

ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ИЗГОТОВЛЕНИЕ  
МОНТАЖ ФАСАДОВ



тел.: (495) 449 15 55  
<http://www.technocom.ru>  
[tecom@technocom.ru](mailto:tecom@technocom.ru)

### УНИКАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГК «ТЕХНОКОМ»

ГК «Техноком» проявляет творческий подход к любой поставленной архитектурной задаче и достигает результатов высокого качества. Компания имеет, большой опыт работы, репутацию надежного партнера.

В нашем арсенале собственные заводы, оснащенные высокоточным европейским оборудованием, в том числе:

#### для переработки стекла

- линия закалки плоского стекла макс. размера 3000\*6000 и молирования (пугтя) с закалкой макс. размера 3000\*5000, в том числе multifunctional стекол с мягким низкоэмиссионным напылением за счет конвекционного нагрева
- стол резки триплекса макс. размера 3000\*6000
- печь производства триплекса макс. размера 2000\*4300 с возможностью включения в триплекс различных пленок с натюрмортами, пейзажами, портретами, с возможностью включения светодиодных матриц, листьев, шпона и т.д.
- обрабатывающий центр для раскроя противопожарного стекла любой толщины макс. размера 2000\*4000
- HST-печь тестирования каленного стекла
- линия производства стеклопакетов макс. размера 3000\*6000, в том числе структурных
- обрабатывающий центр гидроабразивной резки стекла макс. размера 2000\*3000\*20 (арочные стекла, резьба по стеклу)

#### для переработки нержавеющей стали, алюминия и других металлов, композитных панелей

- обрабатывающий центр плазменной резки нержавеющей стали и других металлов макс. размера 2500\*5000\*25
- обрабатывающий центр гидроабразивной резки металла макс. размера 2000\*3000\*20
- 5-ти осевой обрабатывающий центр обработки профилей из алюминия и других металлов длиной до 8000
- центр обработки композитных панелей макс. размера 1500\*2600

#### для переработки дерева

- линия производства клееного бруса размерами до 9000\*150\*150
- обрабатывающий центр для гравирования, объемной резьбы по дереву макс. размера 1500\*3000

Все оборудование снабжено стойками управления, что позволяет напрямую из конструкторского бюро ГК «Техноком» передавать геометрические размеры в формате Autocad на технологическое оборудование.

Мы открыты для взаимовыгодного сотрудничества

переработка стекла  
переработка нержавеющей стали,  
алюминия и других металлов,  
композитных панелей  
переработка дерева  
ПРОИЗВОДСТВО

декабрь / январь 6/09-10

# ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ

ПОБЕДА  
ДОСТАЛАСЬ  
«ЗЕЛЕНЫМ»  
Greens  
are Winning

ПЕРВЫЙ  
КАНАЛ  
ПРОТИВ  
«ОХТЫ»  
Channel One  
Russia VS  
Okhta Center

РЕНЕССАНС  
ТУРЕЦКИХ  
НЕБОСКРЕБОВ  
The Turkish High-rise  
Renaissance

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ  
РЕШЕНИЯ CARRIER  
Energy Efficient Solutions  
by Carrier



Tall Buildings 6/09  
журнал высотных технологий

«Высотные здания» Tall buildings





Учредитель  
**ООО «Скайлайн медиа»**  
при участии  
**ЗАО «Горпроект»**  
и **ЗАО «Высотпроект»**

Консультанты  
**Сергей Лахман**  
**Надежда Буркова**  
**Юрий Софронов**  
**Петр Крюков**  
**Татьяна Печеная**  
**Святослав Доценко**  
**Елена Зайцева**  
**Александр Борисов**

Генеральный директор  
**Наталья Выходцева**

Главный редактор  
**Татьяна Никулина**

Исполнительный директор  
**Сергей Шелешнев**

Редактор-переводчик  
**Сергей Федоров**  
Редактор-корректор  
**Ульяна Соколова**  
Иллюстрации  
**Олег Нагай**

Над номером работали:  
**Марианна Маевская**  
**Елена Голубева**  
**Алексей Любимкин**

Отдел рекламы  
**Тел./факс: (495) 545-2497**

Отдел распространения  
**Светлана Богомолова**  
**Владимир Никонов**  
**Тел./факс: (495) 545-2497**

Адрес редакции  
**105005, Москва, наб.**  
**Академика Туполева,**  
**д. 15, стр. 15**

**Тел./факс: (495) 545-2495/96/97**  
**www.tallbuildings.ru**  
**E-mail: info@tallbuildings.ru**

Мнение редакции может  
не совпадать  
с мнением авторов. Перепечатка  
материалов допускается только  
с разрешения редакции  
и со ссылкой на издание.  
За содержание рекламных  
публикаций редакция  
ответственности не несет.

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору  
за соблюдением законодательства  
в сфере массовых коммуникаций и  
охране культурного наследия.  
Свидетельство ПИ № ФС77-25912  
от 6 октября 2006 г.

Журнал отпечатан в ОАО  
«Московская типография № 13»  
Цена свободная Тираж: 5000 экз.

На обложке: Walter Towers,  
фото предоставлено архитектурным бюро BIG



# С о д е р ж а н и е

## с o n t e n t s

|   |    |   |
|---|----|---|
| Коротко/In brief  | 6  | События и факты<br>Events and Facts   |
| Конкурсы/Awards   | 18 | Победа досталась «зеленым»<br>Greens are Winning  |
| <b>международный обзор</b><br><b>INTERNATIONAL OVERVIEW</b>                     |    |   |
| История/History   | 20 | Ренессанс турецких небоскребов<br>The Turkish High-rise Renaissance   |
| Стиль/Style   | 30 | Сапфир в высотной короне Стамбула<br>The Sapphire of Istanbul's High-rise Crown   |
| <b>архитектура</b><br><b>и проектирование</b><br><b>ARCHITECTURE AND DESIGN</b> |    |   |
| Точка зрения/Viewpoint  | 36 | Первый канал против «Охты». Мнение или заказ.<br>«Судите сами»<br>Channel One Russia VS Okhta Center. Belief or Talking Heads<br>a la Carte? Judge for Yourself |
| Проект/Project  | 44 | MahaNakhon – Великая столица<br>MahaNakhon, the Metropolis  |
| Выставки/Exhibitions  | 48 | Архитектура в кубе<br>Cubed Architecture  |
| Ракурсы/Perspectives  | 50 | Шеньженьский энергодворец<br>Shenzhen Energy Mansion  |
| Фотофакт/Photo Session  | 56 | Город ангелов<br>City of Angels   |
| Аспекты/Aspects   | 64 | Между небом и землей<br>Between Heaven and Earth  |
| Окружающая среда/Environment  | 70 | Русский стиль в индустриальной архитектуре.<br>Фантазия на тему<br>The Russian Style in Industrial Architecture. Quodlibet                                      |



|  |     |  |
|--|-----|--|
| <b>управление</b><br><b>MANAGEMENT</b>             |     |  |
| Стройнадзор/Building Inspection                    | 72  | Без права на ошибку<br>Mistakes are not an Option  |
| Актуально/Up to date                               | 76  | Число как основа технического регулирования<br>и выражения конструкционной безопасности<br>Number as the Core of Technical Regulation and Expression<br>of Structural Safety   |
| <b>строительство</b><br><b>CONSTRUCTION</b>        |     |  |
| Исследования/Research                              | 82  | Детальные исследования и анализ проблем<br>аварийности в контексте формирования нормативных<br>требований в высотном строительстве<br>Detailed Studies and Accident Rate Analysis in the Context<br>of Development of High-rise Construction Regulations |
| Материалы/Materials                                | 88  | Антикоррозионная защита<br>Antirust Protection   |
| <b>эксплуатация</b><br><b>MAINTENANCE</b>          |     |  |
| Энергосбережение/Energy Efficiency                 | 98  | Энергоэффективные решения CARRIER<br>Energy Efficient Solutions by CARRIER   |
| Технологии/Technology                              | 104 | Аварийно-спасательная система массовой эвакуации<br>Mass Emergency Evacuation Rescue System  |
| Мониторинг/Monitoring                              | 108 | Системы мониторинга<br>Monitoring Systems  |
| Безопасность/Safety                                | 112 | Учет температурной пожарной нагрузки<br>Structural Fire Loads  |
| <b>английская версия</b><br><b>ENGLISH VERSION</b> |     |  |
|  | 120 |  |







