

Температурный режим воздушного пространства многопрофильного культурно-спортивного комплекса «Минск-арена»

Ливанский Д. Г.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

«Минск-арена» – одна из крупнейших по вместительности ледовых площадок Европы. «Минск-арена» – комплекс уникальный; по многофункциональности, сложности технического исполнения, оборудованию и оснащению – аналогов в Республике Беларусь нет. Разработана математическая модель внутреннего воздушного пространства многопрофильного культурно-спортивного комплекса «Минск-арена» в г. Минске для выявления параметров температурно-влажностного режима воздушной среды с целью снижения энергетических затрат на системы кондиционирования воздуха и холодоснабжения ледовой арены.

Исследование тепло- и массообменных процессов воздушного пространства катка с ледовой поверхностью проводится путем решения системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена с учетом турбулентности и радиационного теплообмена. В условиях работы механической вентиляции движение воздуха является турбулентным. Для учета турбулентного характера движения воздуха использована $k-\epsilon$ модель турбулентности.

При решении системы дифференциальных уравнений начальные условия, по возможности, выбираются максимально близкими к реальным полям распределения параметров микроклимата, чтобы сократить время счета. Граничные условия в свою очередь определяются физикой задачи. Например, на поверхностях омываемых потоком твердых тел задается условие прилипания. Для уравнения переноса теплоты используют граничные условия первого, второго, третьего или четвертого рода.

Описание объекта и систем вентиляции и кондиционирования воздуха

Здание ледовой арены в плане имеет форму «шайбы», диаметр которого по внешнему кольцу составляет приблизительно 128 м, а зрелищного зала – 116 м. В центре арены расположена хоккейная коробка международного стандарта 60х30 м. Площадь ледового поля 1740 м². Высота здания арены составляет 35 м. Ледовая площадка имеет ограждение высотой 2,2 м вдоль длинной стороны катка и высотой 3,2 м вдоль короткой стороны. Кругом по периметру ледовой площадки расположены зрительские трибуны, общим количеством 15 000 мест. Зрелищный зал арены обслуживают несколько

систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Перечень данных систем приведен в табл. и рис. 1.

Таблица

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха, обслуживающие зрелищный зал арены

Приточные системы		Вытяжные системы	
	Зона обслуживания		Зона обслуживания
AA	Подача воздуха под сиденья мест для зрителей на среднем ярусе трибун	EAB	Удаление воздуха из верхней зоны по периметру зала (стен)
AB	Подача воздуха под сиденья мест для зрителей на верхнем ярусе трибун		
AP	Подача воздуха в зону ледовой площадки	EAP	Удаление воздуха с нижней зоны (с пола) по периметру ледовой площадки
AL	Подача воздуха в верхнюю зону	EAL	Удаление воздуха с верхней зоны

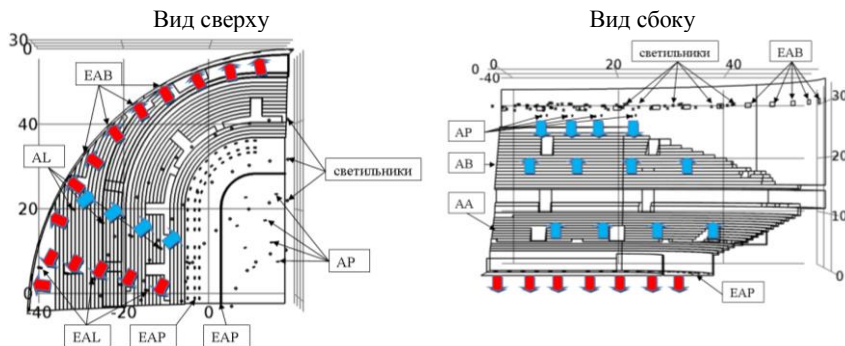


Рис. 1. Виды сверху и сбоку расчетной области с размещением светильников, приточных и вытяжных устройств, зон обслуживания системами вентиляции и кондиционирования воздуха (Синие стрелки показывают направление подачи воздуха в помещение, красные стрелки – направление удаления воздуха из помещения)

Расчетная область содержит фрагмент внутреннего пространства катка. Фрагмент представляет собой четверть объема зала с ледовой площадкой и получен отсечением от внутреннего пространства катка плоскостями $x = 0$ м (плоскость симметрии) и $y = 0$ м (плоскость симметрии). Высота расчетной области (от поверхности льда до низа покрытия) составляет 33 м. Протяженность вдоль оси x равняется 58 м.

Результаты моделирования приведены на рис. 2–3.

