



Использование направляющих сопел для раздачи воздуха в системах кондиционирования воздуха

Ю.А. Табунщиков, доктор техн. наук, профессор МАрХИ, otvet@abok.ru

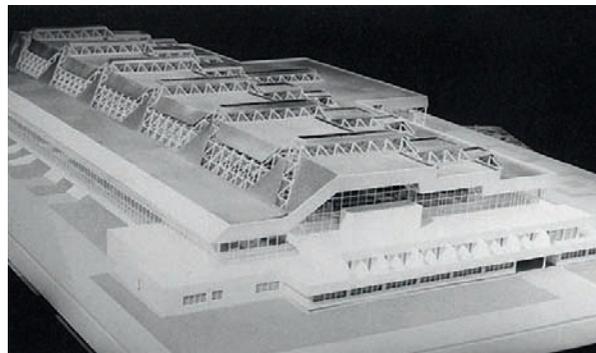
М.М. Бродач, канд. техн. наук, профессор МАрХИ

Ключевые слова: раздача воздуха, система кондиционирования воздуха, система «МАРХИ», воздухораспределение, скорость подачи воздуха, подвижность воздуха

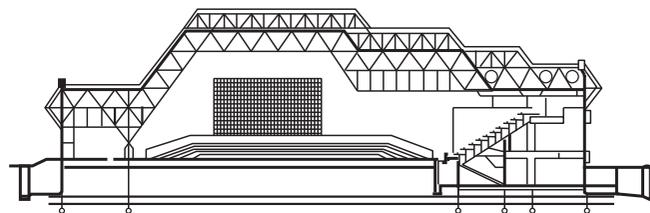
В статье приведено решение раздачи воздуха СКВ направляющими соплами уникального объекта – легкоатлетического манежа в г. Михайловград (с 1993 – г. Монтана, Болгария), который был построен с использованием конструкций системы «МАРХИ».

В современной литературе практически не освещаются пути и методология поиска необходимых проектных решений: как правило, предлагаются законченные решения. Однако рассмотрение проектов большинства известных зданий показывает, что выбор инженерных решений является определяющим при выборе архитектурной формы здания

и его планировки. Интересно было бы проследить за тем, как создаются такие проекты, какие противоречия возникают между инженерными и архитектурными решениями и как достигается консенсус. В предлагаемой статье изложены проблемы поиска инженерных решений, в конечном счете влияющих на архитектуру здания.



www.sistems-marhi.ru/works/gymn.php?ELEMENT_ID=374



■ Рис. 1. Олимпийский легкоатлетический манеж в г. Монтана (Болгария)

Решение по раздаче воздуха в помещениях большого объема

В конце 80-х годов кафедра «Инженерное оборудование зданий и сооружений» МАрХИ участвовала в проектировании легкоатлетического манежа из конструкций системы «МАРХИ» в г. Михайловград (рис. 1). Творческий коллектив возглавлял народный архитектор СССР, лауреат Ленинской и Сталинской премий первой степени И. Е. Рожин. Разработкой инженерного раздела проекта руководил профессор Ю. А. Табунчиков, раздел СКВ выполняла доцент Т. С. Шубина, раздел ОВ – доцент М. Н. Стрельчук.

Большой интерес к проектированию легкоатлетического манежа в г. Михайловград из конструкций системы «МАРХИ» объяснялся тем обстоятельством, что Болгария купила право использования этих конструкций и построила завод по их производству. Необходимо было на примере легкоатлетического манежа продемонстрировать привлекательность, экономичность и широкие возможности использования этих конструкций в зданиях различного технологического назначения.

Конструкции системы «МАРХИ» – это пространственные стержневые конструкции, позволяющие создавать здания и сооружения с практически неограниченным внутренним пространством, ничем не стесненным и отвечающим любым технологическим требованиям. Применение конструкций системы «МАРХИ» позволяет значительно экономить за счет низкого расхода металла на единицу площади.

Успешно были осуществлены при проектировании легкоатлетического манежа архитектурные, конструктивные и технологические части проекта, а также система кондиционирования воздуха для зрителей, сидящих на трибунах, с раздачей воздуха из-под кресел.

