

УДК 697.13

Е.Н. БОЛОТОВ, главный инженер ООО «ВАК-инжиниринг» (Москва)

Влияние организации воздухообмена на нормируемые параметры внутреннего воздуха в высотном здании

Определены пути снижения суммарных пиковых и годовых тепловых и холодильных нагрузок в высотном здании при наличии буферных промежуточных зон. По результатам моделирования режимов работы инженерных систем в испытательном павильоне определено влияние различных схем организации воздухообмена на нормируемые параметры.

Ключевые слова: высотное здание, вытесняющая вентиляция, активная охлаждающая балка, испытательный павильон, математическое моделирование.

Реализация проектов высотных зданий, а это, как правило, современные многофункциональные комплексы, требует создания систем комфортного кондиционирования с поддержанием оптимальных параметров внутреннего воздуха с повышенным коэффициентом обеспеченности.

Однако практика применения современных фасадных конструкций с высокой долей остекления приводит к возникновению экстремальных условий для систем комфортного кондиционирования с нарушением заданных параметров.

При постоянном улучшении теплотехнических показателей современных фасадных конструкций их термическое сопротивление остается на уровне меньше нормируемой величины, которая необходима для наружной ограждающей конструкции, защитные теплотехнические функции которой эта фасадная конструкция собственно и реализует,

в том числе и при 100% остеклении. В любом случае присутствует существенный рост потерь тепла через ограждающие конструкции и, соответственно, увеличение нагрузки на систему отопления здания, снижение температуры на внутренних поверхностях.

Безусловно удельные капитальные затраты на реализацию проекта высотного комплекса существенно выше, чем для стандартных зданий. Соответственно повышаются и требования к внутреннему микроклимату. Офисные помещения классифицируют, как правило, по уровню «А» или «А+». При отсутствии четкого определения высшего класса для инженерных систем, тем не менее, не подлежит сомнению необходимость обеспечения температурно-влажностного режима по оптимальным параметрам: в теплый период $t_{вн.} = 23 \pm 1^\circ\text{C}$, $\phi = 60\text{--}30\%$; в холодный период $t_{вн.} = 20\text{--}22^\circ\text{C}$, $\phi = 45\text{--}30\%$.

Обеспечение оптимальных параметров микроклимата подразумевает поддержание влажности внутреннего воздуха в холодный и переходный периоды года выше 30%, что в свою очередь требует, как правило, дополнительного постоянного увлажнения приточного воздуха, подаваемого в помещение. Соответственно, температура на внутренней поверхности остекления должна быть выше точки росы. В противном случае на поверхности фасадной конструкции возможно выпадение конденсата.

Для высотного здания характерен большой перепад давления на наружных и внутренних поверхностях фасадных конструкций. Его величина определяется ветровым напором [1], значительным на больших высотах, и статическим перепадом давления, определяемым высотой здания и разностью плотностей наружного и внутреннего воздуха (рис. 1).

