

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЗДАНИЙ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Е. Н. Болотов, генеральный директор ООО «ВАК-инжиниринг», председатель комитета НП «АВОК» по историческим и музейным зданиям



Стремительное развитие инновационных технологий в последние годы, безусловно, не обходит и строительную область, включая проектирование и реализацию систем инженерного оборудования зданий. Развитие промышленных технологий требует реализации современных инновационных инженерных систем, интенсивно развивается гражданское строительство, реализуется обширная программа реновации жилья. Появляется новое высокоэффективное инженерное оборудование, в проектирование внедряются графические цифровые технологии. Внесла свои коррективы

и пандемия – ковидный синдром определил необходимость большего внимания к зданиям медицинских учреждений. Что же нового можно выделить в развитии инженерных систем зданий различного назначения?

Сохраняется приоритет микроклимата в вопросах создания устойчивой комфортной и здоровой среды для людей. Вместе с этим повышаются и требования к качеству проектной документации, прежде всего со стороны инвестора. Чего сегодня хочет заказчик?

Стоимость энергоносителей существенно возросла, так же как и стоимость получения технических условий на присоединение к внешним сетям, составляющая значительную долю в первоначальных инвестиционных затратах. Заказчик крайне заинтересован в сокращении как первоначальных показателей – установленной электрической мощности оборудования, включая основных потребителей, в т. ч. холодильные машины, расчетного потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию, расхода воды на увлажнение приточного воздуха в холодный период года, – так и текущих эксплуатационных энергетических затрат на инженерные системы при их круглогодичном функционировании.

По инициативе, прежде всего, заказчика-застройщика проводятся работы по оценке зданий на соответствие принципам зеленого строительства.

Это позволяет также существенно экономить на инвестиционных и эксплуатационных затратах. Так, снижение суммарной расчетной холодильной мощности на здание уменьшает не только стоимость получения технических условий на присоединение к внешним сетям, но и необходимые площади под оборудование и, учитывая высокую стоимость холодильного оборудования, первоначальные инвестиционные затраты заказчика.

Цифровизация и моделирование

Правительством РФ поставлена конкретная задача широкой цифровизации экономики, включая и строительство. Цели – в первую очередь снизить инвестиционные затраты, сократить сроки монтажа, повысить качество проектной документации. Под цифровизацией в строительстве большинство понимает, прежде всего, методы графического проектирования средствами Revit.

Согласно определению, данному в Википедии, «Autodesk Revit, или просто Revit, – программный комплекс для автоматизированного проектирования, реализующий принцип информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Предназначен для архитекторов, конструкторов и инженеров-проектировщиков. Предоставляет возможности трехмерного моделирования элементов здания и плоского черчения элементов оформления, создания пользовательских объектов, организации совместной работы над проектом, начиная от концепции и заканчивая выпуском рабочих чертежей и спецификаций. База данных Revit содержит информацию о проекте на различных этапах жизненного цикла здания, от разработки концепции до строительства и снятия с эксплуатации».

В прошлое ушли чертежные доски и конструкторские кульманы – необходимый атрибут проектного отдела. Revit активно вытесняет Autocad и, что самое примечательное, не по причине большей эффективности в плане сокращения сроков разработки

проектной документации (здесь, несмотря на возможные возражения со стороны апологетов Revit, временные затраты только возрастают), а по инициативе заказчика. Почему?

Графическое моделирование дает возможность визуализации решений. Для проектировщиков или монтажников инженерных систем, имеющих навык чтения чертежей и систем в аксонометрии (а не в изометрии, как в Revit), на мой взгляд, это не столь актуально. Однако работа в Revit позволяет избежать коллизий (взаимных пересечений) систем между собой и строительными конструкциями и, что самое актуальное, позволяет обосновать объемы воздухопроводов и трубопроводов для последующего определения сметной стоимости на закупку материалов и монтаж систем. Не случайно появилось в прошедшем году требование о предоставлении проектно-сметной документации в органы государственной экспертизы в цифровом формате при наличии государственного финансирования.

Усложняются архитектурно-планировочные решения. Возникает естественное желание сократить дорогостоящие площади под крупногабаритное инженерное оборудование. В одном объеме в единой технологической системе (ЕТС) часто присутствуют условно «чистые» и «грязные» помещения (кафе, реставрационные мастерские и экспозиционные залы, напрямую выходящие в атриум). При реконструкции (реставрации) исторических зданий желание реализовать устойчивый современный микроклимат конфликтует с отсутствием возможности разместить оборудование и проложить воздухопроводы.



■ Международный инновационный медицинский центр Сколково

Требования к проектной документации и ожидания заказчика по ее качеству растут. Появился современный и эффективный инструментарий проектирования (Revit и ANSYS для CFD-моделирования процессов), есть и определенные успехи и достижения, однако собственно современное проектирование иногда напоминает тяжело груженую телегу в упряжке с уставшим Холстомером (по Л. Н. Толстому). Возможно, оценка выглядит излишне жесткой, но в данном вопросе представляется целесообразным быть более самокритичным. Почему так оценивается ситуация?

