

Новый лондонский король

A. Field

Речь идет вовсе не о новом монархе подданных Британской Короны, а о новом здании в Лондоне, построенном по проекту известного архитектора Нормана Фостера, где разместилась компания «Swiss Re» — вторая в мире по величине страховая компания.

Это здание знаменует собой решительный разрыв с традиционной архитектурой. Архитектурную революционность здания дополняет применение новейших инженерных решений и систем ОВК с низким энергопотреблением и, следовательно, минимальным отрицательным воздействием на окружающую среду.

Круглая в сечении, полностью остекленная 40-этажная конструкция взметнулась на высоту 180 м над землей в финансовом центре Лондона.

Здание «Swiss Re» построено в форме сигары, методом «дайэгрид» (от англ. «diagrid» — диагонально-сетчатый). Опорный каркас выполнен из стальных труб, пересекающихся по треугольной схеме. Здание имеет в основании сечение 49 м, увеличивающееся затем до 57 м на уровне 17-го этажа и постепенно уменьшающееся до 26 м к 39-му этажу. Сверху здание покрыто стеклянной «линзой», имеющей форму полусферы. И это единственный компонент остекления, для которого потребовалось гнутое стекло, — на основной конструкции к раме крепится плоское листовое стекло.

В здании «Swiss Re» под офисы отведены 33 этажа общей площадью 46 000 м², которые рассчитаны на 4 000 сотрудников и посетителей. Сама компания «Swiss Re» оставила себе со 2 по 15 этажи, с 16 по 32 этажи займут арендаторы. На верхних этажах расположится ресторан — самый высокий в Лондоне (165 м от земли), а под куполом — зал приемов с уникальной панорамой города с высоты птичьего полета. Межэтажные перекрытия сделаны из бетона, уложенного на металлические конструкции, поверх которого на 150 мм надстроены полы. В подпольном пространстве проложены электрические провода, силовой кабель и телекоммуникационные сети. Средняя высота потолков составляет 2,75 м.

Площадь помещений определяется в первую очередь этажом, где они расположены. На самом деле расстояние от фасада до центрального ствола башни варьируется от 6 до 13,5 м в самой высокой точке. В силу высокой боковой устойчивости, обусловленной диагонально-сетчатым каркасом, центральный ствол башни рассчитан только на статическую нагрузку и состоит из локализованных диагональных конструкций. Первый этаж фактически занимает пространство двух этажей. Помимо входа в здание здесь располагаются различные магазины. При желании арендатора проект предусматривает возможность дополнительно оборудовать в помещении низкий полуэтаж. Снаружи башни по кругу вымощена панорамная площадь.



Проект, разрабатывавшийся в рамках четкого предписания заказчика — крупнейшей швейцарской страховой группы «Swiss Re», принадлежит перу, а точнее карандашу архитектора Нормана Фостера (Norman Foster), предложившему весьма неординарное решение, при котором архитектурная составляющая тесно переплетается с использованием энергии окружающей среды.

Двойная стеклянная оболочка, световые шахты, возможность использования естественной вентиляции в течение почти 40 % календарного года — все это послужило основой для переоценки роли инженерных систем, которые в этом проекте большую часть времени работают в гармонии с природой.

Новый проект Нормана Фостера является отличным подтверждением насущной сегодня потребности в теснейшей связи архитектора и инженера-проектировщика систем обеспечения микроклимата на самых первых этапах разработки проекта. Такая связь является залогом обеспечения гармонии между строительным объектом и естественной природной средой, ставшей неотъемлемым фактором современного строительства.

