

# Многофункциональный высотный комплекс

**Болотов Е. Н.**, генеральный директор ООО «ВАК-Инжиниринг»

**Сапожникова А. Б.**, директор по маркетингу ООО «Сити Палас»



На первой линии застройки, участках № 2, 3 ММДЦ «Москва-Сити», к середине 2010 года будет возведен многофункциональный высотный комплекс с Московским дворцом бракосочетания и подземной автостоянкой, который станет украшением всего «Москва-Сити» благодаря своей уникальной архитектуре.

Многофункциональный комплекс будет включать офисную башню, торговую галерею, Дворец бракосочетания, музейно-выставочный комплекс и подземный трехуровневый паркинг. Общая площадь комплекса составит 169 тыс. м<sup>2</sup>.

Идея спиралеобразной формы башни основывается на том, что у основания башни будет находиться Дворец бракосочетания – башня как будто вальсирующая пара будет восходить к небу.

**А**рхитектурно-конструктивная часть выполнена известной компанией RMJM Scotland Ltd (Великобритания), имеющей огромный международный опыт проектирования сложных и уникальных объектов, в том числе и высотных зданий (реализованные проекты компании, в частности здание Шотландского парламента в г. Эдинбурге, уже знакомы читателям журнала «АВОК»).

Проект систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, тепло- и холодоснабжения выполнен российской компанией «ВАК-инжиниринг». Таким образом, удалось реализовать как обширный зарубежный опыт проектирования высотных многофункциональных комплексов, так и отечественный, в том числе учесть специфику более жестких климатических условий, требования действующих нормативных документов, включая и МГСН 4.19-25 «Многофункциональные высотные здания и комплексы», который введен в действие в конце 2005 года.

Высотная и стилобатная части многофункционального комплекса проектом рассматриваются как единая технологическая система (ЕТС). При этом учитывают как взаимное влияние разновысотных частей здания при наличии внутренних гидравлических связей, возможность создания отдельных «герметичных» зон при шлюзовании, так и динамические изменения внешних ветровых и гравитационных перепадов давлений. Технические решения предусматривают возможность управления воздушно-тепловым режимом с созданием необходимого подпора или разряжения как в отдельных «эксклюзивных» зонах (выставочный зал, Дворец бракосочетания, блоки ресторанов), так и комплекса «в целом».

Целью указанных решений является исключение (или существенное сокращение) неорганизованного движения внутреннего воздуха между отдельными функциональными зонами разновысотного комплекса и снижения объема наружного воздуха, поступающего через ограждающие конструкции здания за счет инфильтрации, ко-

торый увеличивается при экстремальных параметрах наружного климата.

Такие решения реализуются системами с переменным расходом воздуха с использованием регуляторов частоты на электродвигателях вентиляторов, применением регулирующих устройств на воздуховодах и регулируемых воздухораспределителей, клапанов VAV, а также разработкой соответствующих алгоритмов управления в составе систем автоматизации и диспетчеризации здания.

Для офисов башни приняты поэтажные системы кондиционирования воздуха с организацией воздухозабора и выброса на каждом этаже. Указанная схема поэтажной вентиляции позволяет усилить противопожарную безопасность офисной части башни и сократить потери площадей за счет уменьшения количества вертикальных коммуникаций инженерных систем (воздуховоды), а также повысить гибкость и надежность работы вентиляционного оборудования. Децентрализованная схема позволила практически отказаться от технических этажей и ограничиться локальными зонами для размещения теплообменников и насосов каскадных гидравлических систем водопровода, тепло- и холодоснабжения. Существенным достоинством представленной схемы является отсутствие необходимости наладки протяженных систем централизованной приточно-вытяжной вентиляции в пределах пожарного отсека, что по вертикали составляет более 50 м, отсутствие влияния естественного гравитационного перепада. Стоимость децентрализованных систем, как показывают расчеты, с учетом существенной экономии на воздуховодах не превышает стоимость центральных.

Для обеспечения внутреннего микроклимата для офиса класса «А» с учетом повышенной площади остекления (80 процентов) и технических требований к арендуемым помещениям принята система кондиционирования первого класса со средней необеспеченностью 70 ч/г при односменной работе в дневное время ( $K = 0,98$ ). Расчетные параметры приняты в пределах оптимальных, но с более жесткими требованиями по амплитуде колебаний температуры и относительной влажности воздуха:

- для температуры внутреннего воздуха  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- для влажности внутреннего воздуха  $\pm 5\text{ }\%$ .