На мой взгляд, здесь налицо растущее противоречие между возросшими требованиями к инженерным системам здания и ожиданиями заказчика по качеству и стоимости реализации проекта, с одной стороны, а с другой – с устоявшейся технологией проектирования, ориентированной исключительно на два расчетных параметра наружного воздуха в холодный и теплый периоды года плюс не очень содержательный переходный период и статические нагрузки от людей, солнечной радиации и технологии.

Известно, что параметры наружного воздуха представляют собой обширную область

возможных сочетаний, так же как и количество присутствующего персонала, посетителей, технологическая нагрузка меняются в течение дня. При этом большинство критических аварийных ситуаций возникают как раз на интервале сочетаний нерасчетных промежуточных значений наружных и внутренних нагрузок.

Следует отметить, что окончательную оценку энергоэффективности принятых решений следует давать не по расчетным параметрам (расчетная температура наружного воздуха или ее близкие значения могут и не наблюдаться в течение года), а по годовым эксплуатационным характеристикам. Наличие современного компьютерного оборудования и доступного программного обеспечения позволяет и делает необходимым переход на широкое цифровое моделирование в практике проектирования инженерных систем здания. И не графического – оно, безусловно, необходимо и реализуется, – а именно цифрового моделирования процессов в помещении, здании и системах. Тем более что в России имеется замечательный задел, заложенный трудами наших основоположников: Ю. А. Табунщикова (математическое моделирование), В. П. Титова (моделирование воздушного режима здания),

А. А. Рымкевича (термодинамический анализ функционирования систем), М. А. Барского и М. Я. Поза (технико-экономическое обоснование утилизации низкопотенциального тепла при круглогодичном цикле функционирования) и многих других. Уместно вспомнить фундаментальную работу Государственной геофизической обсерватории (ГГО) под руководством М. Е. Берлянда по созданию программного комплекса расчета рассеивания вредных веществ в атмосфере от низких, средних и высоких источников, объединившую многочисленные имеющиеся методики, переложившую сложнейшие итерационные расчеты, не поддающиеся ручному счету, на ЭВМ. Автор статьи имел удовольствие участвовать в данной работе со стороны ее заказчика (Гипронииавиапром) и общаться с высокими профессионалами геофизической обсерватории и математиками-программистами Московского авиационного института. Впоследствии новый программный комплекс на базе цифрового моделирования процессов рассеивания вредных веществ в атмосфере был многократно реализован при проектировании объектов со сложнейшей технологией.

Цифровая модель инженерных систем включает функциональные зависимости энергетических показателей работы оборудования (вентиляторов, компрессоров холодильных машин, теплообменников, насосного оборудования и пр.) в зависимости от расхода, температуры, алгоритма управления и прочих показателей работы системы, включая условие перехода, например, с зимнего режима с увлажнением на летний с осушением избыточной влаги. Данные зависимости накладываются на годовой ход параметров

наружного воздуха и переменные внутренние нагрузки. Соответственно тестируется весь годовой цикл функционирования инженерных систем с отработкой алгоритма управления и поиском оптимальных вариантов.

Следует восстановить ранее введенный Б. В. Баркаловым в нормативные документы и основательно забытый коэффициент необеспеченности расчетных параметров внутреннего воздуха и классификацию систем кондиционирования в соответствии с этим коэффициентом. Многие не учитывают тот объективный факт, что при наличии, например, единого центра и единой системы холодоснабжения в медицинском учреждении будут различаться требования к обеспеченности охлаждения в операционной (коэффициент 0,98) и общественной зоне, где также должны быть комфортные условия, но коэффициент обеспеченности составляет 0,92. Наличие цифровой модели при анализе круглогодичного цикла функционирования позволяет обосновать соответствие принятой классификации и выполнение заданного коэффициента обеспеченности, по определению как раз опирающегося на число часов возможных отклонений в годовом цикле.

В предмет возможного моделирования часто необходимо включать и воздушный режим здания, определяя воздухообмен как отдельных помещений или зон с учетом их взаимного влияния, так и здания в целом, рассматривая его как единую технологическую систему (ЕТС здания), поскольку изменение расходов подаваемого и удаляемого воздуха определяет воздушный и тепловой баланс здания, а также расходы на компенсацию



■ «Выставочный комплекс» (Московский филиал Государственного Эрмитажа)

инfiltrации наружного воздуха. Понятно, что данная задача может быть реализована только с применением современных компьютерных технологий.