## MOCO Center

Бетонные каркасы одного из наиболее интересных китайских проектов скоро подведут под крышу. MOCO Center, комплекс из трех башен в 25, 38 и 60 этажей, компания-застройщик Longhu Properties считает одним из своих звездных проектов в Чунцине, где у нее немало работы. Здесь будет целый город офисов класса премиум, гостиницы, торговые учреждения.

Несмотря на то что фасады имеют пока довольно странный вид, их конструкции будут выглядеть весьма оригинально. Башни

правильной прямоугольной формы, усиленные плоскими срезами, а не изгибами, чрезвычайно просты.

К сожалению, теперь, когда строения приобрели зримые очертания, в изломах их фасадов прочитывается отражение текущей экономической ситуации.

В то же время 25-этажная башня, которую изначально планировалось поставить почти вплотную к самой высокой, существенно подросла за счет прямоугольных этажей. К тому же теперь здания расположены перпендикулярно

относительно друг друга. В процессе реализации проекта из застройки исключены некоторые элементы гламура, поэтому общий вид зданий будет зависеть от отделки.

Если фасады башен и в самом деле получатся такими, как было задумано, у туристов, бродящих по городу в поисках удачных кадров, появится возможность с разных ракурсов запечатлеть эти уникальные фасады, снизу доверху переливающиеся от красного до синего.

Longhu Properties



## Выше четырехсот

Комплекс по проекту китайского архитектурного бюро ECADI – Wuhan Center – состоит из 84-этажной 428-метровой башни коммерческого назначения, включающей 256 тыс. кв. м полезной площади.

В финале конкурса, по итогам которого и была выбрана фирма-проектировщик, вместе с ECADI принимали участие такие известные компании, как Skidmore, Owings & Merrill и CADREG.

Основание Wuhan Center представляет собой квадрат с чуть закругленными углами. По мере увеличения высоты здание сужается, напоминая исполинский клин. На самом верш, где-то на высоте 410 м над землей, будет устроена общедоступная смотровая площадка. Wuhan Center – одна из первых сверхвысоток, которые возведут в новом деловом районе Wangjiadun. Завершить этот крупнейший проект предполагается в 2020 году, к тому времени здесь построят еще пять высоток. В ближайшее время городские власти обещают одобрить проект строительства 436-метрового многофункционального небоскреба. Однако подробности проекта застройки пока не предавались огласке.

ECADI



## Жизнь на берегу бухты

Компания design world partnership (dwp) получила подряд от Aabar Investments на архитектурное, экологическое и интерьерное проектирование 41-этажного небоскреба в бухте Saraya в Абу-Даби. Башня, названная Saraya 1 и по проекту имеющая собственный огороженный пляж, будет построена на самом берегу.

Дубайская группа dwp под руководством Тофика Зейдана стремилась создать проект здания, вред от которого окружающей среде будет минимален: обеспечение экономичного энергопотребления и сни-

жение вредных выбросов без ущерба для комфорта жильцов. Башня, расположенная на участке застройки SARAYA, осваиваемой компанией Sorouh Real Estate PJSC, по праву будет претендовать на золотой сертификат по LEED, поскольку по своим экологическим характеристикам полностью соответствует местным климатическим условиям. «Башня как бы является отражением водной стихии, в которую она смотрится. Цвет изогнутого фасада будет меняться в зависимости от положения солнца и интенсивности излучения, – утверждает господин Зейдан. – С учетом этих же климатических факторов особое внимание уделено вопросам экологии, в частности энергоэффективности».

Местоположение башни стало определяющим фактором при выборе формы и ориентации здания наряду с решением задач обеспечения экобезопасности и высокого качества жизни. Сплошной фасад выполнен из самых современных материалов по технологии навесного остекления с теплоизоляцией с использованием экологически чистых материалов или материалов с низким содержанием неустойчивых компонентов. Остекление балконов также позволило сократить энергопотребление.

Благодаря использованию систем фильтрации и естественной вентиляции существенно улучшено качество воздуха в помещениях. Другим стратегическим направлением проектирования стало снижение объема отходов, а также применение прогрессивных способов их переработки.

Многочисленное использование воды особенно актуально в столь засушливом климате. Дождевая и техническая вода, а также конденсат с фасадов собирается и после специальной обработки используется повторно.

dwp Ltd.



## Биооктановые башни

Архитекторы из хорватского бюро UPI 2M создали проект башни, в котором задачи улучшения состояния окружающей среды и потребности в альтернативных источниках топлива поставлены на первое место. С теоретической точки зрения проект оказался настолько удачным, что принял участие в конкурсе «Проектов будущего» на Всемирном архитектурном фестивале, который прошел Барселоне в ноябре.

Башни высотой в 31 этаж, названные «биооктановыми» (Biooctanic), предполагается размещать на автозаправочных станциях. Они представляют собой квадратные, расширяющиеся кверху сооружения, которые имеют относительно небольшую площадь основания при немалом объеме на верхних этажах.

Несплошное остекление фасадов в зеленых тонах подчеркивает экологическую чистоту постройки. Кроме того, красные водоросли, выращиваемые в трубчатых конструкциях, размещенных на фасадах башни, контрастируют с зеленью оболочки здания. Еще более впечатляюще небоскреб будет выглядеть в темное время суток за счет подсветки, уподобившись экомаяку в панораме окрестностей.

Растения и водоросли, культивируемые на вертикальных фермах, впоследствии будут перерабатываться в биотопливо для восстановления кислородного компонента атмосферы. К тому же таким образом высвобождаются ценные сельскохозяйственные земли.

Водоросли и растения размещаются в трубах, наполненных водой, что значительно сокращает пространства, занимаемые инкубаторами, в то же время максимально увеличивая полезную площадь здания. Помимо того, вода циркулирует в замкнутом контуре, благодаря чему отходы производства будут минимальны.

Питательные вещества для растений могут вырабатываться и из органических городских отходов, поэтому на переполненных свалках станет меньше мусора. Горючее, синтезируемое в башнях, распределяется по трубопроводам, проходящим под платформой у основания зданий, созданной для организации на ней озелененного общественного пространства и являющейся в то же время неким мостом, соединяющим две стороны дороги.

UPI 2M





### Сырные башни Торонто

В канадском Торонто одобрен новый масштабный проект – «Ледяной кондоминиум» (Ice Condos). Комплекс, проект которого разработан местной архитектурной фирмой architectsAlliance, состоит из трех небоскребов.

Башни высотой 65, 55 и 40 этажей объединены изогнутым подиумом с озелененной крышей, что позволит обеспечить затенение в летний зной и круглый год собирать воду. Подобная тенту крыша закрывает часть внутреннего двора.