Взаимодействие с окружающей средой

Компания «Swiss Re» с большим вниманием относится к проблеме сохранения гармонии между строительным объектом и естественной природной средой, вопросам качества, сокращения энергозатрат и минимизации вредных выбросов в атмосферу. Это ключевые факторы, которые легли в основу разработки проекта здания и предоставляемых им услуг. Инженеры-консультанты работали в тесном контакте с архитекторами проекта на начальном, концептуальном этапе разработки для согласования общих подходов к экологическим характеристикам здания. На последующих этапах были подготовлены проекты инженерных и электрических сетей, водопроводных сетей питьевой и санитарной воды, системы противопожарной безопасности и энергетического управления зданием.

Во многих случаях те или иные решения принимались на основании компьютерного моделирования, в частности, компьютерного моделирования аэро- и гидродинамики здания и термодинамического моделирования здания как единой энергетической системы.



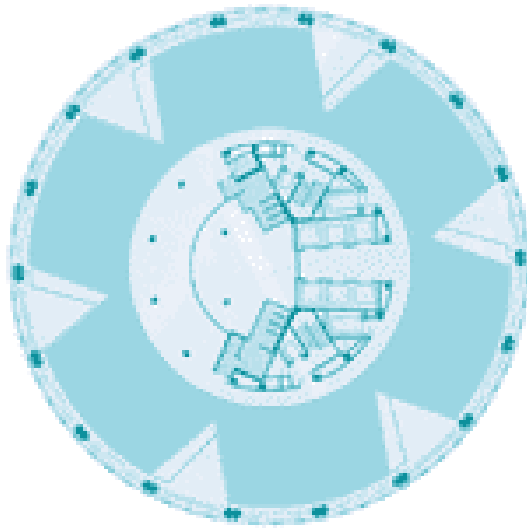
Фрагмент вестибюля башни «Swiss Re». На снимке хорошо виден диагонально-сетчатый каркас из стальных труб.

Одна из проблем, вызвавших достаточно серьезные споры на первом этапе разработки проекта, — как ослабить сильное солнечное излучение, проникающее через сплошное остекление фасада, и как одновременно сохранить естественное освещение, чтобы не прибегать к избыточному использованию искусственного света. Проблему решили путем комбинирования особенностей каркаса башни: конструкция с двойной «оболочкой» и организация световых шахт по краям. В результате здание получило фасад, обеспечивающий максимальное прохождение естественного света и подчеркивающий его оригинальность.



Фрагмент ресторана, расположенного на последнем этаже здания «Swiss Re». Хорошо видна диагонально-сетчатая структура из стальных труб. Это единственное место, для которого потребовалось гнутое стекло, образующее стеклянный купол башни.

Основу фасада составляют три базовых элемента: первые два — наружная оболочка из двойного стекла с низкой излучательной способностью и внутреннее остекление, расположенное на расстоянии 1–1,4 м от наружного. Третий элемент — это система механических козырьков, находящихся между оболочками и образующих воздушные камеры. Регулирование угла наклона козырьков осуществляется системой энергетического управления зданием в соответствии с сезонным изменением положения солнца. Таким образом оптимизируется количество естественного света. В основе программного обеспечения, применяемого в системе энергетического управления зданием, лежат модели слежения за положением солнца на небесной сфере. Световые шахты, или как их еще называют «легкие» башни, устроены для того, чтобы дать больше естественного света во внутренние помещения. Кроме того, посредством механически открывающихся окон световых шахт обеспечивается естественная вентиляция.



Типовой поэтажный план — 26-й этаж. В центре – ствол, где проложены инженерные магистрали. Помещения, сдаваемые в аренду, планируются в соответствии с пожеланиями арендаторов.

Проектом предусмотрены шесть световых шахт треугольного сечения на каждом этаже. Каждая световая шахта имеет принудительно открываемую поверхность площадью около 4 м^2 , т. е. общая открываемая площадь поверхности для естественной вентиляции составляет до 24 м^2 на этаж. На фасаде световых шахт применено более темное остекление по сравнению с обычным офисным остеклением для снижения солнечного облучения. Каждая световая шахта смещена на 5° по окружности относительно аналогичной шахты нижнего этажа. Отсюда при взгляде на башню снаружи создается эффект цветных полос, спирально опоясывающих башню снизу доверху, что придает зданию абсолютную уникальность. Участки под световыми шахтами могут использоваться в качестве конференц-залов либо для размещения офисного оборудования (фотокопировальных машин, раздатчиков питьевой воды и пр.).



