



# Комплекс «Федерация» Системы вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения башни «Восток»

**И. Н. Смирнова**, генеральный директор ООО «Проектное бюро "Римакс"», [SmirnovaIN@aeon-group.ru](mailto:SmirnovaIN@aeon-group.ru)

**Н. В. Шилкин**, канд. техн. наук, профессор МАрхИ

**М. Н. Ефремов**, инженер, НП «АВОК»

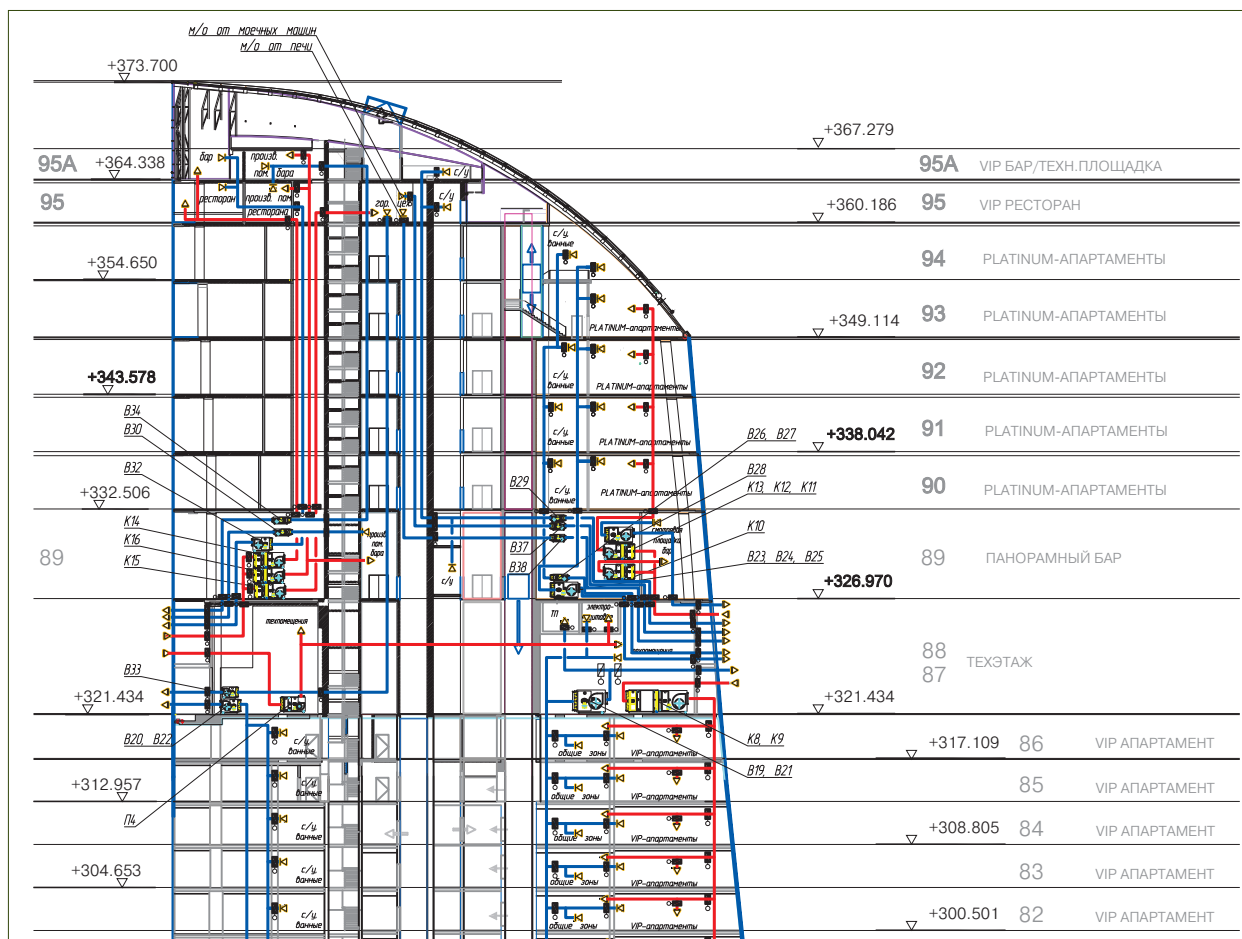
**Ключевые слова:** общеобменная вентиляция, холодоснабжение, система кондиционирования воздуха, технический этаж, теплоступления, холодильные нагрузки

