствовать плану заказчика по дальнейшему ее использованию. Именно заказчику решать, будет ли это просто пространственная графическая 3D-модель (пример показан на рис. 2) или модель, которую можно использовать для контроля сроков строительства (4D), стоимостных (5D) или эксплуатационных (6D) показателей проекта.

Но цифровая модель здания – это не только геометрия и атрибуты оборудования и материалов. Это в т. ч. моделирование процессов, происходящих в помещении, – температурного режима, воздушного режима, алгоритма управления инженерными системами.

Современный подход к созданию чистых помещений предполагает широкое использование численных методов, в т. ч. на базе ANSYS (пример показан на рис. 3). С их помощью можно моделировать не только температурный и воздушный режим отдельных помещений или здания в целом, рассматривая его как единую технологическую систему (ETC), но и работу инженерных систем чистых помещений в динамике как при пиковых режимах, так и в промежуточных. Это позволяет оптимизировать работу производств как при полной, так и при частичной их загрузке.

Еще одна составляющая в обеспечении надежной и бесперебойной работы инженерных систем чистых помещений – компьютерная симуляция возможных сценариев работы систем. Она выполняется на стадии разработки программного обеспечения системы автоматизации и позволяет моделировать рабочие и аварийные режимы инженерных систем. Но корректная и всеобъемлющая симуляция возможна только при использовании единой комплексной среды разработки программного обеспечения и конфигурирования аппаратного обеспечения, например TIA Portal.

Однако качественно выполненный, выверенный проект – еще не гарантия успеха. Не менее важно учитывать особенности технологии



■ Рис. 3. Пример моделирования воздушных потоков

создания чистых помещений и на этапе строительства. В частности, при подготовке графика производства работ необходимо учитывать этапы возведения и аттестации чистых помещений, а также требования протокола чистоты, который включает в себя в т. ч. требования по созданию систем временного подпора воздуха и меры по снижению загрязнений, вносимых на этапе строительства.

Все эти решения и современные технологии графического и цифрового моделирования в полном объеме реализованы специалистами компании «Рубин» в рамках проектирования и строительства чистых помещений для Российского центра гибкой электроники в Троицке, Сколковского института науки и технологий, ООО «Микроволновые системы» в Москве и др.

В заключение целесообразно отметить, что системы ОВиК чистых помещений, являясь технически сложными, тем не менее недостаточно регламентированы действующими нормами. А значит, оптимальные технические решения в большей степени зависят от знаний и опыта исполнителей – как на стадии проектных, так и строительно-монтажных и пусконаладочных работ.

В значительной степени качество принятых технических решений по чистым помещениям определяется применением современного инструментария, включая цифровое моделирование зданий, систем и технологических процессов.

Литература

1. ГОСТ ИСО 14644-1-2002 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха».
2. ГОСТ Р 52249-2009 «Правила производства и контроля качества лекарственных средств».
3. СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».
4. ГОСТ Р 56638-2015 «Чистые помещения. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Общие требования».
5. ГОСТ Р ИСО 14644-4-2002 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 4. Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию».

РЕКОМЕНДАЦИИ НП «АВОК» 7.8.2-2021

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ РОДИЛЬНЫХ ДОМОВ»



И ПРИЛОЖЕНИЕ «ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ РОДИЛЬНЫХ ДОМОВ»



Реклама



Приобрести или заказать рекомендации можно на сайте abokbook.ru или по электронной почте s.mironova@abok.ru