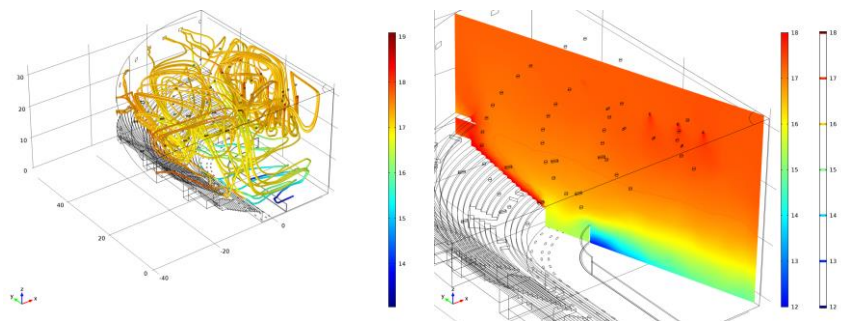


Рис. 2. Визуализация воздушных потоков, подаваемых приточной системой АР (изометрия) и температура воздуха по высоте помещения по сечению

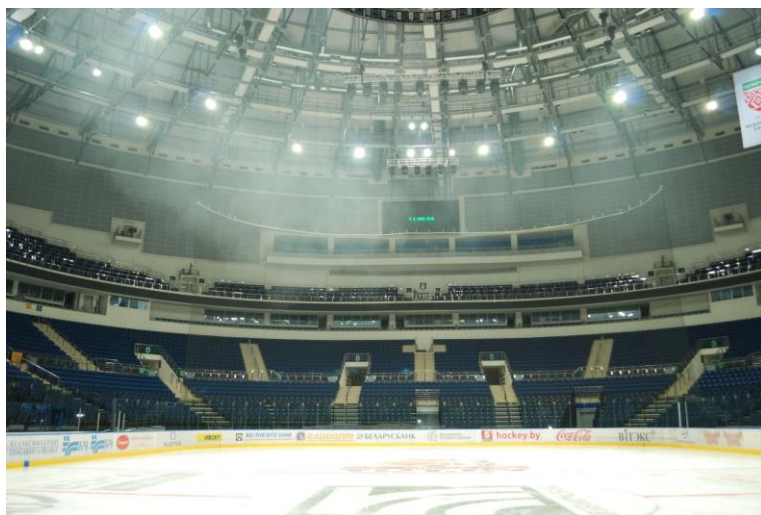


Рис. 3. Визуализации воздушных потоков системы АР в результате задымления воздуха

Система АР подает воздух на ледовую площадку струями, направленными вертикально вниз. Как видно из рис. 2 на расстоянии примерно 10 м от воздухораспределителя струя разворачивается в сторону либо вверх.

Прямого воздействия струи на лед не наблюдается. Зона ледовой площадки вентилируется нисходящими потоками воздуха.

Следует отметить, что движение воздуха наблюдается во всем объеме Арены.

Визуализация воздушных потоков

Цель визуализации воздушных потоков заключалась в верификации адекватности математической модели реальным физическим процессам, а также в определении наличия влияния приточных струй на качество льда ледовой арены. Визуализация воздушных потоков производилась с помощью дымовых шашек, специально предназначенных для применения в системах вентиляции. Приборы освещения были включены в режиме проведения телевизионной съемки.

Для визуализации воздушных потоков от воздухораспределителей была выбрана приточная система AP, обслуживающая зону над ледовой площадкой. Система AP подает воздух через воздухораспределители, расположенные на высоте 26 м сосредоточенными струями и направленные вертикально вниз на лед, либо под углом в сторону зрителей.

Задымление потока приточного воздуха производилось при совместной работе приточных и вытяжных установок (AP, AL, EAL, AA, AB, EAB + EAP) обслуживающих помещение ледовой арены.

Далее, на рис. 3 представлен результат визуализации воздушных потоков системы AP в результате задымления воздуха.

Воздушный поток от воздухораспределителей системы AP опускается на высоту ≈ 8 м от ледовой площадки. В результате работы системы EAP, которая удаляет воздух с нижней зоны на уровне пола вокруг ледовой площадки, тем самым несколько увеличив длину распространения струи от воздухораспределителей системы AP. Далее струя рассеивается и прямого воздействия на лед не оказывает.

Разработанная математическая модель внутреннего воздушного пространства многопрофильного культурно-спортивного комплекса «Минск-арена» расположенного в г. Минске адекватно отражает температурно-влажностный режим воздушной среды зрелищного зала арены. Полученные результаты измерений параметров воздуха и расчетные значения математической модели отличаются не более 10 %.

На основе результатов математического моделирования были разработаны рекомендации по снижению энергетических затрат на системы кондиционирования воздуха и холодоснабжения ледовой арены.

Прямого воздействия приточных струй на поверхность льда и как результат ухудшение его качества не наблюдается.