65- и 55-этажные башни имеют одинаковую овальную форму, в то время как 40-этажная похожа на обыкновенную обувную коробку. Несмотря на относительно простую форму, высокие башни обладают двумя уникальными особенностями, которые выделяют их из окружения: где-то посередине зданий происходит некоторое смещение этажей относительно вертикали, словно две ее части небрежно поставлены одна на другую.

Навершая этих башен украшены шатрами с дырявой крышей. И складывается впечатление, что какой-то великан невзначай уронил на небоскребы пару огромных ломтиков швейцарского сыра.

У третьей башни нет каких-то примечательных особенностей, отчего кажется, что ее втиснули в эту архитектурную группу наспех. Единственное, что роднит ее с двумя другими, – это сплошное остекление фасадов.

В зданиях будет организовано элитное ТСЖ с квартирами, имеющими одну, две и три спальни. Кроме того, здесь расположатся спорткомплекс и спа-салон. В стиловатной части комплекса разместятся кафе, рестораны, другие досуговые учреждения и магазинчики.

architectsAlliance

### Лагос – вертикальное восхождение

Один из крупнейших городов Африки – Лагос до сих пор не обзавелся постройками выше 100 м. Самое высокое здание здесь имеет высоту всего 83 м. Ситуацию должно исправить строительство в Лагосе 100-метровой гостиницы «Интерконтиненталь».

Проект Milan Group предусматривает возведение 22-этажного отеля на 230 стандартных номеров площадью 42 кв. м каждый (в Лондоне такую площадь имеют гостиничные апартаменты с одной спальней). Кроме того, здесь разместятся 31 номер люкс, элитный люкс на самом вершине и один президентский номер.

Гости смогут посетить оздоровительный клуб с бассейном, сауну, два ресторана особой кухни и один элитный, открытое кафе в саду и бар.

Нигерия – одна из ведущих стран – экспортеров нефти в мире, и с каждым годом она становится все более привлекательным местом вложения иностранных капиталов. Это способствовало повышению спроса на услуги роскошных высотных гостиниц в Лагосе, где проживает более 8 млн человек. И учитывая столь бурный рост города, остается только удивляться скромности градостроительных планов мегаполиса.

Milan Group



## Москва 9–12 марта 2010 Экспоцентр на Красной Пресне

- **ВЫСТАВКА КЛИМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ** — системы кондиционирования, вентиляции, отопления, обработки и очистки воздуха, энергосберегающее оборудование;
- **ВЫСТАВКА ПРОМЫШЛЕННОГО И ТОРГОВОГО ХОЛОДА** — холодильные установки и их компоненты, холодильное оборудование медицинского назначения, для транспорта, для пищевой и перерабатывающей промышленности;
- **Системы автоматизации и диспетчеризации зданий;**
- **Инструменты, расходные материалы, хладагенты;**
- **Обучение, трудоустройство, консалтинговые услуги на рынке HVAC&R.**

### ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ!



Одновременно в павильоне №2 будет проходить выставка оборудования для тепло- и водоснабжения **МАТТЕХ-2010**



Спонсор:



[www.climatexpo.ru](http://www.climatexpo.ru)

Офис Евразэкспо в Москве: ул. Арбат, д. 35  
Телефон: (495) 925 65 61/62, факс: (499) 248 07 34  
Директор проекта – Шукина Вера Борисовна





### Тайская башня Аманды Левет

В 2010 году начнутся работы по возведению новой башни на месте садово-парковой зоны посольства Великобритании в Бангкоке, столице Таиланда.

30-этажный небоскреб Central Embassy с полезной площадью приблизительно 150 тыс. кв. м поднимется на улице Плоен Чит роуд, одной из наиболее оживленных столичных артерий. Проект разработан британской архитектурной фирмой Amanda Levete Architects.

Созданная как отражение национального символа вечности, высотка тем не менее будет иметь совершенно зооморфный облик. Основание здания изгибается подобно змее, затем башня резко взмывает в небеса, при этом немного отклоняясь назад. Фасады подчеркивают архитектурные формы и неоднородны в разных частях здания. Подвижность и выразительность конструкции придают узоры, воспроизводящие исконные тайские мотивы, переосмысленные в тотемическом ключе. Неповторимость облика достигается благодаря цветовой градации, ориентации башни и фрагментам керамической облицовки фасадов вместо более привычного остекления.

Amanda Levete Architects

### Вторая по высоте

В Сеуле начали рыть котлован под фундамент 133-этажного 640-метрового небоскреба Digital Media City Landmark по проекту компании Samoo стоимостью 1,9 млрд евро. Эта башня будет на 180 м ниже Burj Dubai, но она и задумывалась как вторая по высоте в мире к моменту окончания ее строительства в апреле 2015 года.

Башня Landmark станет яркой архитектурной доминантой самого технологически развитого района в мире – Digital Media Centre (DMC), где находятся офисы более чем 2000 компаний. Мэр Сеула О Се Хун считает, что при реализации проекта Digital Media City будут выдвинуты идеи, которые раскроют потенциал применения современных технологий во всем их многообразии. Благодаря положению DMC Landmark Tower в застройке, обеспечивающему широчайший обзор окрестностей, обитатели небоскреба смогут днем наблюдать за городской жизнью, а ночью – любоваться огнями лазерных цветопостановок. Помимо апартаментов в здании разместятся универмаг, конференц-центр и гостиница.

По главной улице района DMC – Digital Media Street протяженностью 1,14 км с помощью наглядных интерактивных информационных средств на тротуарах, «умных» осветительных и фасадных решений можно будет запросто совершить увлекательную экскурсию по этому «городу в городе». В мире нет ничего подобного Digital Media City по масштабам интеграции современных технологий и национальных традиций.

По словам О Се Хуна, «для мирового сообщества Digital Media City –



Семизатный подиум займет торговый центр с внутренними дворами-атриумами. К тому же небоскреб спроектирован таким образом, что его формы образуют два вертикальных потока света, льющегося на стилобат. Это улучшает естественное освещение помещений в основании комплекса и, как следствие, сокращается расход энергии на искусственное.

Шестизвездочная гостиница Ritz Carlton со спа-саломом и спортзалом разместится в высотной части строения. Кроме того, здесь также разобьют сады на открытом воздухе, а в плохую погоду можно будет отдохнуть на крытых террасах вертикальных садов.

Завершить строительство планируется в 2013 году.

Amanda Levete Architects



это действующая лаборатория образа жизни будущего. Он расположится недалеко от реки в лесопарковой зоне с садами и прудами. Чем не доказательство того, что городской житель XXI века может благополучно сосуществовать с природой? Это удивительный проект, застройка-мечта, где уживаются вместе технология и экология, культура и коммерция, вложения и инновации».

Samoo Architects & Engineers

MosBuild  
www.mosbuild.com

6 – 9 апреля 2010  
Москва • Крокус Экспо

WindowBuild  
специализированная выставка  
ОКНА. СТЕКЛО. АВТОМАТИКА

window & profile systems

architectural glass & facades

aluminium & steel constructions

fireproof systems

roller shutters & awnings

gates & automation

Оконные и профильные системы

Архитектурное стекло и фасады

Алюминиевые и стальные конструкции

Противопожарная защита

Рольставни и навесы

Ворота и автоматика

7 апреля 2010 г. пройдет международная конференция «Древесно-полимерные композиты», МВЦ «Крокус Экспо», пав. 1. Организаторы: ФГУП «ГНЦ ЛПК» и компания ITE.