Но возникли серьезные трудности с проектированием систем кондиционирования воздуха для ядра манежа из-за поиска мест для расположения установок кондиционирования воздуха. Для обеспечения необходимого воздухообмена предполагалось установить 14 кондиционеров. Первым и очевидным предложением было расположить кондиционеры в подвальной части манежа. Однако болгарские специалисты отказались, высказав опасение, что, поскольку манеж расположен на берегу реки, в весенний период ее разлива возможно подтопление подвала грунтовыми водами. На другое предложение – расположить кондиционеры на крыше здания – не согласились архитекторы, так

ZUBADAN

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ



Реклама

ZUBADAN ИННОВАЦИИ В ЭФФЕКТИВНОСТИ

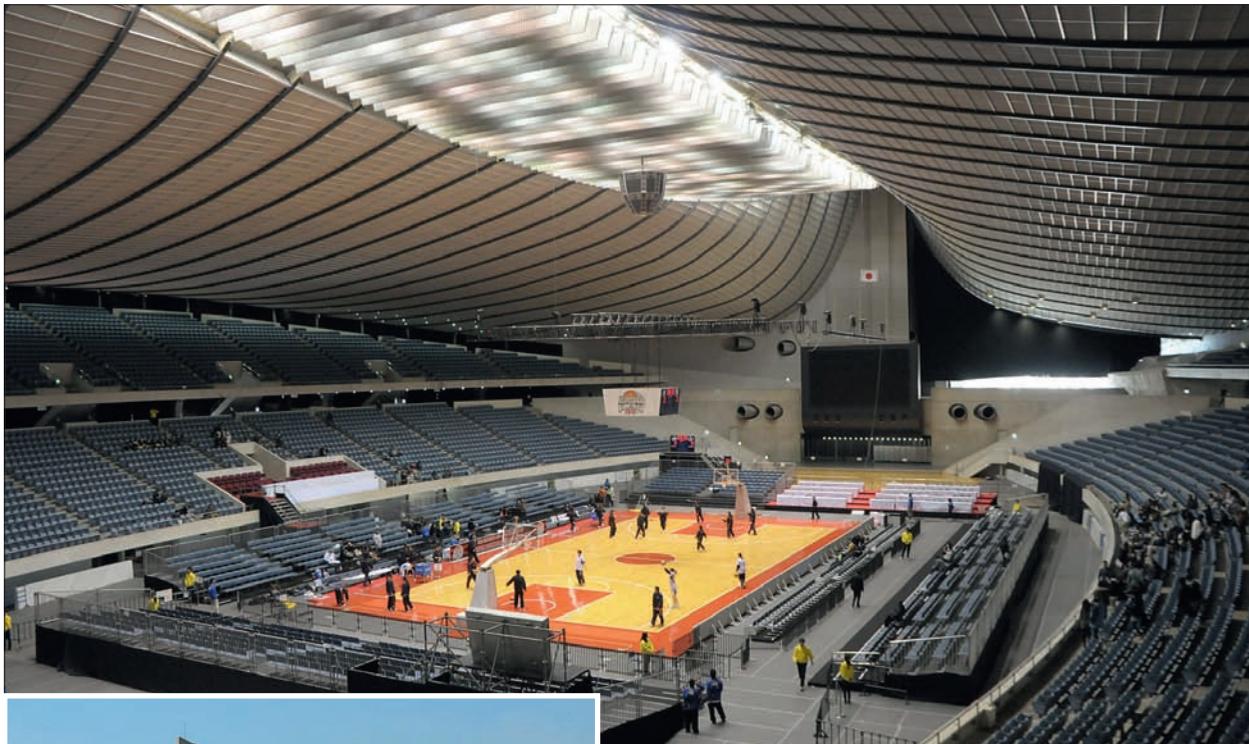
«ВОЗДУХ-ВОДА»

Тепловые насосы для отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования.

- > Организация системы «теплый пол»;
- > Интеграция в систему «умный дом»;
- > Дистанционное управление функцией «дежурный обогрев» — поддержание температуры в помещении +10°C;
- > Отсутствие капитальных затрат на коммуникации и теплотрассы;
- > Высокая энергоэффективность — 1кВт затраченной электроэнергии дают от 3 до 5 кВт тепла.

www.zubadan.ru

 **mitsubishi
electric**
Changes for the Better



en.wikipedia.org/wiki/Yoyogi_National_Gymnasium



■ Рис. 2. Большой крытый стадион The Yoyogi National Gymnasium, Токио. На торце здания видны направляющие сопла

как четырнадцать «ящиков», каждый высотой около 2,5 м, портили весь архитектурный замысел проекта. Работа зашла в тупик. Один из архитекторов – доцент С. В. Кузнецов – предложил обратить внимание на крытый стадион самого влиятельного японского архитектора XX века Кэндзо Тангэ – универсальную арену, построенную к летним Олимпийским играм 1964 года в Токио (рис. 2).

Интересно, что по архитектурной форме стадион напоминал пагоду. Но самое главное было в том, что внутри него располагались сопла для раздачи воздуха системы кондиционирования воздуха, а сами кондиционеры были расположены снаружи, у торцов здания стадиона. Было очевидно, что использование аналогичного решения для системы кондиционирования нашего легкоатлетического манежа является тем вариантом, который мы искали.