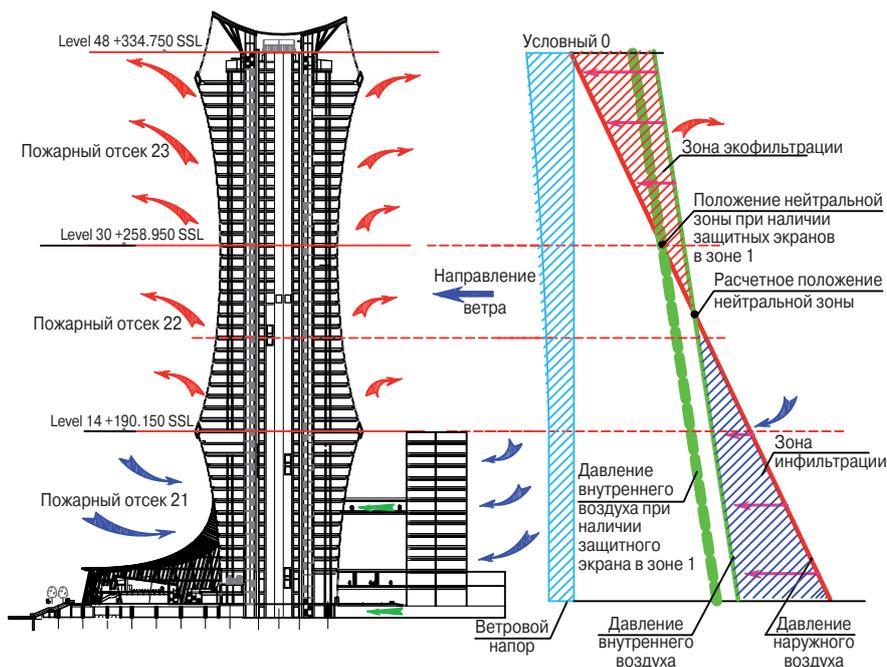


Рис. 1. Эюра давления

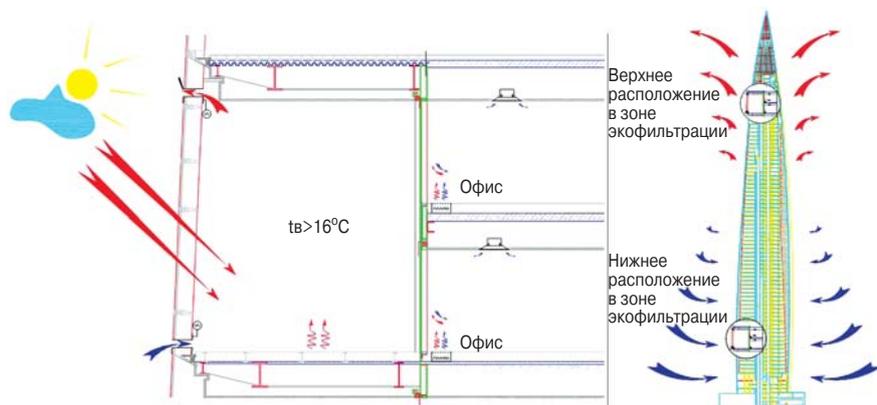


Рис. 2. Использование аэрации для снятия теплоизбытков от солнечной радиации в буферной зоне высотного здания

Сопротивление воздухопроницанию современных фасадных конструкций велико. Однако значительная поверхность остекления и большой перепад давления приводят к большому суммарным расходам и большие суммарные расходы холодного наружного воздуха на инфильтрацию и, соответственно, эксфильтрацию внутреннего влажного воздуха через конструкции остекления. Соответственно требуется дополнительная тепловая мощность отопительных приборов, прежде всего установленных в нижней зоне высотного здания.

Таким образом, внедрение в практику современных фасадных конструкций со значительным процентом остекления даже при высоких теплотехнических показателях для высотных зданий приводит к росту тепловых и холодильных нагрузок, создает дискомфорт в наиболее «элитной» зоне вблизи оконных проемов, приводит к опасности появления конденсата и обмерзания.

Логичным для высотного здания является предложение по размещению между наружным фасадом и обслуживаемым помещением, где поддерживается оптимальный режим, промежуточной буферной зоны, не предназначенной для постоянного пребывания людей, но в которой можно разместить зимний сад, зону отдыха и т. п. (рис. 2). Параметры внутреннего воздуха в этой зоне могут отличаться от оптимальных значений, с понижением температуры в холодный период и возможным ее повышением в солнечные дни в теплый период.



Рис. 3. Экспериментальная охлаждающая балка

Увеличение ширины буферной зоны, т. е. воздушной прослойки, не снижает потери тепла зданием [2], однако в холодный период года наличие промежуточной буферной зоны с позитивным избыточным давлением по отношению к внутреннему объему с подачей «сухого» приточного воздуха, позволит исключить появление конденсата и возможное обмерзание и существенно снизить эксплуатационный расход тепла за отопительный период.