Получить дополнительную информацию Вы можете на официальном сайте выставки [www.mosbuild.com](http://www.mosbuild.com)

Организаторы:

ITE  
Москва: +7 (495) 935 7350  
e-mail: [mosbuild@ite-expo.ru](mailto:mosbuild@ite-expo.ru)  
[www.mosbuild.com](http://www.mosbuild.com)

Генеральный  
информационный спонсор:

ИДЕИ  
ТАКЖЕ  
ДОМА

Официальный  
Интернет-партнер:

оконый портал  
**tybet.ru**  
новая версия

При содействии:

**КРОКУС ЭКСПО**  
Международный выставочный центр





# Плавучий город

Кевин Шопфер, возглавляющий архитектурную студию Ahearn Schorfer, придумал необычную концепцию экологичного существования для Нового Орлеана.

При участии Tangram 3DS, специализирующейся на цифровой анимации, Шопфер создал проект New Orleans Arcology Habitat (NOAH) («Новоорлеанская архологическая среда обитания») как воплощение «архологии» (архитектуры, соединенной с технологией), сочетающей широкомасштабные экологические решения с реалиями плотно застроенной городской среды.

Плавучий город насчитывает примерно 20 тыс. домовладений, средняя площадь которых составляет около 100 кв. м, три гостиницы, 1500 объектов таймшера, а также 45 тыс. кв. м торговых площадей. Кроме того, в комплекс войдут три казино, коммерческое ТСЖ на 45 тыс. кв. м, стоянка на 8000 машин, школа, культурные и медицинские учреждения

(1800 кв. м), что сделает проект вполне самодостаточным. Коммунальные учреждения и административные службы должны занять площадь порядка 2,7 млн кв. м.

Когда архитектора спросили, почему NOAH имеет именно такую форму, он объяснил: «Пирамида – это самая мощная с точки зрения обеспечения наивысшей прочности конструкции структура, учитывая размеры и соотношение площади основания и высоты строения». Перемещаться по комплексу можно будет на «зонных лифтах» и миниметро на электрической тяге.

Названный «наиболее востребованным проектом для города», NOAH создан не просто для утилитарных нужд, а призван стать «символом устойчивого развития», который будет вечно стоять на рейде Нового Орлеана.

Ahearn Schorfer

[www.mosbuild.com](http://www.mosbuild.com)

Строим будущее сейчас

**MosBuild**

специализированная выставка

**6 - 9 апреля 2010**

Москва • Экспоцентр

**building materials & equipment**

Строительные материалы и оборудование

- Строительная химия
- Сухие смеси
- Кровельные материалы, конструкции для крыш
- Изоляция
- Фасадные материалы
- Строительные леса
- Опалубка
- Лесо-, пиломатериалы
- ПВХ материалы, оргстекло
- Сэндвич-панели
- Профнастил, металлоконструкции
- Цементы / бетоны и оборудование
- Кирпич, строительные блоки
- Промышленные / наливные полы
- Системы водоотвода и дренажа
- Быстровозводимые конструкции
- Станки и оборудование
- Тара, упаковка, сетки, пленка
- Строительная техника
- Безопасность труда в строительстве
- Строительные услуги

Забронируйте стенд сейчас! Подробности на официальном сайте выставки [www.mosbuild.com](http://www.mosbuild.com)

Организаторы:

ITE Moscow  
Москва: +7 (495) 935 7350  
e-mail: [building@ite-expo.ru](mailto:building@ite-expo.ru)  
[www.mosbuild.com](http://www.mosbuild.com)

При содействии:

**ЭКСПОЦЕНТР**





mips 2010

19 - 22 АПРЕЛЯ

Москва

ЦВК «Экспоцентр»


Технические средства  
обеспечения безопасности

Охранное телевидение и  
наблюдение

Пожарная безопасность и  
аварийно-спасательная техника

Смарт карты • ID-технологии  
Банковское оборудование  
Защита информации

Организатор:


Тел.: +7 (495) 935 73 50  
Факс: +7 (495) 935 73 51  
security@ite-expo.ru

При поддержке:



МВД РФ

www.mips.ru

ПЛОЩАДЬ ПРОЕКТА:  
офисы – 344 650 кв. м  
торговые ряды – 17 820 кв. м  
конференц-центр – 13 025 кв. м  
Число гостиничных номеров – 404  
ЗАКАЗЧИК:  
Barwa Real Estate Company

# Раковина на берегу залива

В престижном деловом квартале Дохи Financial District планирует-ся возвести многоцелевой комплекс BARWA, проект которого на суд общественности представила компания KEO International Consultants. Разработчики проекта надеются, что он станет центром сосредоточения деловой жизни и новым городским ориентиром.

По описанию главного конструктора KEO Раджа Пэтела, комплекс представляет собой «два массива в форме раковин, закручивающихся в противоположных направлениях, что создает стремительный поток объемов и пространств. Взаимопротивопоставленная спиральная геометрия выстраивает цепочку башен, которую замыкает пинакль на юго-западной окраине участка. Самая высокая башня должна стать настоящей достопримечательностью, видимой и из района West Bay Area, и с основных городских трасс к западу от комплекса».

Внешний круг застройки состоит из шести офисных башен высотой от 20 до 35 этажей, расположенных таким образом относительно друг друга, что по мере закручивания по часовой стрелке их этажность растет. Четыре здания внутреннего круга, высота которых изменяется от

31 до 50 этажей уже против часовой стрелки, – это три административных здания и гостиница. Такая композиция из девяти офисных башен, находящихся как будто на встречном движении по высоте, позволяет получить отличные виды из окон, а также в полной мере использовать естественное освещение.

Башни связывает закрытый двухэтажный атриум, по окружности которого расположены магазины. В открытом сквере на основном торговом уровне займут свое место кафе и ресторанчики. Ось главной улицы по направлению к северо-востоку замкнет молельный зал, придавая упорядоченность всей застройке.

Башни, одетые в стекло и терракоту, поднимаются над массивным подиумом, облицованным травертином. Стекланные фасады защищены от солнечных лучей металлическим экраном, восходящим к традиционной арабской машраби (решетчатым балконам). Естественность терракоты и камня в оболочке башен противопоставляется искусственным материалам – стеклу и металлу.

KEO International Consultants



Центральный Дом Художника / 26 мая – 8 июня 2010

# МОСКОВСКАЯ биеннале АРХИТЕКТУРЫ

Тема: Модернизация / [www.moscowarchbiennale.ru](http://www.moscowarchbiennale.ru)

Central House of Artists May 26 – June 8, 2010

# MOSCOW *biennale* ARCHITECTURE

Theme: Modernisation / [www.moscowarchbiennale.ru](http://www.moscowarchbiennale.ru)



Организаторы



проект  
россия/  
project  
russia

МОСКОВСКАЯ биеннале АРХИТЕКТУРЫ  
XV Международная выставка архитектуры и дизайна / ЦДХ / 26 – 30 мая 2010

ЭКСПО-ПАРК

# АРХ МОСКВА

[www.archmoscow.ru](http://www.archmoscow.ru) тел.: +7 495 6579922, [arch@expopark.ru](mailto:arch@expopark.ru)

MOSCOW *biennale* ARCHITECTURE  
XV International exhibition of architecture and design / CHA / May 26 – 30, 2010

# ARCH MOSCOW

[www.archmoscow.ru](http://www.archmoscow.ru) tel.: +7 495 6579922, [arch@expopark.ru](mailto:arch@expopark.ru)



# ПОБЕДА ДОСТАЛАСЬ «ЗЕЛЕНЫМ»



*Самым лучшим высотным зданием мира за 2009 год по версии СТБУН стал комплекс Linked Hybrid по проекту Steven Holl Architects, возведенный в Пекине. Восьмая ежегодная церемония награждения прошла в октябре в студенческом городке Иллинойского технологического института (Чикаго, США). Как обычно, в конкурсе приняли участие четыре проекта, победившие в обеих Америках, Европе, на Ближнем Востоке и в Африке, а также в Азии и Океании.*

**К**ритериями отбора победителей стали тесная взаимосвязь архитектурной и инженерной составляющих проекта, «зеленых» элементов и безопасности. Кроме того, постройка должна улучшать качество

жизни как отдельного человека, так и района/города в целом, а также положительно влиять на их экономическую активность и хорошо вписываться в окружающую среду.