Остекление здания выполнено с учетом высотности и таким образом, что исключается образование конденсата на внутренней поверхности остекления в холодный период года и обеспечивается температурный перепад между внутренним воздухом и температурой на внутренней поверхности ограждающих конструкций не более  $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  при температуре на внутренней поверхности стекла  $17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Деление этажа планируется максимум на двух арендаторов с устройством между ними герметичной перегородки. Окна – также герметичные без возможности естественного проветривания для обеспечения в офисах оптимальных параметров внутреннего микроклимата. С учетом требования резервирования приточно-вытяжных установок принято на каждую гермозону две приточные и две вытяжные установки, соответственно, на каждый этаж – по четыре установки (рис. 1).

Первоначальная схема организации воздухообмена, предложенная по опыту зарубежного проектирования методом перемешивающей вентиляции по схеме «снизу-вниз», была в последующем заменена схемой вытесняющей вентиляции «снизу-вверх» при сохранении архитектурно-планировочного решения с использованием фальшпола и обеспечении минимальной подвижности внутреннего воздуха в обслуживаемой зоне, что принципиально важно для обеспечения комфортных условий, особенно в холодный период года.

В соответствии с утвержденной технической концепцией каждый офисный этаж имеет фальшпол, пространство которого используется также для безвоздуховодной подачи приточного воздуха в обслуживаемую зону. Применение схемы вытесняющей вентиляции позволяет упростить и раскладку вытяжных воздуховодов. При таком решении перепланировка офиса происходит без капитальных переделок воздуховодов приточной и вытяжной систем, перекладки трубопроводов холодоснабжения и дренажа, а максимально быстро – простой заменой места установки блока приточной решетки.

В состав сборной конструкции входят: воздушный сменный фильтр, осевой вентилятор с регулируемым расходом, маломощный электрический зональный нагреватель и непосредственно воздухоораспределитель с шумоглушителем (рис. 3), что позволяет обеспечить реализацию схемы вытесняющей вентиляции с индивидуальным регулированием параметров воздуха, создать свой собственный микроклимат на каждом рабочем месте.

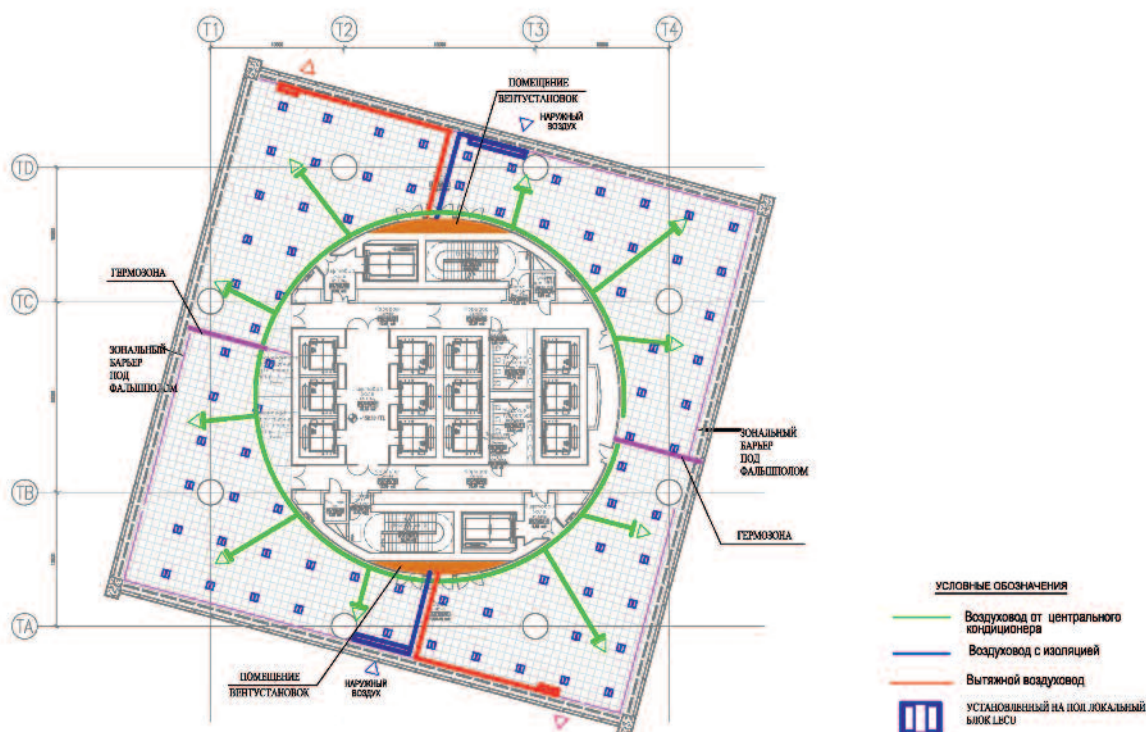
Изменение заданных индивидуальных параметров (температура, подвижность) возможно как с центрального зо-