Значительную долю в суммарной холодильной нагрузке современного высотного здания составляет тепло, поступающее от солнечной радиации. Наличие промежуточной зоны также

позволяет применить недопустимое для стандартных условий решение по использованию естественной аэрации в высотном здании для снятия теплоизбытков от солнечной радиации, локализованных в буферной зоне [2].

Для компенсации пиковых значений поступления тепла от солнечной радиации в зонах, примыкающих к наружным фасадам как в буферной, так и в обслуживаемой зонах, целесообразно устройство периметральных систем охлаждения, которые могут быть объединены с системой отопления применением современного оборудования типа напольных конвекторов.

В ясные дни в холодный и переходный периоды года буферная зона служит для аккумуляции солнечного тепла с последующей утилизацией в системе отопления и теплоснабжения приточных вентиляционных установок, что дает более чем ощутимый эффект экономии тепла в годовом цикле работы системы теплоснабжения.

При компоновке инженерных систем, решающих задачи утилизации тепла, необходимо учитывать переменный характер нагрузок по часам суток в зависимости от ориентации, в том числе и переменный угол облученности фасадных конструкций в зависимости от времени года.

Таким образом буферная зона способна «генерировать» тепло в холодный и переходный периоды года и «сбрасывать» избыточное тепло в атмосферу при естественном проветривании без применения холодильных машин, что в свою очередь может дать снижение почти в два раза установленной мощности холодильного оборудования, соответственно и снижение установленной и потребляемой электрической мощности, веса и стоимости оборудования, необходимой площади для его размещения, места для инженерных коммуникаций, что особенно актуально для высотных зданий.

Наиболее сложным и дорогостоящим в создании внутреннего микроклимата является обеспечение оптимальных параметров по влажности внутреннего воздуха. В холодный период года используют увлажнители, как правило, в составе приточных установок, позволяющие повысить влагосодержание сухого наружного воздуха, подаваемого в помещение. В теплый период года при параметрах наружного воздуха, близких к расчетным, наблюдается повышенное содержание влаги. В этом случае для достижения оптимальных параметров требуется удалить избыток влаги из приточного воздуха его охлаждением до температуры 12–14°C с последующим нагревом в калорифере второго подогрева до температуры приточного воздуха.

Исключение глубокого охлаждения при обработке приточного воздуха в центральном кондиционере с последующим нагревом в калорифере второго подогрева дает с одной стороны ощутимую экономию по требуемой холодильной мощности на 30–40%, с другой – переводит систему кондиционирования в другой класс по обеспеченности с увеличением продолжительности часов с превышением влажности внутреннего воздуха не только над оптимальными, но и допустимыми значениями. Отсутствие в высотном здании возможности открывания наружных окон и фрамуг для проветривания при повышенной влажности внутреннего воздуха весьма серьезно влияет на оценку работы системы кондиционирования.

Отсутствие второго подогрева с глубоким охлаждением в приточном кондиционере исключает достижения оптимальных параметров даже для расчетных условий при применении в качестве зональных доводчиков фэн-койлов ввиду отсутствия возможности интенсивной конденсации избыточной влаги из-за их конструктивных особенностей. В ряде случаев возможно и превышение допустимых значений по влажности внутреннего воздуха даже при температурах наружного воздуха ниже расчетной при наличии собственных поступлений влаги от людей. В силу указанных и ряда других причин применение фэн-койлов для создания комфортных условий ограничено.

Для создания оптимальных параметров по температуре и особенно влажности внутреннего воздуха, его подвижности, более гибкому управлению параметрами в последнее время широко применяют активные охлаждающие балки. Дополнительным фактором в пользу применения активных балок служит минимальный уровень генерируемого шума, а также возможность задавать его уровень от минимального, не более 20 дБ; а до оптимального – с точки зрения стоимостных показателей. Важным фактором является и способность вписаться во внутренний интерьер при широком спектре выпускаемого оборудования. На рис. 3 представлена экспериментальная охлаждающая балка размером 600×600 с встроенными светильниками.

