

Современные тренды в развитии проектных работ в строительстве

Применение CFD-моделирования при подготовке и анализе проектных решений

Сергей Брюзгин (компания "Метрополис")

©2022 Саровский Инженерный Центр



Предпосылки к развитию математического моделирования в строительной отрасли

Основными предпосылками к внедрению математического моделирования в проектные работы нашей компании

стали следующие факторы:

- сложность проектирования современных зданий с характерными сложно организованными пространствами (например, атриумами), для которых подтвердить параметры микроклимата стандартными методиками не представляется возможным;
- необходимость проектирования объектов культурного и спортивного назначения, для помещений которых требуется поддержание заданных параметров микроклимата (музейные залы, хранилища экспонатов, ледовые арены, бассейны, аквапарки и т.п.);
- наличие сложных нетиповых узлов, которые необходимо проверять с точки зрения промерзания в рамках проектирования сложных архитектурных форм;
- необходимость предварительной оценки проектных решений для выявления возможных проблем на раннем этапе проектирования;
- необходимость проведения экспертизы проектных решений с выбором оптимального инженерного решения.

Требования к современным зданиям

Для успешной реализации проектов (в том числе и с коммерческой точки зрения) в настоящее время необходимо учитывать следующие основные требования:

- высокие эстетические требования к зданию;
- минимизация энергопотребления;
- максимальный комфорт для конечного потребителя;
- здоровая атмосфера в здании;
- безопасность здания;
- минимизация сроков строительства;

- минимизация стоимости строительства;
- цифровизация здания (получения цифровых двойников зданий).

Проанализировав современные проектные тенденции и требования, наша компания приняла решение по внедрению методов математического моделирования, а именно CFD.

CFD-моделирование (*Computational Fluid Dynamics* – вычислительная гидрогазодинамика) – раздел механики сплошных сред, использующий численные методы для моделирования движения жидкостей и газов.

Выбор программного комплекса и поставщика

На первом этапе надо было выбрать программный комплекс для выполнения расчетов. После проведения всестороннего анализа рынка специализированного софта, а также компаний, осуществляющих техническую поддержку и обучение, мы остановились на продукте *Siemens Star CCM+* – с покупкой и последующей поддержкой в компании СИИЦ (Саровский Инженерный Центр).

Для отработки и верификации технологии использовался некоммерческий проект – аквапарк в городе Мытищи. На объекте были выполнены замеры микроклимата, после чего мы провели их моделирование совместно с инженерами СИИЦ. На этой модели мы отработали методологию и провели верификацию математической модели.

Результаты оказались очень близкими, невязка составляла порядка 10%, что является, на наш взгляд, очень хорошим показателем.

Проблематика внедрения инструментов компьютерного моделирования в строительной отрасли

На этапе внедрения инструментов математического моделирования наша компания столкнулась со следующими сложностями:

- значительные первоначальные финансовые вложения;
- отсутствие подготовленных кадров;
- жесткие сроки выполнения математического моделирования при проектировании.

✓ Первоначальные финансовые вложения

Первая сложность – высокая стоимость программного комплекса и серверного оборудования. Приобретение сложного наукоемкого софта, а также соответствующего оборудования – это дорогое удовольствие.

Для того чтобы оптимизировать затраты, было принято решение разбить внедрение на два этапа:

1) Приобретение малой, относительно недорогой лицензии. Такая лицензия не требует оборудования с высокой производительностью, поэтому для работы подходит обычный компьютер с хорошими техническими характеристиками. На этом этапе мы могли решать текущие – относительно несложные – проектные задачи, а также обучить сотрудников работе с ПО.

2) Покупка полной лицензии и производительной рабочей станции, а также формирование подразделения по математическому моделированию.

✓ Отсутствие подготовленных кадров

На начальном этапе развития этого направления в строительной отрасли практически не было специалистов, занимающихся математическим моделированием. Эту проблему мы решили путем обучения сотрудников компании, создав внутренний образовательный курс.

В дальнейшем мы планируем расширять эту компетенцию внутри компании, а также хотим взять на себя образовательную миссию и обучать студентов вузов, проходящих практику или стажировку в нашей компании.

✓ Сроки выполнения работ по математическому моделированию

Один из основных критериев успешного применения методов математического моделирования – это быстрое принятие правильного и наиболее рационального проектного решения. При этом точность исходной геометрии модели напрямую влияет на точность результата.