Лучшим зданием в мире, а точнее комплексом, отвечающим этим критериям,

жюри посчитало далеко не самую высокую постройку. Комплекс Linked Hybrid имеет всего 68 м высоты. Его восемь башен связаны в овальное кольцо восемью мостиками, на которых разместились плавательный бассейн, фитнес-центр, кафе, выставочная галерея, зрительный зал и ночной клуб.

В кольце башен расположены здания меньшей высоты с садами на крыше, а между ними – двор с деревьями и водоемами. Все расположенные там учреждения – школа, магазины, кинотеатр – соединены с озелененными пространствами.

Комплекс охлаждает и отапливает геотермальная система из 660 колодцев. Использованная вода накапливается в пруду, расположенном в центре комплекса, который зимой превращается в каток. Ансамбль, доступ в который открыт со всех сторон, служит рекреационной зоной для горожан.

По мнению председателя наградного комитета СТБУН Гордона Гилла (Adrian Smith + Gordon Gill Architecture), проект «богат идеями, как с функциональной, так и с сугубо архитектурной точки зрения, предлагая передовой взгляд на проживание в плотной городской застройке».

Лучшим высотным зданием обеих Америк названа штаб-квартира компании Manitoba Hydro в Виннипеге (Канада), разработанная Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects / Smith Carter Architects and Engineers Incorporated. Тот факт, что основным мотивом для создателей Manitoba Hydro Place было устойчивое экологическое развитие, сомнений не вызывает. 115-метровое 22-этажное здание имеет один из самых низких уровней энергопотребления в Северной и Южной Америке.

Эта башня может стать образцом экологичности. Естественные источники энергоснабжения позволяют достичь

реального прорыва в снижении потребления энергии, создавая при этом комфортные условия обитания. Это превосходный пример по-настоящему интегрального конструкторского процесса, устанавливающего высокие стандарты для энергетически ответственных проектов будущего.

Расположенный по северному фасаду солнечный коллектор придает конструкции совершенно потрясающий вид и делает башню символом Виннипега. Здание отлично вписано в контекст окружающего городского пространства и не будет смотреться столь органично ни в каком другом месте. Оно могло быть построено только на данном участке и только в Ванкувере. В его образе читается вызов становящемуся уже привычным однообразию панорам городов мира. Manitoba Hydro Place указывает путь к такой архи-

ми на станцию Liverpool Street. Словно вызов постоянному движению поездов – новаторское решение системы несущих конструкций: они хорошо видны и сразу бросаются в глаза. Фасад из стекла и алюминия пересекают вертикальные, горизонтальные и диагональные полосы из нержавеющей стали, подчеркивающие несущие детали конструкции. Остроумное конструктивное решение сочетается с удачным устройством пространства под поражающими воображение наклонными колоннами, где словно наполняешься энергией этого шумного общественного места. Через здание проложен сквозной проход по участку, и это связывает его с городским пространством. Сама башня отлично вписывается в контекст Большого Лондона благодаря некоторой сдержанности ее объемно-пространственной компоновки и эсте-

Здание сохраняет свою неповторимость среди большого количества существенных архитектурных дополнений, нашедших в последнее время свое место в Сити.

Выше всех из четырех региональных победителей – Tornado Tower, самое интересное высотное здание на Ближнем Востоке и в Африке. Эта 200-метровая, 52-этажная башня, спроектированная CICO Consulting Architects & Engineers / SIAT Architekten + Ingenieure München GmbH, построена в Дохе (Катар).

Tornado Tower стоит особняком среди соискателей с Ближнего Востока и Африки из-за поразительной отточенности своих форм. Использование диагонально-сетчатых конструкций, которые здесь пришлось очень кстати, похоже продолжает завоевывать поклонников по всему миру, а в башне



Linked Hybrid



The Broadgate Tower



Tornado Tower



Manitoba Hydro Place

тектуре, которая может ассоциироваться только с одним местом на Земле и больше ни с каким другим.

В Европе на первое место жюри поставило 178-метровую The Broadgate Tower (Лондон, Соединенное Королевство), спроектированную Skidmore, Owings & Merrill LLP. В этом проекте в полной мере соединяются назначение, контекст среды и экологическая устойчивость. Здание Broadgate Tower построено прямо над железнодорожными путями, ведущи-

тическим особенностям. Чувствуется бережное отношение создателей проекта к традиционному облику лондонского Сити, и этот новодел смотрится вполне гармонично среди исторической застройки.

Как и во всех работах студии SOM, детали отработаны безукоризненно. Все продумано до мелочей – организация пространства, оболочка башни, ее каркас и инженерия, которые, кажется, изящно спаяны в одно целое без единого шва.

Tornado их достоинства особенно очевидны – и в эстетике, и в конструктивных и планировочных решениях.

Доха как-то неожиданно заявила о себе как о городе небоскребов, причем здесь, очевидно, удалось избежать некоего «экстремизма» формалистов от архитектуры, чем грешат в других ближневосточных городах. Эта столица проникнута духом уверенности в будущем, и Tornado Tower служит выражением этой неброской убежденности. ■





# РЕНЕССАНС ТУРЕЦКИХ НЕБОСКРЕБОВ





**Современное высотное строительство Турции имеет совсем недолгую историю, и тем не менее в этой архитектуре можно найти примеры, достойные уровня мирового зодчества, способные соперничать с наиболее известными проектами новейшего времени.**

**С**овременные высотные здания стали появляться в Турции в начале 1970-х годов, и подавляющее большинство из них сосредоточено в Стамбуле и отчасти в столице – Анкаре. В других районах страны, в том числе на курортном побережье Эгейского и Средиземного морей, встречаются лишь отели, которые можно квалифицировать как высотные здания. Однако наиболее интересные постройки и настоящие небоскребы все же следует искать в Стамбуле. А в последние несколько лет высотное строительство в этом городе и вовсе переживает новый расцвет. Главным культурным и одновременно религиозным комплексом Стамбула с градообразующими высотными доминантами, бесспорно, является Голубая мечеть с ее шестью минаретами. После завершения строительства этого грандиозного



Anthill Residences, Стамбул



Zitas, Стамбул



ATM Towers, Стамбул

сооружения в 1616 году мечеть стала самым важным религиозным символом в Турции. Интересно, что у традиционной мечети количество минаретов не регламентировано. Их может быть один, два, четыре и даже больше, они могут и вовсе отсутствовать, если мечеть входит в единый комплекс с медресе и караван-сараям. Но предпочтение все же отдается парным композициям, что обусловлено эстетической завершенностью и общей тягой мусульманской культуры к геометризованности форм. В отличие от православных храмов, где количество куполов имеет строго символическое значение, для мечетей не существует столь жесткой взаимосвязи между религиозным символом и количеством минаретов. Они имеют в первую очередь утилитарное значение – отсюда создают верующих на молитву. Количество минаретов больше зависит от влияния окружения, финансовых, практических и композиционных соображений.