нального пульта управления, так и с персонального компьютера на своем рабочем месте через BMS здания.

Архитектурно-конструктивная концепция предусматривает расположение залов Дворца бракосочетания во внутреннем объеме, сформированным наружными стеклянными поверхностями, из которых три – вертикальные и четвертая – горизонтальное покрытие. Столь значительная (100 %) площадь остекления (несмотря на компенсационные меры по снижению доли проникающей солнечной радиации включая использование тонированного стекла, вертикальных экранов, жалюзи) является причиной колоссальной тепловой нагрузки и, как следствие, приводит к перегреву верхней зоны с появлением обратной лучистой составляющей в тепловом балансе для залов Дворца бракосочетания. Схема организации воздухообмена в залах Дворца бракосочетания принята «снизу-вверх», вытесняющая, с напольными низкоскоростными воздухоораспределителями, обеспечивающими подвижность воздуха в рабочей зоне не более 0,2 м/с. Воздух вытесняется (удаляется) через клапаны в верхнюю часть внутреннего остекления. Воздухообмен в этой части здания решен совместной работой систем механической приточной вентиляции и естественной аэрации за счет гравитационного напора при установке управляемых воздушных клапанов в нижней и верхних частях вертикальных ограждающих конструкций.

В стилобате самостоятельные системы кондиционирования воздуха и приточно-вытяжной вентиляции предусмотрены для следующих функциональных и пожарных зон:

- выставочного зала (музея ММДЦ «Москва-Сити»);
- торговых зон (раздельные для каждой пожарной зоны);



■ Рис. 1. Раскладка воздуховодов в пределах фальшпола

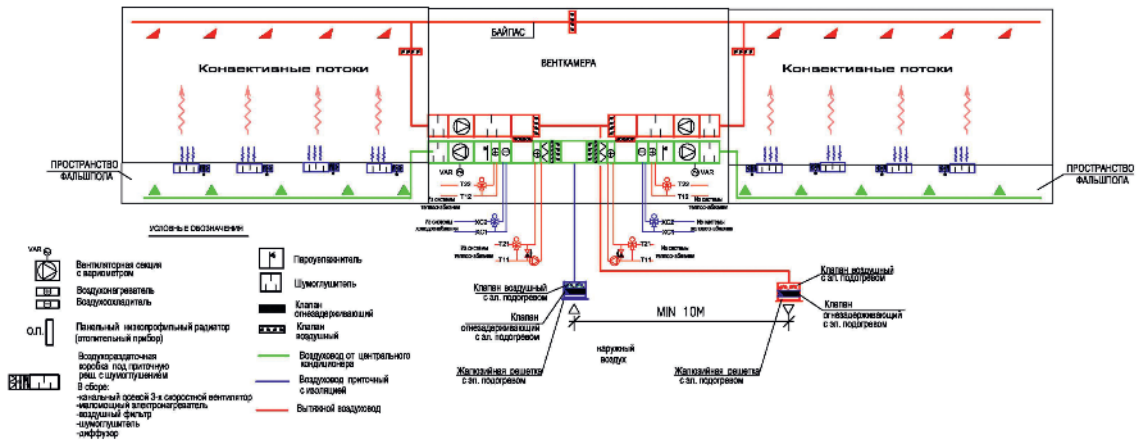


Рис. 2.

