

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ю.Я. Болдырев, Д.В. Климшин, А.С. Шанина

Сегодня, суперкомпьютерные технологии становятся все более доступными для инженеров-проектировщиков, работающих в сфере строительной индустрии. Такие технологии все чаще применяются для решения технически сложных нетиповых междисциплинарных задач строительного проектирования. Применение математического моделирования в совокупности с высокопроизводительными вычислениями позволяют детально прорабатывать такие вопросы как полномасштабная оценка напряженно-деформированного состояния строительного объекта и его влияние на окружающую застройку на всех этапах строительства, а также те или иные условия его дальнейшей эксплуатации, включая моделирование аварийных ситуаций, оценки нанесенного ими ущерба. Применение суперкомпьютеров позволяет проводить разработку и обоснование эффективности использования защитных сооружений; моделирование и оценку ветровых воздействий на такие нестандартные объекты как, например, строящиеся объекты зимних Олимпийских игр в Сочи.

Одними из характерных и трудных в инженерном анализе являются задачи механики грунтов. Достаточно сказать, что они являются существенно междисциплинарными, поскольку в единой модели используются подходы механики деформированного твердого тела, течения жидкости в пористых структурах и т.д. Решение таких задач в трехмерной постановке при моделировании объектов в достаточно больших расчетных областях, позволяет учитывать взаимное влияние фундаментов еще строящихся зданий на уже возведенные, и т. д. Сегодня это становится предметом реальной вычислительной практики, но, одновременно, требует и больших вычислительных мощностей. Как известно подземное пространство мегаполисов густо насыщено различными коммуникациями и защита этих коммуникаций при строительстве новых объектов является отдельной остро стоящей проблемой инженерного анализа в строительстве. В качестве примера в докладе рассматривается задача проектирования подземного пешеходного перехода (ППП). В основе подхода лежало применение наиболее передовых математических моделей, проводилось обоснование принятых проектных решений. В центре проблемы стояла разработка и обоснование эффективности применения защитного сооружения для подземного тоннельного канализационного коллектора, находящегося под подземным переходом. В рамках моделирования была решена серия задач с учетом нелинейных свойств материалов (для моделирования грунта использовалась упруго-пластическая модель Друкера-Прагера) в трехмерной постановке: до начала строительства ППП; разработка котлована ППП без защитного сооружения; нормальная эксплуатация без защитных мероприятий; разработка котлована ППП с защитным сооружением; нормальная эксплуатация с защитным сооружением. Также были решены задачи, подтверждающие, что даже при аварии на коллекторе люди смогут без затруднений покинуть подземное пространство и надежность конструкции будет обеспечена. Были проведены моделирования аварийной ситуации с защитным сооружением, при которой происходит вымыв грунта над коллектором и аварийная ситуация без защитного сооружения.

Еще одним важным примером применения высокопроизводительных вычислительных технологий в сфере строительства являются ветровые воздействия на высотные здания и сооружения. По своему существу такие воздействия являются крайне существенными динамическими нагрузками, особенно в условиях районов с высокой сейсмичностью, таких как район Сочи. Ветровые нагрузки на сооружение высотой более 75 метров могут превосходить проектное 5-бальное сейсмическое воздействие. Безусловно, в таких случаях решениям подобного рода задач уделяется особое внимание. Для корректного моделирования расчетных областей, учета всего многообразия факторов, влияющих на распределение ветровых потоков, определения оптимальной формы, размеров, ориентации высотной конструкции исходя из минимизации отрицательного воздействия наружных климатических условий на энергетический баланс рассматриваемого здания, необходимы большие вычислительные ресурсы. Простейшими подходы, изложенные в строительных нормах и правилах (СНиП), являются недостаточными для понимания процессов, происходящих с сооружением. Полученные таким образом результаты дают слишком грубую оценку, не позволяющую с достаточной достоверностью обосновать какие-либо проектные решения. Нами средствами программного комплекса Ansys CFX, построенного на основе численного решения уравнений аэродинамики было проведено моделирование обтекания и экспертные расчеты аэродинамических характеристик олимпийских трамплинов К-195 и К-95 в Сочи. При расчетах была учтена турбулентность внешнего потока воздуха. В расчетную область входят два трамплина, склон естественного происхождения, на котором они располагаются, чаша зоны приземления, стадион вокруг нее. Определенная ветровая нагрузка была заложена в статические расчеты для определения напряженно-деформированного состояния конструкции. Полученные результаты численного моделирования легли в обоснование принятых проектных решений при прохождении ГлавГосЭкспертизы.