При этом дополнительную смысловую нагрузку может нести количество балконов на минаретах. Так, в Голубой мечети балконов изначально планировалось 14 – по три на четырех основных и по два на угловых минаретах – в честь 14 султанов Османской империи, правивших до Ахмеда Первого, инициатора постройки и заказчика всего комплекса. Однако позже и в его честь был добавлен балкон. Сегодня комплекс насчитывает 16 балконов на шести высотных молитвенных башнях, возвышающихся в центре Стамбула.

Помимо минаретов традиционные высотные доминанты в Турции – башни нерелигиозного характера. В Стамбуле сохранилось несколько весьма примечательных башен.

Галатская башня (тур. Galata Kulesi, англ. Galata Tower) относится к числу наиболее важных высотных исторических сооружений Стамбула.

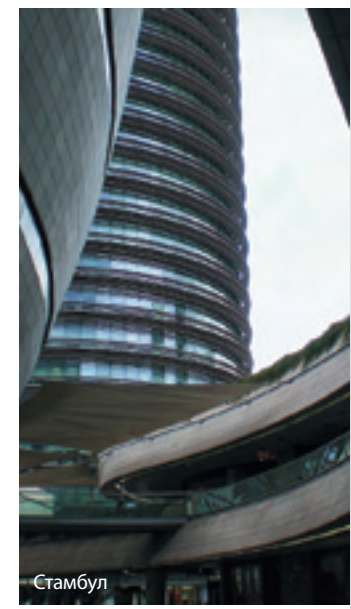
вековой архитектуры, проводилась в 1964–1967 годах, когда были восстановлены историческая кровля конической формы и лестничные пролеты. В последние несколько лет в башне появились лифт, ресторан и смотровая площадка.

В отличие от Галатской башни, расположенной в европейской части турецкой столицы, не менее знаменитая Девичья башня («Башня Леандра», Кыз Кулеси, тур. Kız Kulesi, англ. Maiden's Tower) находится в азиатской части Стамбула, на небольшом островке Босфорского пролива в районе Ускюдар. По одной из версий, ее возвели по приказу афинского полководца Алквиада для успешного противодействия персидскому флоту. По другой – построили при императоре Константине Великом для контроля за проливом. За время своего существования башня использовалась как маяк, тюрьма, карантинный изолятор и арсенал, в наши дни

Расположенная на высоком холме района Галата, 61-метровая башня видна практически из любой части города. Вместе с природным «постаментом» высота этого сооружения над уровнем моря составляет внушительные 140 м, что справедливо делает ее одним из главных высотных символов города. Башня стояла на этом месте уже в V веке н.э. Сейчас постройка является частью фортификационных укреплений, возведенных генуэзцами в середине XIV века и первоначально носивших название «Башня Иисуса». Свое современное название башня получила во времена Османской империи. После победы над генуэзцами ее продолжали использовать для защиты торговых и военных кораблей, причаливавших в этой зоне. А во время правления султана Мурада Третьего (вторая половина XVI века) башня использовалась как обсерватория. Реставрация башни, до сих пор носящей черты как византийской, так и генуэзской средне-

там располагается модный ресторан. А в знаменитой киноэпопее про Джеймса Бонда Девичья башня служила резиденцией коварной героини Софи Марсо.

Многочисленные варианты названия связаны с различными романтическими и трагичными легендами. Девичья башня была названа в честь дочери султана, которую отец хотел уберечь от смерти и для этого запер в башне, пытаясь противодействовать пророчеству, но безуспешно... (По другой версии девушку все же спас иноземный принц.) Название «Башня Леандра» относится к древнегреческому мифу о запретной любви юноши Леандра и жрицы Афродиты Геро, нарушившей ради возлюбленного обет безбрачия. Для встречи с любимой Леандр каждую ночь переплывал пролив Дарданеллы, ориентируясь на сигнальный огонь внутри башни. Но по велению разгневанных богов однажды огонь угас и юноша утонул. Убитая горем



Стамбул



Геро бросилась с башни в море. В многочисленных названиях этого древнего сооружения отразились различные культурные и исторические пласты развития Византии – Константинополя – Стамбула. Свой современный вид Девичья башня получила в середине XX века, когда была реконструирована в соответствии с обликом, сохранившимся к началу XIX столетия. Она по сей день является одним из ключевых исторических зданий крупнейшего города Турции.

Еще одна достопримечательность в европейской части Стамбула – университетская «Башня Беязит» (тур. Beyazit Kulesi, англ. Beyazit Tower). Хотя ее высота и составляет всего 85 м, расположение на холме делает башню заметным визуальным символом целого района. В ней четыре этажа, имеющих самостоятельные названия, к декори-

турецкой столицы. Еще одним районом высотных зданий является Меджидиекёй (Mecidiyeköy), где высотки наложены на традиционную структуру узких улочек мусульманского города. Эта часть города – демонстрация всевозможных ультрасовременных технологий. Даже крупнейший рынок антиквариата располагается в высотном здании Mecidiyeköy Antikacolar Carsosi. Новейшие архитектурные тенденции можно обнаружить и в районе Бейликдюзю (Beylikduzu), где находятся крупнейшие в стране выставочные центры CNR и TUYAP (Convention and Congress Center Tuyap Fair).

К разряду наиболее запоминающихся среди ранних турецких небоскребов следует отнести здания штаб-квартиры национального телевидения. Здание из преднапряженного бетона, построенное в 1972



рованному беломраморному объему ведут 180 деревянных ступеней. Первоначальное назначение башни – смотровая пожарная вышка. Она была построена архитектором Бальяном в 1828 году по приказу султана Махмуда Второго. По сравнению с Девичьей, являющей собой образчик суровой османской оборонительной архитектуры, и Галатской, на которой отразилось влияние романской фортификационной традиции, художественное решение «Башни Беязит» – изящный пример воздействия светской европейской архитектуры на турецкую архитектурную школу.

Средоточием наиболее интересных современных высотных зданий Стамбула стал деловой центр города – районы Маслак и Левент. Отдельно стоящие офисные высотки и фешенебельные отели на холмах формируют современную часть панорамы



году, стало одним из первых настоящих небоскребов страны (236 м). Его спроектировала компания DB Architecture and Consulting – одна из ведущих турецких архитектурных фирм, выступающая в партнерстве с Binyamin Derman и Dilek Toruz Dermanthe и создавшая наиболее яркие здания в стилистике хай-тека во всей Турции. Сегодня есть серьезная потребность в создании нового высотного здания для ТВ в Стамбуле. По новому проекту здание должно быть 250-метровым, где через каждые 10 этажей офисов имеется технический этаж. В закрученной спирали аркаде основания расположатся новые магазины и рестораны, появятся несколько смотровых площадок на разных уровнях. Однако сроки реализации этого замысла компании-заказчика Calik Holdings пока не утверждены.