- залов ресторанов, кафе, производственных помещений кухни;
- торгового мола, входных групп;
- технических и вспомогательных помещений;
- трансформаторных и электрощитовых подстанций;
- подземной многоуровневой автостоянки.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха музея ММДЦ «Москва-Сити» обеспечивают стабильное круглосуточное и круглогодичное поддержание заданных технологических параметров музейного микроклимата, включая температуру внутреннего воздуха, его влажность и подвижность. Система кондиционирования музея построена на базе современных схем с переменным расходом воздуха и использует оптимизирующие алгоритмы при определении динамических уставочных значений температуры, влажности и подвижности внутреннего воздуха для текущих условий, что исключает даже краткосрочный выход результирующих значений контролируемых параметров из зоны допустимых значений при переменных нагрузках: от минимальных в ночной период до предельных – с максимальным поступлением влаги и тепла при использовании залов для презентаций с большим числом посетителей и интенсивной работой осветительных приборов.

Для залов ресторанов предусмотрены системы центрального кондиционирования, производительность которых определена из условия ассимиляции тепло- и влаговыведения. Зоны ресторанов и кафе расположены в разных пожарных отсеках и обслуживаются самостоятельными приточно-вытяжными установками. Для исключения распространения неприятных запахов от блоков ресторанов и горячих цехов предусмотрен дисбаланс – превышение объема удаляемого воздуха над приточным для реализации организованного перетекания внутреннего воздуха и локализации запаха, влаги или избыточного тепла.

Помещения магазинов оснащаются системами механической приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающими по-

дачу и удаление воздуха в объеме санитарной нормы наружного воздуха на каждого посетителя и обслуживающего персонала. Поддержание требуемой температуры в каждом торговом помещении обеспечивается установкой индивидуальных вентиляторных доводчиков канального типа, работающих по двухтрубной схеме. Для помещений значительного объема (атриум, торговый мол, входные группы) использована современная сопловая раздача приточного воздуха.

Для входных групп комплекса кроме стандартной установки воздушно-тепловых завес предусмотрен изменяемый контролируемый дисбаланс воздуха и дополнительные компенсационные решения по снижению объемов неорганизованного наружного воздуха, поступающего через открываемые двери.

С учетом наблюдения стабильно высоких температур наружного воздуха в теплый период, превышающих значение 30 °С, к реализации принята схема с охлаждением приточного воздуха для обдува трансформаторов – технологическое кондиционирование, что исключает аварийные ситуации от перегрева трансформаторов при пиковых электрических нагрузках от той же системы кондиционирования воздуха при высоких температурах наружного воздуха, превышающих расчетные значения.

Согласно архитектурно-конструктивным решениям каждый этаж офисной части развернут по отношению к соседнему на 3 градуса. В этом случае каждый уровень имеет свои расчетные пиковые значения поступления тепла от солнечной радиации и, соответственно, часы достижения максимума (рис. 4).

Технические решения, принятые для высотной офисной части комплекса, позволили при круглогодичном функционировании системы кондиционирования, отказаться от работы основного холодильного центра в холодный, переходный и частично теплый периоды года, максимально используя эффект «свободного» охлаждения. В свою очередь это позволило максимально сократить необходимые площади

для размещения наружных блоков холодильных машин и увеличить тем самым полезную площадь этажей, значительно снизить стоимость оборудования системы холодоснабжения, резко сократить величину потребляемой электроэнергии и повысить показатели энергоэффективности проекта.

С учетом очередности строительства принята единая схема холодоснабжения комплекса в составе двух холодильных центров: основного на 14,5 МВт, функционирующего в теплый период года при температуре наружного воздуха выше 18 °С для высотной части объекта, и дополнительного на 2 МВт для зоны стилобата (рестораны, музей, магазины, серверные) с круглогодичным функционированием. Столь высокий порог включения в работу основного источника холода обусловлен выбором вентиляции для офисов и Дворца бракосочетания схемы «вытесняющей» с более высокой расчетной температурой приточного воздуха.