*Окончание. Начало читайте в журнале «АВОК», № 4, 2015*

Особенность проектирования современных высотных зданий в России заключается в дефиците нормативных документов, в недостатке опыта проектирования и длительной эксплуатации, а также в индивидуальности самих зданий. В этих условиях специалистам по ОВК, тепло- и холодоснабжению нельзя дать какие-то готовые советы и рекомендации, поскольку выбор принципиальных решений зависит от пожеланий заказчика и инвестора, от архитектурных и конструктивных особенностей здания, от окружающей среды и от многих других объективных и субъективных факторов. Во многих случаях удачное решение, реализованное на одном объекте, оказывается неприемлемым на другом, поэтому для принятия правильных принципиальных решений необходима проработка нескольких вариантов.

В публикации 2004 года в журнале «АВОК» М.Г. Тарабанов представил некоторые принципиальные решения, принятые при разработке проекта систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тепло- и холодоснабжения высотного комплекса, который сейчас именуется комплексом «Федерация»<sup>1</sup>. В процессе проектирования инженерных систем прорабатывались различные варианты технических и компоновочных решений. В частности, острую дискуссию вызвал выбор между децентрализованной поэтажной компоновкой систем и схемой с техническими этажами. По просьбе заказчика этот вопрос обсуждался даже на техническом совещании в НП «АВОК».

<sup>1</sup> «Опыт проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий», М.Г. Тарабанов, «АВОК» № 4, 2004. С публикацией можно ознакомиться на сайте [abok.ru](http://abok.ru) в разделе «Библиотека статей».



■ Рис. 1. Структурная схема систем общеобменной вентиляции

Комплекс «Федерация» представляет собой уникальное, не имеющее аналогов в мире сооружение повышенной этажности высотой 374 м и является самым высоким небоскребом Европы. Основные компоновочные и схемные решения, связанные с вентиляцией и холодоснабжением, продиктованы следующими обстоятельствами: поддержанием комфортных условия для находящихся внутри людей, соблюдением противопожарных требований с учетом деления здания на отсеки, сложностью технического размещения оборудования, снижением гидростатического давления в системах тепло- и холодоснабжения.

Конструктивно башни разделены на противопожарные отсеки техническими этажами. Каждый технический этаж состоит из двух этажей, т.е. является двухэтажным. На техническом этаже размещаются индивидуальные тепловые пункты (ИТП) и индивидуальные холодильные пункты (ИХП), трансформаторные подстанции, а также другое инженерное оборудование. Отличительная особенность проекта состоит

в том, что технические этажи обслуживают два противопожарных отсека: верхнюю зону нижнего отсека и нижнюю зону верхнего отсека. Такое решение применено как в башне «Запад», так и в башне «Восток» и позволяет реализовать энергоэффективные и гидравлически устойчивые инженерные системы.

## Вентиляция и кондиционирование воздуха

Системы принудительной общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха разработаны в соответствии с исходными данными и нормативными документами в увязке с функциональным назначением отдельных групп помещений, их эксплуатационным режимом и делением корпуса на противопожарные отсеки техническими этажами.

В башне «Восток» вентиляционное оборудование размещается на технических этажах 5/6, 33/34, 47/48, 61/62, 87/88 и 89.

Таблица 1

Расчетные параметры наружного воздуха

Наименование систем	Параметры воздуха по периодам года			
	Теплый		Холодный	
	$t, ^\circ\text{C}$	$J, \text{кДж/кг}$	$t, ^\circ\text{C}$	$J, \text{кДж/кг}$
Отопление	–	–	–29	
Вентиляция	22,6	49,4	–29	–27,5
Кондиционирование воздуха до 60-го этажа	28,5	54	–29	–27,5
Кондиционирование воздуха выше 60-го этажа	30	55	–29	–27,5
Холодоснабжение	35			
Расчетная скорость ветра	7–8,5 м/с		8,4–10,4 м/с	

Примечание. Расчетная температура наружного воздуха снижается на  $1^\circ\text{C}$  через каждые 150 м высоты здания. Расчетное барометрическое давление 995 гПа.