Фрагмент вентиляционных каналов системы приточной вентиляции на участке фасада башни на одном из этажей.

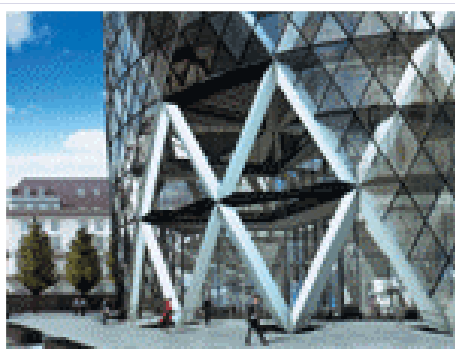
Естественная вентиляция

Очевидно, в здании такого типа, имеющем сплошное 100%-е остекление, с существенной плотностью тепловой нагрузки, обусловленной сосредоточием офисного оборудования, не обойтись без системы кондиционирования воздуха.

Разработчики остановили свой выбор на системе вентиляции смешанного типа, когда при всякой возможности используется естественная вентиляция. Моделирование на компьютере ветрового режима вокруг башни показало, что большую часть календарного года имеет место перепад давлений с наветренной и заветренной сторон здания, достаточный для того чтобы работала система естественной вентиляции перекрестного течения с применением открываемых окон световых шахт.

Открывание окон и ширина такого открывания рассчитываются системой энергетического управления зданием по показаниям, снимаемым с датчиков, установленных по всему зданию.

Что это за датчики? — анемометры для измерения скорости и направления ветра; пиранометры для измерения интенсивности солнечной радиации; датчики для измерения температуры наружного воздуха; приборы для измерения объемов дождевых осадков.



Вид снаружи на башню «Swiss Re». Хорошо видна ромбовидная структура здания со сплошным остеклением.

Немаловажная функция световой шахты в режиме обеспечения естественной вентиляции заключается в том, что шахта работает как накопитель-посредник, своего рода успокоительная камера, где скорость поступающего воздушного потока снижается перед тем, как воздух поступит в рабочие помещения.

На этапе проектирования здания фактическая планировка помещений арендаторов еще не была известна. Площади могли арендоваться целыми этажами либо делиться на модульные офисы и сдаваться одному или нескольким арендаторам. Степень влияния различных планировок помещений на конфигурацию воздушных потоков при охлаждении естественной вентиляцией изучалась посредством компьютерной гидродинамики, в различных комбинациях открытого пространства и модульных офисов. Результаты расчетов показали, что в течение 40 % времени естественная вентиляция может использоваться в дополнение к системе кондиционирования воздуха и в определенные периоды может выступать единственной формой охлаждения воздуха для определенных участков здания.



Пример вентиляторного конвектора, установленного за подвесным потолком. Со 2 по 15 этажи, занимаемые компанией «Swiss Re», в стандартном оснащении поставляются 36 вентиляторных конвекторов на этаж и 6 узлов воздухоподготовки, наружный воздух в которые поступает из воздушной прослойки между стеклянными оболочками здания.

Кондиционирование воздуха

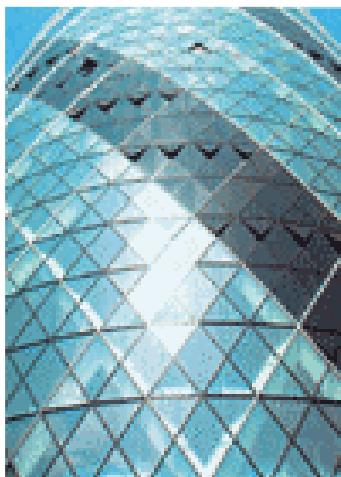
На этапе проектирования здания рассматривались различные варианты устройства системы кондиционирования воздуха.