Большой крытый стадион The Yoyogi National Gymnasium был возведен в парке Yoyogi Park японской столицы к Олимпийским играм в Токио 1964 года. Стадион во время игр использовался как водная арена для проведения соревнований по плаванию и прыжкам в воду. Сегодня он действует в основном как стадион для хоккея на льду. Стадион вмещает чуть больше 30 000 зрителей, что сегодня не столь впечатляюще, но не в размерах очарование, а в изяществе и новаторском подходе. The Yoyogi National Gymnasium прославился особенным дизайном подвесной кровли и послужил прототипом многих последующих олимпийских объектов

Проведенные консультации с отечественными специалистами показали, что использование направляющих сопел для раздачи воздуха отопительно-вентиляционных систем не только было известно в нашей стране, но даже были разработаны «Рекомендации по расчету оптимально-вентиляционных систем с направляющими соплами» [1] для применения при проектировании и эксплуатации систем общеобменной вентиляции и воздушного отопления

в помещениях промышленных зданий, оборудованных приточной общеобменной вентиляцией. С тех пор подобных рекомендаций не разрабатывалось. Система воздухораспределения направляющими соплами имела широкое распространение за рубежом. Сейчас такие системы с успехом используются в промышленных зданиях и больших складских помещениях [2, 3, 4].

Отопительно-вентиляционные системы с направляющими соплами подают в помещение нагретый (или охлажденный) воздух основными и направляющими струями (рис. 3). Основные струи 1 подаются через небольшое число воздухораспределителей 2 с малой начальной скоростью. Направляющие струи 3, имеющие большую начальную скорость, подаются через горизонтальные 4 и вертикальные 5 или только горизонтальные сопла малого диаметра, расположенные вдоль оси основного потока [1–3].

Горизонтальные направляющие струи позволяют увеличить длину зоны эффективного действия системы и количество теплоты (холода) в приточном воздухе по сравнению с сосредоточенной подачей. Вертикальные направляющие струи эжектируют содержащийся в основных струях воздух (нагретый или охлажденный) и подают его в рабочую зону.

Так как циркуляция воздуха в помещении определяется в основном направляющими струями, изменение расхода воздуха, подаваемого основными струями, практически не приводит к изменению системы циркуляции. Это позволяет при уменьшении количества поступающих в помещение вредных веществ уменьшать расход приточного воздуха вплоть

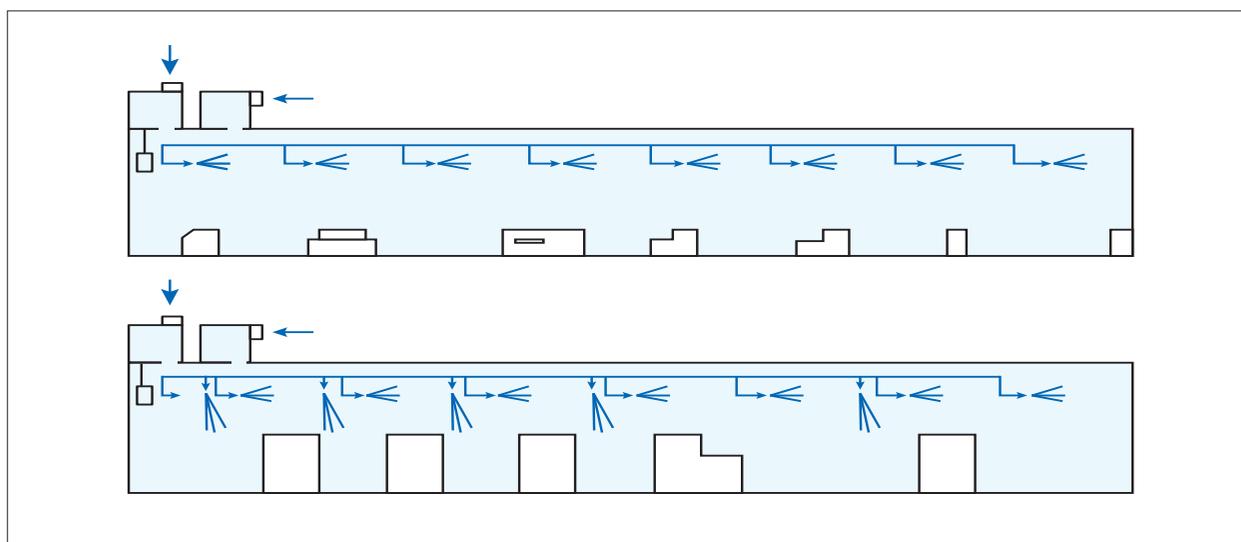
Конструкции системы «МАРХИ» – это пространственные стержневые конструкции, позволяющие создавать здания и сооружения с практически неограниченным внутренним пространством, ничем не стесненным и отвечающим любым технологическим требованиям. Применение конструкций системы «МАРХИ» позволяет значительно экономить за счет низкого расхода металла на единицу площади. Экономический эффект может достигать более 60% от стоимости традиционного покрытия

до расхода, подаваемого из сопла, что составляет 10–30% максимального.