Таблица 2

Расчетные параметры внутреннего воздуха для основных помещений комплекса

Наименование помещений	Период года	$t_{\text{вн}}, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{вн}}, \%$
Служебные помещения, офисы	Теплый	23–25	$\leq 60$
	Холодный	19–21	30–45
Апартаменты	Теплый	22–25	$\leq 60$
	Холодный	20–22	30–45
Ресторан	Теплый	23–25	30–45
	Холодный	20–21	30–45
Вестибюли, холлы	Теплый	23–25	Не нормируется
	Холодный	16–18	Не нормируется
Технические помещения	Теплый	$t_{\text{н}} + (3...5)$	Не нормируется
	Холодный	16	Не нормируется
Кухня, туалет	Теплый	22–24	Не нормируется
	Холодный	19–21	Не нормируется
Лестничные клетки	Теплый	Не нормируется	Не нормируется
	Холодный	16–18	Не нормируется

При определении тепловой нагрузки на системы кондиционирования приняты следующие значения теплоступлений:

- от освещения –  $15 \text{ Вт/м}^2$ ;
- от каждого компьютера – 250 Вт;
- от солнечной радиации – по расчету;
- от одного человека – 76 Вт;
- от технологического оборудования – по заданию технологов.

Помещения офисов и апартаментов оборудуются центральными системами кондиционирования воздуха, обеспечивающими подачу в обслуживаемые помещения наружного воздуха в объеме санитарной нормы из расчета  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  на человека в офисах

и  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  на человека в апартаментах. В помещения подается воздух от центральных установок, подогретый, охлажденный или увлажненный в зависимости от требования к помещениям и от периода года. Для отдельных систем предусматриваются теплообменники с промежуточным теплоносителем для рекуперации тепла. Для помещений с временным пребыванием людей (менее 2 ч) обеспечивается подача наружного воздуха в объеме  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  на человека, в остальных помещениях – по нормативным кратностям.

Удаление воздуха из офисов и апартаментов осуществляется за счет совместной работы вытяжки из санузлов и систем общеобменной вытяжной вентиляции. При этом объем подаваемого в помещения



воздуха на 20% превышает суммарный объем удаляемого.

Снятие избыточных тепловыделений и поддержание оптимальной температуры внутреннего воздуха в каждом помещении осуществляется за счет использования вентиляторных доводчиков (фэнкойлов) с подачей тепло-/холодоносителя по четырехтрубной схеме.

В здании предусматривается размещение ресторана на 95-м этаже на 340 посадочных мест с двумя залами для посетителей по 170 посадочных мест, баром на антресоли, а также производственными и вспомогательными помещениями.

В залах для посетителей предусматриваются системы кондиционирования воздуха, производительность которых определена из расчета частичной ассимиляции тепlopоступлений от людей, остывающей пищи, солнечной радиации и освещения. При этом объем воздуха, подаваемого в каждый обеденный зал, составляет не менее  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  на человека.

Раздача воздуха в обеденные залы предусматривается частично через фальшпол в зоне витражей, частично – в верхнюю зону со стороны производственных помещений. Удаление воздуха – из верхней зоны и из горячего цеха.

Для вентиляции смотровой площадки на 89-м этаже предусматривается самостоятельная приточная установка, обеспечивающая двухступенчатую очистку, подогрев в холодный период года и охлаждение в теплый период года наружного воздуха в объеме 1,5-кратного воздухообмена. При этом расход воздуха на одного посетителя составляет не менее  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  при максимально возможном заполнении этажа (350 чел.). Удаление воздуха предусматривается через санузлы и систему общеобменной вытяжки.

Ассимиляция значительных тепlopоступлений от людей, солнечной радиации и освещения предусматривается за счет установки дополнительных воздухоохладителей в технических помещениях 89-го этажа.

Вентиляционные камеры с вентиляционными установками размещены по периметру технических этажей. Для исключения попадания вытяжного воздуха в приточный приемные и вытяжные устройства разнесены по разным фасадам. Все технические этажи обеих башен обрамлены фасадной решеткой.