Перед разработчиками стояла следующая альтернатива — система центрального кондиционирования с вертикальной разводкой распределения воздуха на каждом этаже либо децентрализованная сеть с независимыми узлами воздухоподготовки на каждом этаже, с забором наружного воздуха непосредственно с фасада здания.

Возможность применить эти системы в комбинации с пассивным охлаждением, например, охлаждающими балками либо потолками, сразу исключалась из-за риска образования конденсата на тех участках здания, которые находятся в режиме только естественной вентиляции. На самом деле здание в целом ни при каких обстоятельствах не сможет остаться с одной лишь только естественной вентиляцией, поскольку для внутренних модульных офисов всегда будет требоваться дополнительное поступление охлажденного воздуха.

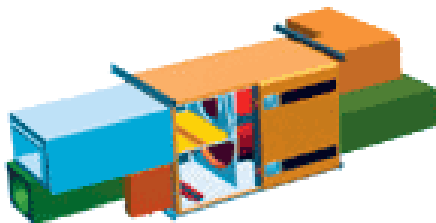
В итоге выбор был сделан в пользу децентрализованной сети, объединяющей узлы воздухоподготовки с вентиляторными конвекторами, предусмотренными для рециркуляции. Такое решение освобождает от необходимости прокладывать вертикальные каналы большого сечения для подачи и отвода воздуха для внутренних помещений. При этом существенно сокращается энергопотребление в целом, поскольку каждый этаж (либо часть этажа) оказывается автономным в плане регулирования своих удельных расходов на кондиционирование и отопление независимо от здания в целом.

Объемы наружного воздуха, обрабатываемого узлами воздухоподготовки, определяются из расчета 12 л/с (43,2 м³/ч) на человека с коэффициентом заполняемости 1 чел. на 10 м² площади этажа. Это значение является базовым, рекомендуемым Ассоциацией инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционирования воздуха Великобритании (CIBSE — Chartered Institution of Building Services Engineers) и объединением BRE (Building Research Establishment) для помещений, где не разрешено курить. Тем не менее проект предусматривает достаточный запас мощности по отоплению/кондиционированию, позволяющий при необходимости на 50 % увеличивать подаваемые объемы воздуха, например, в периоды наплыва посетителей, а также на случай, если в будущем будут ужесточаться нормативные требования в части обеспечения вентиляции зданий и сооружений.



Наружное остекление здания. Видны треугольные окна световых шахт с механическими приводами, предусмотренные для использования в системе вентиляции.

Общей чертой систем, предусмотренных проектом, является использование в качестве воздушного канала воздушной прослойки между двумя слоями остекления, которая оснащена козырьками регулирования солнечного облучения. Имеющиеся здесь в верхней части воздушные камеры действуют как приточные. Узлы воздухоподготовки с вентиляторными конвекторами смонтированы над подвесными потолками. По фактическому числу агрегатов и рабочим режимам возможны варианты по функции вытяжки. В известной степени они определяются специфическими потребностями пользователей. Проект допускает установку одного единственного узла централизованной воздухоподготовки на этаж. В этом случае система удаления воздуха независима от узла воздухоподготовки и обеспечивается шестью специальными вытяжными вентиляторами. Такое решение, скорее всего, и будет востребовано большинством арендаторов, хотя на своей половине компания «Swiss Re» распорядилась иначе.



Трехмерная схема узла воздухоподготовки для этажей, оборудованных ротационным регенератором тепла.