Sapphire Tower, Стамбул

Самым высоким завершенным зданием сегодня считается 52-этажный офис Is Bank Tower 1, входящий в большой комплекс Is Bankasi Towers Complex в районе Левент. Поднимающийся на высоту в 194 м небоскреб определенно имеет общие черты с нью-йоркской башней Дональда Трампа (New York's Trump Tower), спроектированной тем же бюро Swanke Hayden Connell Architects. Помимо 30 этажей собственно офисных площадей здание вмещает театр на 800 мест, выставочную галерею и обширные общественные пространства входной группы. Открытый в 2000 году, небоскреб буквально начинен самими современными техническими решениями.

Компания Powerwave Technologies оборудовала здание самыми современными устройствами на коаксиальном кабеле. Это первый в Турции небоскреб, оснащенный самыми современными коммуникациями.

Одним из крупнейших жилых высотных проектов Турции должен стать небоскреб Arkon Building в Стамбуле, а вторым по масштабности и высоте – комплекс Arkon Park Residence того же застройщика

Arkon Construction Industry & Trade Inc. Небоскреб Arkon Building представляет собой двухчастный призматический объем, где части, закрепленные на едином стилобате в одну четверть высоты зданий, сопрягаются под острыми углами. Новый комплекс будет доминировать как над окружающей (также высотной) застройкой, так и над фрагментами зеленой зоны, примыкающей к нему с двух сторон. Что касается второго проекта, то в районе Халкалы (Halkal) планируется возвести две цилиндрические башни из стекла и бетона – достаточно консервативного дизайна – высотой в 29 и 34 этажа соответственно, рассчитанные на 538 апартаментов. Arkon Park Residence построят в парке, рядом с живописным озером, что выдвинет экологическую составляющую на первое место в ряду особых достоинств нового жилого комплекса.

Вскоре в Стамбуле будет реализован еще один проект, претендующий на звание самого фешенебельного и престижного жилого комплекса десятилетия. Внешний облик башен отсылает зрителя к постмодернистским вариациям на темы ар-деко. Трехчастное вертикальное членение фасадов, ступенчатые завершения, выраженный вертикализм и фактурность фасадов позволят зданиям выделиться среди всех небоскребов Стамбула. Башни Anthill Residences из голубого стекла и белого бетона поднимутся на 220 м. Проектировщики постарались сделать отсылки к американским прототипам ассоциативными, избегая прямого цитирования образов известных небоскребов. Базируясь на общем основании, прямоугольные в плане башни визуально разрушают тяжеловесность призматических объемов. Такой эффект достигается благодаря динамическим перепадам высоты к внешнему углу каждого объема, а не по центру, как в более классических решениях. В комплексе будут спа- и рекреационные зоны, гимнастические залы и площадки для игры в баскетбол и теннис, национальные рестораны и большой торговый комплекс.

В парных башнях Anthill Residence насчитывается по 54 этажа, поэтому вопрос адекватного инженерного оснащения и удобства использования лифтов являлся одним из ключевых. Наиболее приемлемое решение – 14 лифтов с рекордной скоростью 6 м/с – предложила компания KONE. (Эта же фирма оборудовала 52 скоростными лифтами и шестью эскалаторами небоскребы московского Сити – многофункциональный комплекс «Город столиц».) Башни Anthill Residence станут первыми в Турции высотными зданиями, оснащенными уникальной разработкой KONE EcoDisc(r) – новаторской энергоэффективной технологией. Установку скоростных лифтов в комплексе завершат в 2010 году, а к декабрю комплекс уже будет заселен.

В соответствии со стратегией развития Стамбула район Atasehir должен принять на себя часть функций делового квартала Левент и создать наиболее комфортные условия для модернизации финансового сектора турецкой экономики. Развитие

Atasehir, расположенного в азиатской части города, было инициировано в 2007 году премьер-министром Тайипом Эрдоганом (Reser Tayyip Erdogan) с целью перенести штаб-квартиры наиболее крупных национальных банков из Анкары в Стамбул. Планировался перевод основных офисов таких крупных игроков национального финансового рынка, как банк Ziraat Bankasi, Halkbank и Vakıfbank, а также Турецкого Центробанка (Turkish Central Bank, Banking Regulation and Supervision Agency (BDDK)) и компании Capital Markets Board (SPK). Перенос основной активности крупнейших банков страны в Стамбул оправдан и с транспортной точки зрения, ведь район Atasehir находится на пересечении линий строящейся разветвленной сети метро, дороги к новому аэропорту Sabiha Gokcen Airport с двумя главными автодорогами между Стамбулом и Анкарой. В новом районе Atasehir особое внимание уделяется экологичности сооружений. И в новых офисах, и в жилых небоскребах будет действовать хорошо продуманная современная система энергообеспечения и климат-контроля, а также система вторичного использования и переработки отходов. Разработкой общей стратегии планирования занимается компания Mass Housing Administration (TOKI).

Учитывая заинтересованность турецких заказчиков в строительстве новых высотных комплексов, активную экспансию на этот рынок стала проводить известная британская проектная фирма RMJM, имеющая несколько иностранных отделений и штаб-квартиру в Эдинбурге. RMJM планирует построить в Стамбуле первую «зеленую» башню. Масштабная высотка появится в районе Atasehir. Расположенный на участке в 107 кв. м, новый комплекс будет включать 60-этажную башню с 1500 жилыми апартаментами, пятизвездочный отель, офисы и конференц-залы. Кроме того, здесь будут предусмотрены живописные общественные пространства и обширные паркинги. Все апартаменты имеют прекрасные виды на Босфор с запада и побережье Мраморного моря с юга. Существенная составляющая проекта – очистка и сохранение дождевой воды, а также эффективные энергосберегающие технологии. Сотрудники RMJM старались максимально учесть специфику участка и климатические особенности региона, чтобы внедрение новейших «зеленых» технологий органично сочеталось со своеобразной турецкой городской архитектурой. Подобный подход, в свою очередь, позволит говорить об этом проекте как о самом крупном экологически ориентированном многофункциональном комплексе страны.

Управление проектом осуществляет авторитетная турецкая компания Varyap Meridian, часть холдинга Varlibas Group International. Помимо возведения высотной башни бизнес-центра проект предполагает строительство жилых зданий в терракотовых, синих и белых тонах и включает 1500 квартир 450 различных типов – от студий до апартаментов с пятью спаль-

нями и пентхаусов. По мнению одного из владельцев компании M. Erdinc Varlibas, подобные проекты позволяют поднять на новый качественный уровень представления о современной городской архитектуре и способах интеграции как внутри исторической застройки, так и природного ландшафта. Проект, на полное обслуживание которого потребуется около 20 тыс. человек, будет завершен в 2011 году.

Амбициозные планы по созданию уникального современного архитектурного памятника в развивающемся финансовом районе Стамбула подтвердил глава турецкого представительства компании RMJM Крис Джонс (Chris Jones). На его взгляд, новые небоскребы комплекса не только продемонстрируют гра-



мотную работу архитектора с историческим, культурным и природным окружением, но позволят расширить представления о возможностях новейших технологий и материалов в турецкой архитектуре.