Подача воздуха в безопасные зоны, размещаемые на технических этажах, предусматривается: в период заполнения – из расчета обеспечения скорости истечения воздуха через одну открытую дверь



Реклама

**Для тех,  
кому важен результат.**

**testo 870: для специалистов систем отопления.**

- Детектор 160 x 120 пикселей
- Интуитивное управление
- Лучшая цена в своем классе



Таблица 3.

## Холодильные нагрузки

Вид нагрузки	Комплекс «Федерация»					Суммарный расход
	«Запад»	«Восток»			Итого:	
		Ветка 1	Ветка 2	ХЦ на 87-м эт.		
Холодоснабжение, кВт	15 200	9 220	9 120	2 680	21 020	36 220

потребителей холода предусмотрено по независимой схеме через промежуточные индивидуальные холодильные пункты (ИХП), расположенные на технических этажах, с учетом гидростатического давления, не превышающего для фэнкойлов 10 бар, а для теплообменников центральных кондиционеров – 16 бар. В каждом ИХП предусмотрены группы теплообменников и насосного оборудования. В каждой группе установлено не менее двух параллельно включенных теплообменников с резервированием 75%. Насосное оборудование – со 100%-ным резервированием.

Стояки систем холодоснабжения присоединяются к распределительным коллекторам, размещенным на технических этажах. Для гидравлической увязки системы на каждой поэтажной ветке устанавливаются регуляторы перепада давления. На подающих и обратных контурах систем холодоснабжения предусматривается установка запорно-регулирующей арматуры, манометров, термометров, а также арматуры для гидропневматической промывки трубопроводов. Подпитка и заполнение внутренних контуров системы осуществляются через установки поддержания давления, размещаемые в каждом промежуточном ИХП.

Система холодоснабжения полностью автоматизируется и диспетчеризируется.

Для обеспечения комфортных параметров внутреннего воздуха в помещениях офисов и апартаментов в качестве дополнения к системе отопления предусматривается система теплоснабжения фэнкойлов по четырехтрубной схеме. Расчетная тепловая нагрузка на систему принята равной 30% от суммы расчетных теплопотерь этажа и, соответственно, зоны обслуживания.

Подача теплоносителя к фэнкойлам осуществляется по отдельным стоякам от распределительных коллекторов промежуточных ИТП до входа в обслуживаемые помещения. Установка фэнкойлов выполняется собственниками или арендаторами.

Для холодоснабжения потребителей башни «Восток» предусмотрены две самостоятельные ветки транзитных трубопроводов диаметром 530 мм от

холодильного центра до технического этажа на 5-м уровне. Первая ветка обслуживает зону с –5-го по 33-й этаж, вторая ветка – верхнюю зону выше 33-го этажа.

Шахта для транзитных магистралей трубопроводов имеет стесненные габариты и не может принять нагрузки от всех трубопроводов, проходящих в ней. После проведенных расчетов суммарных нагрузок было принято решение использовать для компенсации температурных изменений трубопроводов специальные сильфонные компенсаторы со сложной конструкцией разгруженного типа. Данные компенсаторы имеют минимальные габариты по сравнению с аналогами и полностью соответствуют как динамическим, так и статическим параметрам эксплуатации трубопроводов. Особенностью данных компенсаторов является их сложная конструкция по принципу «сильфон в сильфоне», что не позволяет передавать распорные усилия от работы компенсаторов на элементы креплений трубопроводов и, в свою очередь, сохраняет заданную несущую способность здания.

Холодоноситель (охлажденная вода), доходя до технического этажа на этаже 87–88, с потерей в каждом теплообменнике в 2 °С достигает температуры +14 °С, и снять теплоизбытки помещений фэнкойлами с такими параметрами холодоносителя становится невозможно. В связи с этим для обеспечения комфортных условий в помещениях верхних этажей было принято решение об устройстве дополнительного холодильного центра, который обслуживает верхние этажи с 81-го по 95-й. Этот холодильный центр размещается на 87-м и 88-м технических этажах.

Таким образом, для верхней зоны башни предусматривается устройство двух независимых систем холодоснабжения:

- холодоснабжение от ЦХП всех центральных кондиционеров, размещаемых на технических этажах, а также фэнкойлов по 80-й этаж;
- холодоснабжение фэнкойлов с 81-го по 95-й этаж от дополнительного холодильного центра на 87-м и 88-м технических этажах.