Применение активных охлаждающих балок как более современного и прогрессивного решения по обеспечению комфортных условий требует контроля влажности с подачей в балку ранее осушенного приточного воздуха.

Широкие возможности для создания оптимального внутреннего микроклимата в сочетании с обеспечением индивидуального регулирования параметров внутреннего воздуха, задаваемых с персонального компьютера, даже в офисе типа «open space» имеет вытесняющая вентиляция с организацией воздухообмена по схеме «снизу-вверх» [4]. При наличии фальшпола возможна безвоздуховодная раздача приточного воздуха с гибкой системой оперативной замены местоположения напольной приточной решетки с

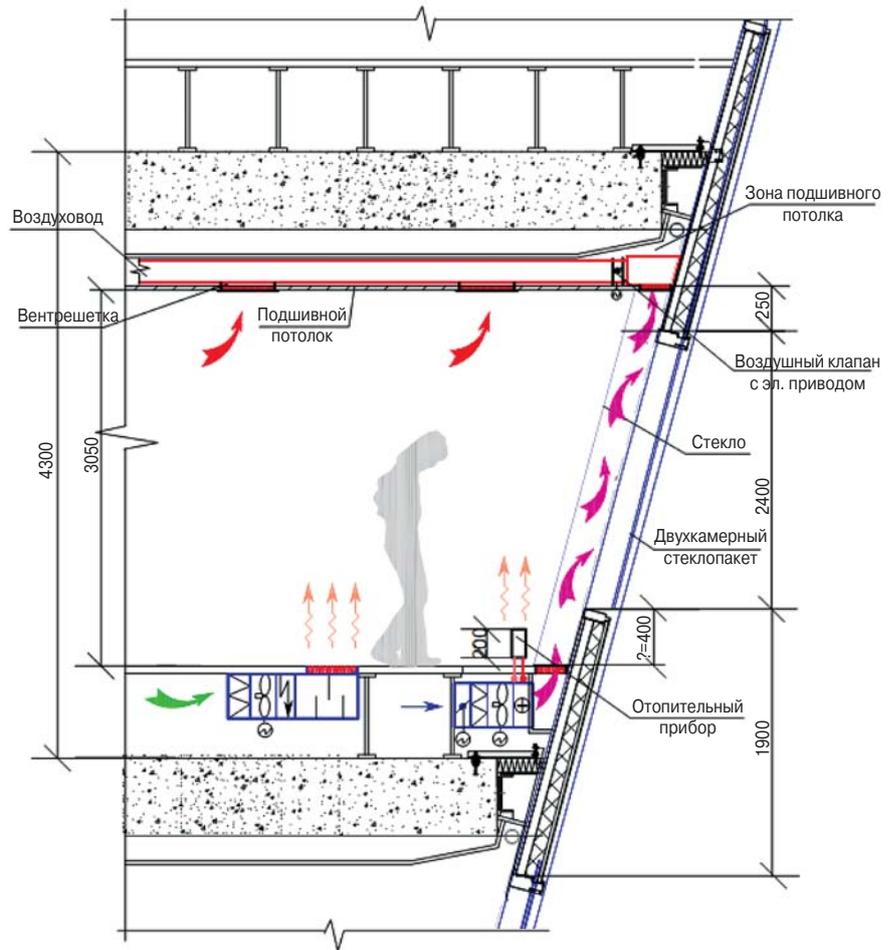


Рис. 4. Потажная вытесняющая вентиляция

доводчиком. В составе доводчика присутствует кроме приточной решетки вентилятор, воздушный фильтр и маломощный электронагреватель (рис. 4). В отличие от перемещающей стандартной схемы организации воздухообмена по схеме «сверху-вверх» вытесняющая вентиляция реализует почти мгновенное изменение влажности внутреннего воздуха, что крайне актуально для высотного здания при реализации концепции контроля и управления влажностью внутреннего воздуха в том числе для исключения процес-



Рис. 5. Испытательный навильон

сов конденсации и обмерзания на внутренних поверхностях фасадных конструкций [5].