Компоновка двух холодильных центров и наличие адаптированных к предложенной схеме программ управления в составе выделенных контроллеров локальной системы автоматизации работы оборудования позволяют оптимизировать работу данного оборудования, иметь высокий КПД при различной нагрузке. Предложенная схема холодоснабжения с переменным расходом холодоносителя позволяет для выделенных помещений (выставочный зал музея, серверные, технологическое охлаждение ГРЩ и пр.) иметь гарантированный коэффициент обеспеченности 1,0 даже при превышении параметров наружного воздуха над расчетными значениями за счет перераспределения холодильной мощности между потребителями.

Система холодоснабжения многофункционального комплекса объединяет разнохарактерных по режиму работы и требуемой степени обеспеченности потребителей.

Системы автоматизации и центрального управления кроме решения стандартного набора задач также обеспечивают приоритетное тепло- и холодоснабжение центральных кондиционеров и отдельных контуров с более высоким коэффициентом обеспеченности при аварийных ситуациях, связанных с выходом из рабочего состояния части оборудования, или недоборе мощности при превышении фактических температурных и прочих параметров наружного воздуха над расчетными при неблагоприятных метеорологических условиях.

Системы тепло- и холодоснабжения для высотной части комплекса – каскадные, с разбивкой на отдельные гидравлические зоны, что позволяет использовать оборудование со стандартными техническими характеристиками.

Для обеспечения оптимальных параметров внутреннего микроклимата офисной высотной части комплекса с контролем верхнего предела влажности не более 60 % в теплый период года предусмотрена конденсация избыточной влаги в приточном наружном воздухе на воздухоохладителе с последующим догревом в калорифере второй ступени. На конденсацию требуется дополнительно от 30 до 40 % холодильной мощности при круглогодичном функционировании системы теплоснабжения. В проекте

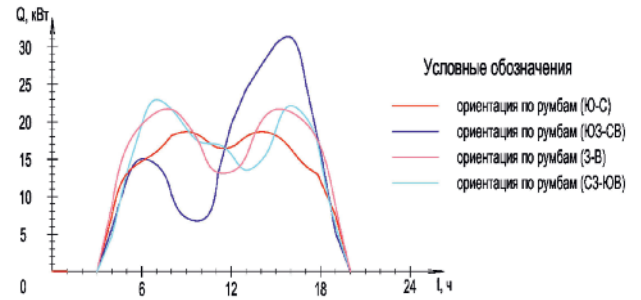


Рис. 3.

использована утилизация низкопотенциального тепла от холодильных машин в системе теплоснабжения центральных кондиционеров в теплый период года. Это позволяет не только повысить показатели энергоэффективности проекта, но также дополнительно снизить расчетные мощности и требуемые площади для открытых градирен, отказаться от установки электрических бойлеров в системе теплоснабжения.

Используемая схема холодоснабжения и кондиционирования высотной части комплекса позволяет исключить эффект «парения» и образования наледи над конденсаторными блоками, градирнями и вентиляционными решетками.

Таким образом, в проекте высотного многофункционального комплекса с Дворцом бракосочетания и подземной автостоянкой использованы как стандартные, многократно использованные эффективные проектные решения, так и современные схемы вытесняющей вентиляции, системы холодоснабжения, управления воздушно-тепловым режимом отдельных помещений и комплекса в целом. Состав инженерного оборудования и инженерно-технологические решения, применяемые в рамках реализации проекта, позволяют причислить его к проектам класса «А».

В рамках настоящей статьи рассмотрена только часть проблем, связанных с проектированием систем отопления, вентиляции, кондиционирования, тепло- и холодоснабжения высотного многофункционального комплекса. В последующем будет дана более детальная информация по отдельным элементам инженерных систем, схемам и алгоритмам построения системы управления как отдельных элементов, узлов, так и по взаимодействию отдельных систем. Примером такого взаимодействия может служить перевод систем общеобменной приточно-вытяжной вентиляции высотной части при возникновении чрезвычайной ситуации (пожар) в режим создания искусственного дисбаланса в смежных с пожаром зонах (отсеках) для уменьшения эффекта каминной тяги. Тем более, что приточные и вытяжные установки могут обеспечить расход более 1 млн м<sup>3</sup>/ч при достаточном избыточном давлении. При отсутствии компенсационных проемов в высотной части здания и наличии герметичного остекления следует обратить внимание на необходимость обеспечения баланса при включении систем противодымной вентиляции (подпор и дымоудаление) как в режиме ЧС, так и при периодическом опробовании (испытании) указанных систем. ■