## Дополнительный холодильный центр

Холодильный центр предназначается для круглогодичного снабжения холодом систем кондиционирования и выработки тепла для догрева воды системы ГВС в теплый период, а также для получения горячей воды в переходный период для теплоснабжения фэнкойлов.

Холодопроизводительность в летнем режиме составляет 2500 кВт на фэнкойлы; в зимнем режиме (режиме «свободного холода») – 840 кВт – только на фэнкойлы зон с постоянным выделением тепла. Температура теплоносителя +10...+15 °С. Перепад температуры у потребителя 5 °С.

Так как в теплый период года температура греющей воды для ГВС на 87–88-м этаже после потерь температуры в каскадных теплообменниках не позволяет обеспечить требуемую степень нагрева воды системы ГВС верхней зоны, а электрический догрев требует значительного количества электроэнергии и наличия массивных накопительных емкостей, в процессе разработки дополнительного холодильного центра была выбрана схема с утилизацией тепла конденсаторов холодильных машин для догрева горячей воды. Для обеспечения высокой температуры нагрева от +45 до +61 °С в проекте использованы тепловые насосы «вода – вода», одновременно осуществляющие как нагрев воды для ГВС, так и охлаждение воды для нужд потребителей в испарителе.

Общая теплопроизводительность холодильного центра (количество утилизируемого тепла) 860 кВт.

Для обеспечения потребных расходов холода подобрано следующее оборудование:

- две холодильные машины внутренней установки без конденсатора;
- две холодильных машины «вода – вода» с водяными конденсаторами, используемыми для догрева воды системы ГВС в летний период;
- четыре конденсатора и четыре сухих охладителя, как для охлаждения гликолевого контура конденсаторов тепловых насосов в теплый и переходный периоды года, так и для режима «свободного холода» в холодный период.

Холодильный центр разделен на две части – зону А и зону Б с одинаковым набором основного оборудования, гидравлически объединенные в общую систему теплохолодоснабжения. Указанная компоновка позволяет упростить монтаж оборудования и получить отдельные независимые подсистемы для увеличения надежности системы в целом.

Выбор холодильных машин с выносными конденсаторными блоками неслучаен; применение непосредственного охлаждения конденсирующегося фреона наружным воздухом позволяет исключить промежуточный теплоноситель между воздухом и фреоном, повысить температуру конденсации, минимизировать температурные потери на передачу тепла и, как следствие, существенно сократить расход воздуха на охлаждение конденсаторов. Кроме того, исключаются циркуляционные насосы контура водяного охлаждения конденсатора, что позволяет снизить общее энергопотребление холодильного центра.

Также для воздушного охлаждения конденсаторных блоков частично используется вытяжной охлажденный воздух из помещений. Все эти решения позволяют повысить энергетическую эффективность системы холодоснабжения, а также уменьшить площадь фасадной решетки. Сокращение площади воздухозабора было одним из определяющих факторов при выборе технического решения, так как увеличение габаритов проемов в рассматриваемых условиях невозможно.

Холодильные машины оснащены собственной системой управления и автоматики, обеспечивающей эксплуатацию холодильных машин в расчетном режиме и предусматривающей автоматическую защиту агрегатов. Система управления холодильных машин интегрирована в общую систему управления дополнительным холодильным центром. Контролируется и обрабатывается масса параметров, получаемых от внешних устройств и датчиков, от контроллеров холодильных машин, на основании чего происходит автоматическое переключение режимов работы холодильного центра, оптимизируется распределение нагрузки по отдельным частям системы, производится ротация рабочего и резервного оборудования, регулирование параметров теплоносителя и т. п.

Распределение охлажденной воды по потребителям осуществляется от сборно-распределительных коллекторов при помощи двух насосных групп. Насосы оборудованы регуляторами частоты вращения двигателей в зависимости от перепада давления на входе и выходе из насосов. Таким образом, может осуществляться регулирование расхода теплоносителя в широких пределах в зависимости от потребности здания в холоде. Работоспособность холодильных машин сохраняется при минимальном потреблении холода, имеется возможность полностью исключить отдельные группы потребителей, устанавливая счетчики расхода холода на выделенные зоны и т. д. ■