

Применение суперкомпьютеров для моделирования температурных и воздушных режимов внутри помещений больших объемов



10 Применение суперкомпьютеров для моделирования температурных и воздушных режимов внутри помещений больших объемов

Расчеты на суперкомпьютере позволили создать уникальный климат снежной зоны первого в России всепогодного горнолыжного комплекса СНЕЖ.КОМ. Представлены результаты компьютерного моделирования пространственных полей температуры и давления как внутри помещения горнолыжного спуска, так и внутри внешней оболочки конструкции для условий середины июля месяца в городе Москве. Применение суперкомпьютеров для анализа температурного режима, системы охлаждения и вентиляции реального спортивного сооружения делает возможным качественный переход от уровня фундаментальных и модельных исследований на уровень решения реальных прикладных и промышленных задач.

АВТОРЫ:

Н.А. Владимирова — руководитель отдела анализа гидрогазодинамических процессов и теплопереноса Центра вычислительной экспертизы, канд. физ.-мат. наук, доцент, ЗАО «Т-Сервисы», холдинг «Т-Платформы», *e-mail: natalia.vladimirova@t-services.ru*
О.Э. Мельник — научный руководитель Центра вычислительной экспертизы, докт. физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН, ЗАО «Т-Сервисы», холдинг «Т-Платформы», *e-mail: Oleg.Melnik@t-services.ru*

Компания ЗАО «Т-Сервисы», входящая в состав холдинга «Т-Платформы», специализируется на проведении ресурсоемких расчетов и моделирования в различных отраслях и использует для этих целей современные высокопроизводительные системы. Одним из наиболее частых классов задач, с которыми сталкиваются специалисты компании, являются гидрогазодинамические расчеты.

Основываясь на собственной практике, специалисты «Т-Сервисы» отмечают, что применительно к научным, прикладным и промышленным задачам гидрогазодинамики, выигрыш от использования суперкомпьютера большой производительности можно рассматривать в нескольких аспектах:

- существенное сокращение времени расчета одного варианта задачи (при заданном наборе параметров);
- увеличение количества рассчитываемых вариантов задачи за реальное фиксированное время. Это очень важно для задач оптимизации, когда в расчетах варьируется большое число переменных и параметров;
- возможность достижения существенно большей точности расчета за прежнее время счета;
- возможность существенного увеличения размерности расчетной сетки и степени дискретизации пространства, что позволит детализировать задачу и выявить специфические локальные особенности течений жидкостей и газов.

С появлением и развитием высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем стало возможным проводить виртуальное моделирование течений и перемешивания воздуха внутри зданий и объектов больших объемов (стадионы, бассейны, театры, торговые центры и т.п.) с учетом стратификации и технических параметров систем вентиляции и кондиционирования, воздуховодов, вентиляторов, радиаторов; с учетом теплового излучения материала стен и перегородок; с учетом солнечной тепловой радиации, проникающей через застекленные окна и купола, и т.п. Высокопроизводительные расчеты позволяют получать достаточно подробные, точные и полные пространственные распределения полей температуры, давления, скорости воздуха, рассчитывать и визуализировать линии тока воздуха и траектории частиц пыли и примесей.

В качестве примера успешного применения суперкомпьютеров для задач проектирования и анализа систем жизнеобеспечения, климат-контроля реальных промышленных и спортивных сооружений в статье представлены результаты компьютерного моделирования пространственных полей температуры и давления внутри помещения горнолыжного спуска СНЕЖ.КОМ (внутренний контур) и внутри внешней оболочки

конструкции (наружный контур) для условий середины июля в г. Москве.

Все расчеты проводились на суперкомпьютере на базе blade-платформы T-Blade, разработанной компанией «Т-Платформы». Высокопроизводительная много-процессорная система построена на базе процессоров Intel® Xeon® E5410 с частотой 2,33 GHz и состоит из 10 двухпроцессорных лезвий, объединенных в единую систему коммуникационной средой InfiniBand DDR. Расчет одного режима на этой конфигурации занимает всего несколько часов, в то время как даже на высокопроизводительном персональном компьютере подобные расчеты потребовали бы дни и недели.

Общий вид всесезонного горнолыжного комплекса СНЕЖ.КОМ и его конструктивная схема представлены на рис. 1.