Получение надежного качественного решения по инженерным решениям высотного здания, тем более оптимизация энергетических, технических, конструктивных и стоимостных показателей требует проведения большого количества расчетов, связанных с формированием и сравнением вариантов технических решений по большому ряду показателей. Это в свою очередь возможно только при комплексном моделировании режимов работы систем.

Моделирование включает получение технических показателей по потребляемой мощности (тепловой, холодильной и электрической, а также воды для увлажнителей и градирен) не только для расчетных условий в теплый и холодный периоды, но и за весь годовой цикл по различным вариантам компоновки систем тепло- и холодоснабжения, вентиляции и кондиционирования [6].

Для выбора оптимального варианта технические показатели должны быть дополнены стоимостными, включая первоначальную стоимость оборудования и материалов и, безусловно, эксплуатационными затратами с учетом экономии тепловой и электрической энергии за счет утилизации низкопотенциального тепла вентиляционных выбросов, дополнительного тепла от солнечной радиации в холодный и переходный периоды года, оптимизации режимов работы холодильных машин в системе холодоснабжения при переменной нагрузке в годовом цикле, утилизации тепла от холодильных машин в системе теплоснабжения, использование потенциала «свободного холода» и т. п.

Моделирование тепло-влажностного режима в различных зонах высотного здания при наличии промежуточных буферных зон, как представлено на рис. 1 при разных способах организации воздухообмена (активными охлаждающими балками или вытесняющей вентиляцией) было выполнено в испытательном павильоне (рис. 5).

При проведении серии испытаний с моделированием внутреннего режима в зоне эксфильтрации влажного внутреннего воздуха, характерной для верхней части высотного здания, с созданием соответствующих перепадов давления внутреннего и наружного воздуха, при относительно низкой температуре наружного воздуха на внутренней поверхности фасадной конструкции в буферной зоне произошло выпадение конденсата. Одной из задач, решаемой в ходе испытаний, являлось разработка компенсационных мероприятий для исключения конденсации на фасадных конструкциях с возможным последующим обледенением и отладка энергоэффективных решений (алгоритмов) управления воздушно-тепловым режимом буферных промежуточных зон.

Для исключения конденсации были отработаны варианты: перегрев внутреннего воздуха, обогрев внутренней поверхности фасадной конструкции инфракрасными излучателями, создание подпора в буферной зоне при подаче небольшого объема сухого наружного воздуха.

Последний вариант в сочетании с минимальным периметральным обогревом дал наилучший эффект при наименьших затратах тепловой энергии.

Наименьшие энергетические затраты имеет вариант вытесняющей вентиляции, позволяющий при переменных нагрузках обеспечить оптимальные параметры в отдельных локальных зонах с контролем влажности внутреннего воздуха исключая перемешивание во всем внутреннем объеме помещений.

Системный анализ круглогодичного функционирования систем обеспечения внутреннего микроклимата невозможен без рассмотрения альтернативных вариантов решений с получением всего комплекса технических показателей, что и было выполнено предварительно с применением методов математического программного моделирования. Следующим логическим этапом являлось сравнение полученных результатов и доработка алгоритмов управления комплексом инженерных систем на испытательном павильоне.

Список литературы

1. Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Леденев П.В. Аэродинамические характеристики зданий для расчета ветрового воздействия на ограждающие конструкции / *Жилищное строительство*. 2010. № 1. С. 10–12
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М: Высшая школа, 1982. 415 с.
3. Болотов Е.Н. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий и сооружений // *Российская архитектурно-строительная энциклопедия*. Т. 13. «Строительство высотных зданий и сооружений». Москва. 2010. С. 414–432
4. Скистад Х. (редактор), Мундт Э., Нильсен П., Хангстрем К., Райлио Й. Вытесняющая вентиляция в производственных зданиях. Справочное руководство RENVA. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 104 с.
5. Болотов Е.Н., Саложникова А.Б. Многофункциональный высотный комплекс (Сити Палас) // *АВОК*. 2008. № 8. С. 62–68.
6. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Стройиздат, 1990. 300 с.