Практические результаты моделирования работы инженерных систем

В прошедшем году завершена разработка и прошла государственную экспертизу проектная документация по внутренним инженерным системам здания двух различных по назначению объектов: Международного медицинского инновационного центра в Сколково (ММЦ) и большого выставочного комплекса – филиала Государственного Эрмитажа в Москве. Благодаря реализации классификации систем кондиционирования воздуха и обоснования нормируемых коэффициентов обеспеченности (или необеспеченности) заданных параметров внутреннего воздуха установленная мощность холодильных машин была снижена с 7,5 МВт, подтверждаемых аналогами для медицинского центра площадью 40 000 м² с насыщенной технологией, до

5 МВт с реализацией четырехтрубной системы переменного расхода холодоносителя. Суммарная электрическая мощность сокращена дополнительно и в системе парового увлажнения благодаря применению коэффициента обеспеченности. При сохранении гарантированных параметров операционных первого и третьего классов также обеспечены оптимальные параметры с возможными отклонениями в допустимых пределах, но по продолжительности не более нормируемых. Моделирование воздушного режима позволило решить задачу ограничения распространения внутрибольничной инфекции между отдельными этажами и зонами здания. Аналогичные энергетические показатели были достигнуты и на втором проекте. При сложном архитектурном решении пятиэтажного выставочного комплекса с высоким атриумом обеспечены прецизионные условия с индивидуальным независимым поддержанием параметров внутреннего воздуха в каждом из 16 экспозиционных залов при централизованном расположении оборудования в подвале и организации поэтажной рециркуляции. Управление

организованным перетеканием, отсутствие возвратных рециркуляционных воздуховодов, необходимых для классической схемы обеспечения музейного микроклимата, позволило сделать инженерные системы компактными, высокоэффективными и обеспечивающими устойчивый музейный микроклимат¹.

Если Autocad, Revit и ANSYS нам, разработчикам инженерных систем, «подарены» архитекторами и конструкторами и являются в основном продуктом

программистов высокого уровня желательны и возможны, как показывает уже упомянутая работа ГГО. Однако большинство расчетов систем обеспечения климата, как правило, содержится в отличие от конструктива меньше собственно сложного математического аппарата и существенно больше логических условий принятия правильных решений, т. е. построено на более сложных алгоритмах. И здесь разработчик-программист, как профессиональный автоматчик,

позитивно оценивает в т. ч. нестандартные, но обоснованные технические решения. Но ее главная задача – оценка соответствия проектной документации действующим нормативным документам.

В прошедшем году техническим комитетом по нормированию ТК 400 «Производство работ в строительстве. Типовые технологические и организационные процессы» (А. В. Бусахин, А. Н. Колубков, Г. К. Осадчий и др.) подготовлен большой объем новой или адаптированной действующей нормативной документации. В НП «АВОК» вышли новые нормативные документы: Р НП «АВОК» 7.8.2-2021 «Проектирование инженерных систем родильных домов», Р НП «АВОК» 6.4.2-2021 «Компенсаторы сильфонные и опоры для внутренних инженерных систем» и Р НП «АВОК» 5.4.2-2022 «Выбор и оптимизация системы холодоснабжения». Это, безусловно, положительный результат. Но в какой степени новые нормативы учитывают новые тенденции в проектировании и строительстве?

Пока открытым остается вопрос о порядке сертификации проектов инженерных систем на предмет создания устойчивого микроклимата, высоких показателей энергоэффективности, надежности функционирования. Есть предмет для размышлений и совместной работы государственной экспертизы, ТК 400, НП «АВОК» и других заинтересованных организаций. Караван идет, процесс продолжается, текущие проблемы подлежат решению. Потенциал инженерного сообщества России огромен.

Наличие современного компьютерного оборудования и доступного программного обеспечения позволяет и делает необходимым переход на широкое цифровое моделирование в практике проектирования инженерных систем здания. И не графического – оно, безусловно, необходимо и реализуется, – а именно цифрового моделирования процессов в помещении, здании и системах.

зарубежной разработки, то с учетом, прежде всего, ограниченного рынка сбыта программной продукции для инженерного сообщества в целом, отличия отечественных нормативных документов и методик от зарубежных аналогов ASHRAE и RENVА, а также наличия собственного менталитета следует опираться на внутренний потенциал. Широко используемый и хорошо знакомый Excel с встроенным Visual Basic объем моделирования систем уже не тянет, но может решать отдельные локальные задачи или процедуры. Совместные наработки специалистов-проектировщиков и профессиональных

должен в деталях знать предмет разработки систем ОВиК. Сложность освоения собственно программирования не столь велика – это можно сделать и самостоятельно или на курсах, – но освоить логику принятия технических решений существенно сложнее. Собственно, этому и должна учить высшая школа. В свое время заведующим кафедрой МГСУ Ю. Я. Кувшиновым такая задача уже ставилась. Сейчас она стала еще более актуальной, но решается ли она?

Кто оценит качество проектной документации? Государственная экспертиза, и московская, и федеральная, активно внедряет цифровые технологии,

¹ Подробнее см.: Болотов Е. Н. Цифровые методы проектирования зданий. Практические результаты // Энергосбережение. – № 7. – 2021.