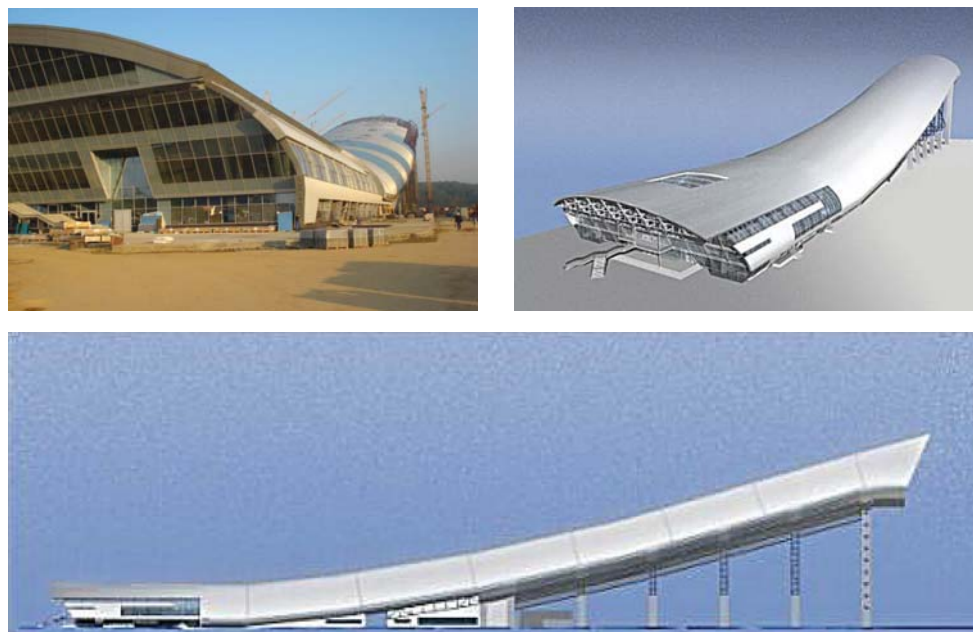


Рис. 1.
Горнолыжный комплекс СНЕЖ.КОМ в Москве

Основные характеристики объекта: длина — 363 м, ширина — 60 м, высота — 12 м, перепад высот составляет ≈ 67 м. Внешнее покрытие выполнено из металлических листов. Прямоугольный контур трассы выполнен из теплоизоляционных

панелей типа «сэндвич». Помещения между листовым внешним покрытием и ограждающими конструкциями контура не отапливаются.

Перед специалистами ЗАО «Т-Сервисы» были поставлены задачи создания твердотельной модели горнолыжного склона, генерации конечно-объемной сеточной модели и проведения расчетов с целью получения и анализа полей давлений, температур и воздушных потоков.

Твердотельная модель расчетной области горнолыжного склона, включающая в себя внутренний контур прямоугольного профиля и внешний контур (листовая крыша эллипсообразного профиля с боковинами) без учета наличия сквозных проемов между ними, а также укрепляющих балок между крышей и потолком внутреннего контура, строилась в среде стандартного CAD-пакета.

В рамках создания конечно-объемной сеточной модели было реализовано несколько ее вариантов (с призматическими пристеночными слоями и без них). В итоге размер конечно-объемной сеточной модели расчетной области внутреннего и внешнего контура с призматическими пристеночными слоями составил 4,2 млн ячеек.

Создание расчетной модели заключалось в задании физических параметров среды, а также граничных условий на стенках контуров. В качестве среды был взят воздух с переменной по высоте плотностью. Температура на стенках внутреннего и внешнего контуров задавалась по данным тепловизионных измерений.

Расчеты воздушных потоков и температурных полей выполнены в стационарной постановке с учетом тепломассопереноса воздуха за счет разности температур и барометрических давлений по высоте спуска. Внутренний контур трассы и внешний контур под крышей считались замкнутыми, естественная вентиляция от проникновения воздуха с улицы не учитывалась. В результате расчетов получена установившаяся картина тепловой конвекции — температурных полей, полей давления и скорости воздуха в различных сечениях по высоте и по объему внутреннего и внешнего контуров спуска. Соответствующие примеры и иллюстрации приведены на рис. 2—3.