Системы применяются:

- с горизонтальными направляющими соплами (рис. 3а);
- с горизонтальными и вертикальными направляющими соплами (рис. 3б).

Отопительно-вентиляционная система с направляющими соплами включает две самостоятельные приточные установки. Одна из них предназначена для подачи основных струй воздуха, другая – для подачи направляющих струй воздуха. Приточная установка, подающая основные струи, может состоять из нескольких вентиляторных агрегатов. Приточная установка, подающая направляющие струи, должна иметь резервный вентилятор.



■ Рис. 3. Отопительно-вентиляционная система с направляющими соплами: а – горизонтальными; б – горизонтальными и вертикальными

В п. 2.4 руководства [1] указывается, что максимальная скорость подачи воздуха из сопел не должна превышать 30 м/с, если приточные установки комплектуются кондиционерами КТЦ, и 40 м/с, если используются вентиляторы с давлением не менее 2 кПа. Минимальная скорость выпуска струи определяется расчетом и может быть даже порядка 2 м/с. Подвижность (скорость) воздуха в легкоатлетическом манеже не должна превышать 0,3–0,5 м/с. Как показали исследования, вполне возможно за-проектировать систему кондиционирования воздуха с раздачей воздуха направляющими соплами, обеспечивающими внутри помещения подвижность воздуха не более 0,3 м/с.

Однако метод расчета, изложенный в рекомендациях [1], относился к производственным зданиям и учитывал возможности их специфики, например расположение нескольких сопел внутри здания по горизонтали, что принципиально не могло применяться в помещении легкоатлетического манежа. Возникла необходимость разработки собственного специального метода расчета раздачи воздуха направляющими соплами при расположении самих сопел в торцах здания. Этот метод расчета был разработан доцентом Т.С. Шубиной. Сейчас такие сложные задачи успешно решаются методом математического моделирования*. Но возникла другая проблема: при расчете направляющих сопел, расположенных с противоположных торцов манежа, длина зоны эффективного действия приточной струи была не более 40 м, т. е. меньше 60 м (расстояние до середины манежа). В процессе движения за счет сопротивления внутреннего воздуха струя распадалась на две части, одна из которых поднималась вверх и «цеплялась» за покрытие (потолок) манежа, другая спускалась вниз и «цеплялась» за пол манежа. Получалось, что система кондиционирования с раздачей воздуха направляющими соплами, сохраняя красивый архитектурный облик манежа и не требуя расположения установок кондиционирования в подвале или на крыше здания, не в состоянии обеспечить требуемые параметры воздуха в средней части манежа. Снова тупик?



Рис. 4. Направляющие сопла компании Fläkt Woods

И тогда мы снова обратились к проекту крытого стадиона архитектора Кэндзо Тангэ. Как ему удалось решить эту проблему? Архитекторы предположили: наверное, за счет увеличения высоты здания, и этим может объясняться выбор формы строения в виде пагоды. Такая конфигурация здания позволяла увеличить высоту расположения сопел и избежать эффекта разрушения струи, прежде чем она достигнет середины помещения. Проведенные расчеты подтвердили эти предположения: оказалось, что, увеличивая высоту манежа на 4 м и высоту расположения направляющих раздающих сопел,

удается полностью обеспечить требуемые параметры воздуха по всему спортивному ядру манежа.

А что архитекторы? Не видя другого выхода, они согласились с необходимостью увеличения высоты помещения манежа на 4 м.

Найденные инженерные решения получили высокую оценку болгарских специалистов.

Выводы

Раздача воздуха при помощи направляющих сопел в системах воздушного отопления и системах кондиционирования обеспечивает практически безградиентное распределение температуры воздуха по высоте и хорошо решает вопрос воздухораспределения и обеспечения микроклимата в крытых стадионах, промышленных зданиях, больших складских помещениях и т. д.

Литература

1. Рекомендации по расчету отопительно-вентиляционных систем с направляющими соплами. ЦНИИпромзданий, 1984.
2. Агафонова И. А., Стронгин А. С., Шилькрот Е. О. Отопление и вентиляция современных складских комплексов // АВОК. 2004. № 6.
3. Гранев В. В. Энергоэффективные производственные здания // Энергосбережение. 2002. № 6.
4. Живов А. М., Nielsen P. V., Riskowski G., Шилькрот Е. О. Системы вытесняющей вентиляции для промышленных зданий // АВОК. 2001. № 5. ■

* Денисихина Д., Колосницын А., Луканина М. «Ледовые арены Сочи. Опыт математического моделирования» («Здания высоких технологий», лето 2013).