Здесь по шесть узлов воздухоподготовки на каждом этаже. Каждый из них забирает воздух из трех приточных камер, точнее из двух, поскольку третья установлена как резервная на случай 50%-го избыточного роста расхода воздуха. Подготовленный воздух подается по воздуховодам на вентиляторные конвекторы, причем зимой он дополнительно увлажняется. На этажах «Swiss Re» все агрегаты оснащены ротационным регенератором тепла и включают в себя вытяжную секцию. Они забирают наружный воздух из вентилируемой полости фасада через две приточные камеры. На каждый сегмент этажа между двумя световыми шахтами предусмотрены шесть вентиляторных конвекторов общим числом 36 на этаж. Тем не менее для участков с повышенной нагрузкой, например, в конференц-залах, возможно, их число потребует увеличить. В рекомендациях BRE для зданий с пониженным расходом энергоресурсов потребление электричества в годовом исчислении не должно превышать $175 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. У башни «Swiss Re» этот показатель лучше на $25 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ — здесь в оптимальной конфигурации энергетических характеристик годовое энергопотребление составляет всего $150 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$.



Этап надстройки полов на этаже. На уровне потолка видны один из вентиляционных конвекторов и фрагмент сети воздуховодов.

Холодильная станция

За исключением отопительных котлов, охлаждающих башен и трансформаторов, все основные компоненты инженерных сетей смонтированы в подвальном помещении. Холодильная станция состоит из пяти холодильных машин винтового типа с водяным охлаждением мощностью $1,3 \text{ МВт}$ каждый. Кроме того, предусмотрены циркуляционные насосы с регулируемой скоростью, теплообменники и накопительные резервуары воды для системы противопожарной безопасности спринклерного типа и питьевой воды, а также главные электрощиты. На этапе проектирования был отклонен вариант использования холодильных машин с воздушным охлаждением, поскольку в верхней части здания, где и без того тесно в силу конструктивных особенностей, они должны были бы монтироваться в непосредственной близости от ресторана, а учитывая их повышенную шумность, это было бы крайне нежелательно. Но и на нулевом уровне их монтаж был бы также невозможен и из-за шумности, и из-за значительных объемов горячего воздуха, которые пришлось бы отводить вблизи панорамной площади.

А вот охлаждающие башни замкнутого контура с увлажнением намного привлекательней в плане эффективности, а также потому, что при благоприятных погодных условиях они могут работать и без увлажнения.

Преимущества такого режима не только в экономии энергоресурсов, которое дает выключение рециркуляционных насосов, но и в значительном сокращении химических реагентов, используемых для обработки воды.

Шесть охлаждающих башен замкнутого контура мощностью $1,55 \text{ МВт}$ каждая смонтированы на уровне этажей с 35 по 37, где, кстати, установлены и электрические щиты. Для минимизации водяного тумана, образующегося в результате работы башен, на каждой сливной горловине смонтирована система специального догрева, задача которой — ликвидация образования испарений. Такие системы специального догрева питаются горячей водой, которая идет из конденсаторов перед тем, как поступить в градирни.



Циркуляционные насосы, обслуживающие холодильную станцию, с регулировкой посредством инвертера.

Установленная в здании система кондиционирования помимо башни «Swiss Re» полностью обслуживает еще один объект — стоящее рядом 6-этажное здание, которое также находится в собственности компании «Swiss Re». В свою очередь в этом здании на 4 и 5 этажах размещаются четыре газовых отопительных котла мощностью 1,5 МВт каждый, также обслуживающих оба здания. Решение установить отопительные котлы вне основного здания продиктовано недостатком места на верхних уровнях башни «Swiss Re». Чтобы не возводить полноразмерный дымоход и избежать проблем с позиционированием трубы, котлы закрыты в герметичном машинном зале с уравновешенным давлением, а продукты сгорания отводятся на уровне проезжей части. Статическое давление котлов, насосов и теплообменников составляет около 18 бар. Насосы регулируются инвертером, что позволяет сократить расход энергии в периоды частичной нагрузки.

*Перепечатано с сокращениями из журнала «Costruire Impianti».
Перевод с итальянского С. Н. Булекова.*