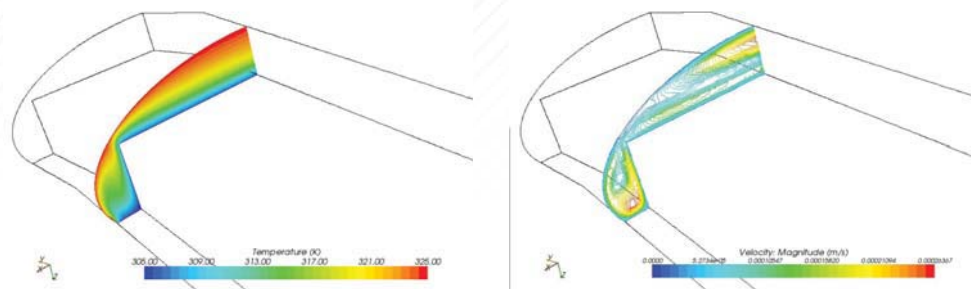


Рис. 2. Расчетные поля температуры и скорости в поперечном сечении наружного контура горнолыжного спуска

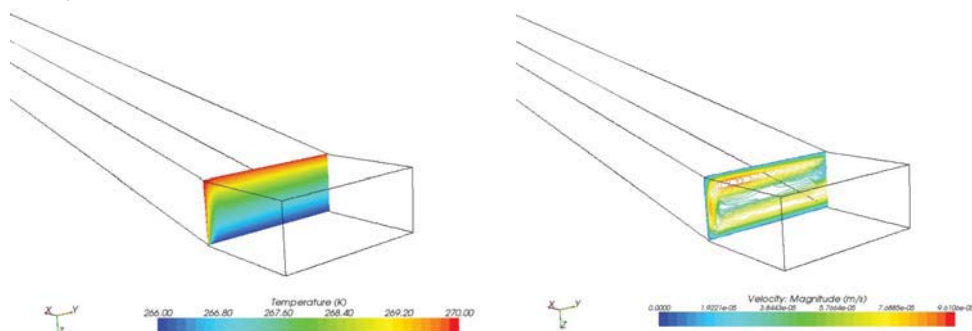


Рис. 3. Расчетные поля температуры и скорости в поперечном сечении внутреннего контура горнолыжного спуска

По результатам расчетов построены графические зависимости разницы барометрического давления между двумя контурами в соответствующих друг другу сечениях (рис. 4).

Наиболее существенным результатом проведенного компьютерного моделирования является выявленный достаточно большой перепад барометрических давлений (100 — 235 Па) по обе стороны ограждающих конструкций, что в значительной мере должно интенсифицировать процессы переноса и конденсации водяных паров в стыках ограждающих панелей между внешним и внутренним контурами сооружения горнолыжного спуска.

Очевидно, что применение суперкомпьютеров для анализа температурного

режима и системы охлаждения и вентиляции реального спортивного сооружения делает возможным качественный переход от уровня фундаментальных и модельных исследований на уровень решения реальных прикладных и промышленных задач. Возможность расчета большого физического объема с высоким уровнем дискретизации позволила выявить особенности течения, связать их с конструктивными элементами сооружения и с происходящими физическими процессами и сформулировать ряд рекомендаций для изменения и улучшения влажно-температурного режима и климат-контроля всесезонного горнолыжного спуска.

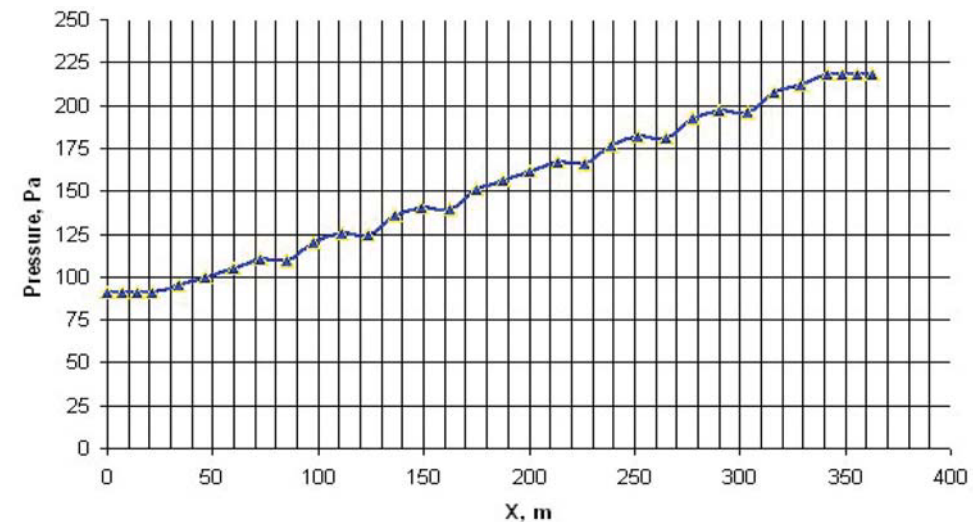


Рис. 4. Распределение разницы барометрического давления между стенками внешнего и внутреннего контуров (на высоте 2 метра от пола) по длине склона