Строительная область характеризуется тем, что конечную точную геометрию расчетных регионов можно получить только на завершающем этапе проекта; если принятые решения не были оптимальными, то вносимые изменения могут откатить всех участников проекта далеко назад. Чтобы вносить изменения в проект вовремя, наша проектная группа сделала приоритетом разработку методик, позволяющих принимать и проверять проектные решения

уже на начальных этапах проектирования. Это позволяет нам получать хорошие результаты без затягивания процесса проектирования и минимизировать проектные изменения.

Развитие отдела ОВиКВ

В организационном плане было решено создать небольшое подразделение, занимающееся математическим моделированием, из инженеров отдела “Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха” (ОВиКВ). Эти специалисты обладали обширными знаниями в строительной области (теплотехника, микроклимат и т.п.), что позволило им быстро освоить возможности программного комплекса и начать выполнять задачи по математическому моделированию.

В рамках отдела ОВиКВ специалисты нашей компании успешно решают задачи расчета:

- теплопроводности сложных трехмерных узлов;
- внешней аэродинамики зданий;
- аэродинамики нетиповых элементов вентиляционных систем;
- воздухораспределения из нетиповых воздухораспределителей и оптимизации их конструкции;
- параметров микроклимата помещений, а также оптимизации проектных решений.

Следует отметить, что наша компания активно работает в BIM-среде с помощью программного комплекса *Revit* от *Autodesk*. Данные из *Revit* хорошо импортируются в среду *Siemens Star CCM+*, что позволяет достаточно быстро получать расчетную геометрию, а также быстро модифицировать данные для достижения оптимального результата.

Выполнение инженерного анализа положительно влияет на качество проектов, обеспечивая обоснованность проектных решений и снижение проектных рисков. Более того, заказчики получают оптимальные, гарантированно работоспособные решения. Проекты становятся сбалансированными.

В качестве примера можно привести проект реконструкции и реновации [Дома культуры ГЭС-2](#), в рамках которого осуществлялось CFD-моделирование сложных трехмерных узлов.

Решение масштабных задач совместно с компанией СИНЦ

Достаточно часто возникает необходимость решать масштабные задачи в сжатые сроки.

Для этого, совместно с инженерами СИНЦ, мы выработали гибкий подход, который позволяет оптимизировать ресурсы, выполняя часть работ параллельно и используя совместные серверные мощности.

Работа по подготовке первоначальной геометрии и данных для задания граничных условий ведется специалистами нашей компании. Затем все данные передаются компании СИНЦ, где инженеры проверяют принятые нами решения и адаптируют данные для проведения численных расчетов. После нескольких коротких обсуждений в сжатые сроки мы получаем проверенное проектное решение, на базе которого инженеры СИНЦ выполняют численное моделирование. По мере продвижения расчета мы также проводим короткие совместные совещания и в случае необходимости вносим изменения в исходные данные. Этот подход позволяет быстро корректировать проект и получать хороший итоговый результат, не нарушая сроки проектирования.

Совместно со специалистами компании СИНЦ мы выполнили достаточно много проектов, по результатам которых смогли выработать оптимальные условия взаимодействия.

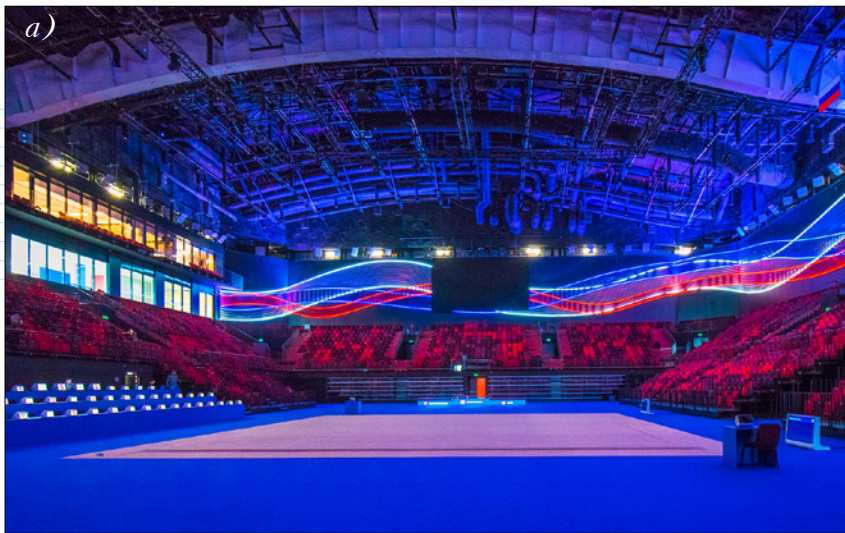
В числе таких проектов:

- Ледовая арена стадиона “Динамо” имени Льва Яшина – осуществлялось CFD-моделирование микроклимата ледовой арены.

- Дворец художественной гимнастики Ирины Винер-Усмановой – CFD-моделирование главной арены и тренировочных залов. Основное требование – обеспечить комфортный микроклимат и минимальную подвижность воздуха во время выступлений гимнастов с гимнастической лентой.



Стадион “Динамо”: а) фасад; б) ледовая арена; в) ледовая арена со зрителями



Дворец художественной гимнастики: а) арена; б) фасад; с) выступление гимнасток с лентой

• Атриум в высотных зданиях класса “А” многофункционального комплекса iCITY – проводилось *CFD*-моделирование микроклимата атриума с учетом *stack*-эффекта (эффект тяги, возникающий в зданиях в холодный период года из-за разности температур внутри и снаружи, когда связанные объемы – шахты лифтов, лестничные клетки и т.п. – начинают работать как труба). Требовалось подтвердить комфортность микроклимата в помещении атриума.

Расширение сферы услуг математического моделирования

Изначально методы математического моделирования мы применяли для своих внутренних целей, поскольку они позволяли:

- выявить проблемы на раннем этапе и вовремя оптимизировать проектные решения;
- уменьшить затраты времени на обоснование проектных решений – в органах экспертизы и перед заказчиками;
- снизить проектные риски за счет проверки решений на цифровом двойнике объекта;
- ускорить запуск проекта в эксплуатацию;
- сделать среду пребывания людей в здании максимально комфортной;
- сократить затраты заказчиков на этапе строительства и эксплуатации.

По мере внедрения методов математического моделирования мы видели повышение интереса заказчиков к данным услугам. Если три года назад мы получали примерно один-два крупных проекта в год, то сейчас спрос вырос в несколько раз. Поэтому мы приняли решение выделить услуги математического моделирования в самостоятельное направление.



Высотный многофункциональный комплекс класса А iCITY: а) фасад; б) атриум

Наши планы на будущее:

- выделение CFD-моделирования в отдельное структурное подразделение;
- расширение компетенций сотрудников компании;
- расширение перечня выполняемых работ;
- увеличение масштаба выполняемых работ;
- повышение привлекательности проектных решений для заказчиков;
- оптимизация по времени на этапах выполнения проекта и CFD-моделирования.

О компании “Метрополис”

“Метрополис” (<https://metropolis-group.ru>) – ведущая российская компания в сегменте архитектурно-строительного проектирования объектов гражданского и промышленного строительства – была основана в 2005 году.

Наша команда – это более 450 человек в четырех городах России: Москве, Санкт-Петербурге, Казани и Нижнем Новгороде. За годы работы выполнено более 500 проектов. Высокий уровень квалификации сотрудников позволяет проектировать в качестве генерального проектировщика технически сложные объекты: высотные комплексы, спортивные сооружения, многофункциональные комплексы, объекты культурного и социального назначения.

О компании СИНЦ

Научно-инженерное предприятие “Саровский Инженерный Центр” (СИНЦ) работает в области инженерного анализа с 2006 года. Со дня своего основания СИНЦ участвует в разработке, внедрении и локальной технической поддержке системы *Simcenter STAR-CCM+* в России. Компания ежегодно организывает научно-практические конференции и является участником международных проектов. Сотрудники СИНЦ проходили обучение в США и Европе, их квалификацию подтверждают более чем 150 успешных инженерных проектов, выполненных для ведущих предприятий России. 🇷🇺

Об авторе

Сергей Брюзгин – руководитель отдела проектирования систем отопления, вентиляции, кондиционирования, противоподымной защиты и CFD-моделирования, компания “Метрополис”.