Претензия на создание архитектурного шедевра нового времени явственно прочитывается и в другом проекте турецкого отделения RMJM – уже для Анкары. Архитектурный образ нового 24-этажного отеля J. W. Marriott Hotel в столичном районе Согутозу (Sogutozu) лаконичен и скульптурно самодостаточен. В этом проекте, выполненном по заказу компании-девелопера Ozkar Construction Co., экологическая составляющая инженерного оснащения также немаловажна. Проект предусматривает использование солнечной энергии для обеспечения внутренних потребностей комплекса, для этого западный и восточный фасады оборудованы специальными стеклянными «занавесками», выполненными из экологически чистых материалов. В новом отеле будут удобные парковки, просторные бальные и конференц-залы, выставочные пространства, фешенебельные магазины и рестораны. Основные общественные пространства раз-

Один из вариантов  
Agaoglu Residential Tower





Проект Atasehir, Стамбул



Проект Skyport Residence, Стамбул

мещаются в первых четырех уровнях и под землей, а начиная с пятого этажа расположатся 400 номеров отеля. Вокруг башен разобьют скверы, дополнив их прочими изысками ландшафтного дизайна, дабы увеличить количество зелени, столь необходимой в этом жарком климате. Расположение комплекса и его обособленность от остальной застройки турецкой столицы существенно меняют высотный горизонт всего города, добавляя ему своеобразия и узнаваемости. По предварительным данным проект стартует в следующем, 2010 году.

Несмотря на мировой экономический кризис, крупнейший город Турции – Стамбул – развивается довольно динамично. В 2007 году в Левенте началось строительство «супертонкого» 261-метрового небоскреба Sapphire для Biskon Construction по проекту национальной компании Tabanlıoğlu Architects. Помимо оригинального соединения основания с объемом – в виде плавно ниспадающих кривых облицовок боковых фасадов – это элегантное здание имеет не только развитую вну-

тренную инфраструктуру, но и удобные внешние транспортные связи с городской средой (дополнительные парковки, выход к линии метро и т.д.). Строительство этого многофункционального небоскреба на данный момент уже завершено.

На сегодняшний день в Турции нет сооружений, превышающих 300-метровую отметку. Однако компания Sahinler Holdings намерена преодолеть этот рубеж. Предлагаемый ими 60-этажный небоскреб İpek Yolu на 475 жилых апартаментов и 90 офисных съездов поднимется в стамбульском районе Бейлиkdüzü.

Строительство башни будет вестись одновременно с возведением торгового комплекса, оборудованного плоскими озелененными кровлями и имеющего открытый центральный атриум. Фасадные решения нового небоскреба и торгового центра переключаются – стеклянная облицовка будет менять цвет от интенсивно-зеленого до сине-голубого. И если у высотного здания конструктивная сетка фасадов создает впечатление динамического стремления вверх и поворотов за углы основного призматического объема, то сложный протяженный фасад торгового комплекса подчеркивает горизонтальную динамику композиции плавными скруглениями частей здания. Асимметрично «срезанные» части завершения небоскреба имеют сходство с короной, но исключительно современного дизайна.

Если в комплексе İpek Yolu реализуются смелые замыслы архитекторов, то у него есть все шансы стать настоящей жемчужиной высотного строительства всего региона, достойного соперничать по достижениям в этой области на мировом уровне.

Еще одной интересной задумкой является башня Tasyarî Seyrantepe Tower высотой в 255 м. Основное назначение этого 75-этажного здания, спроектированного Хаканом Кираном (Hakan Kiran), – жилые апартаменты для постоянного проживания и сдачи внаем. Небоскреб представляет собой композицию в виде двух разновысоких обтекаемых объемов из стекла и бетона, скрепленных вокруг единого вертикального «стержня» и нашедших отражение в

двух стеклянных горизонтальных «лучах» нижней общественной зоны. Башни, удивительно напоминающие лондонский проект Skyhouse, планируется построить рядом с торговым комплексом, в непосредственной близости от стадиона Galatasaray в Сейрантепе (Seyrantepe), на пересечении дорог между районами Левент и Маслак. Поскольку городские власти очень заинтересованы в улучшении имиджа района Сейрантепе, то строительство новой высоты именно в этом месте представляется весьма реалистичным.

Решая утилитарные вопросы при строительстве новых высотных жилых комплексов в Стамбуле, турецкие проектировщики серьезно рассматривают и возможности создания символических объектов, в большей степени предназначенных для придания архитектуре города нового ультрасовременного имиджа. К разряду подобных зданий относится 34-этажный небоскреб Skyport Residence. Его облик напоминает скорее гиганскую 120-метровую антенну или телебашню сугубо футуристического дизайна, чем традиционную обитаемую структуру. Подиум оригинального сооружения закручивается в виде полупрозрачной стеклянной кривой, вписанной в пропорции золотого сечения, в который по центру круга вставлена бетонная вертикаль переменной ширины (максимально широкая в середине высоты). На этом уровне закреплены парные ванты, удерживающие остов в вертикальном положении. В этом космическом сооружении расположатся 112 роскошных номеров отеля и автостоянка на 700 машино-мест. Проект смелого инженерного решения Skyport Residence выполнил известный конструктор г-н İrfan Balioglu, а за воплощением его замыслов следят специалисты девелоперской компании Gulyarı. Строительство башни ведется с середины 2008 года и должно быть завершено в 2011 году, что, безусловно, обогатит архитектуру Стамбула своеобразным и запоминающимся высотным зданием.

Несмотря на кризис, в 2009 году на суд турецкой общественности было представлено довольно много проектов высотных зданий, демонстрирующих стабильность и успешность турецкой экономики. К разряду наиболее ярких предложений следует отнести проект 45-этажной башни Agaoglu Residential Tower для Стамбула по проекту местной архитектурной фирмы Camoglu. Архитекторы выполнили четыре варианта небоскреба, и каждый по-своему интересен. Первоначальный проект предусматривал цилиндрический стеклянный объем с двумя башнями разной высоты, выполненными из выбеленной стали и стекла с прямоугольными горизонтальными окнами. Две цилиндрические зеленые стены закручивались ввысь над широкой аркой подиума. Второй вариант проекта базировался на соотношениях упрощенно-готических арок, выполненных полностью в стекле на строго вертикальной сетке и начинающихся над боль-



J. W. Marriott Hotel, Стамбул

шим готическим окном, здание венчал высокий шпиль. Третий вариант проекта – простой призматический объем, поставленный на подиум с озелененной эксплуатируемой кровлей. Этот вариант проекта отличается большим цветовым разнообразием. Четвертый и окончательный проект небоскреба – монументальная композиция из цилиндрического «ствола» с серией горизонтальных изогнутых дуг и вогнутых цельных боковых поверхностей. Фасады имеют затейливую геометрическую серебристо-зеленую сетку. Центральная часть здания визуально максимально облегчена и светопроницаема. Строительство башни должно начаться в этом 2009 году.

Другим высотным проектом компании Camoglu Architecture для Стамбула может стать 55-этажный небоскреб Erkan Business Centre в районе Umraniye. Его сложная конфигурация, меняющиеся очертания планов в зависимости от высоты этажа, подчеркивается на фасадах использованием активного цветового контраста синего и белого, что достаточно традиционно для новейшей турецкой архитектуры. Почти готические декоративные арки по всей высоте фасадов придают зданию неповторимый облик, а форма стилобата из двух скрещенных дуг усиливает это нестандартное впечатление и на уровне восприятия пешехода. Природное окружение новой офисной башни поддерживается ландшафтным дизайном эксплуатируемой кровли стилобата. В целом, с архитектурно-художественной точки зрения проект бизнес-центра Erkan выглядит весьма убедительно.

Архитектура большинства строящихся в Турции небоскребов несет на себе четкий отпечаток утилитарности в решении образно-художественных задач. Однако среди проектов, разработанных в последние два-три года, в особенности для Стамбула, уже можно обнаружить весьма небанальные. И если хотя бы часть из них удастся реализовать, то современная турецкая высотная архитектура сможет соперничать с ведущими архитектурными школами современности. ■



Проект телевизионной башни (вариант)



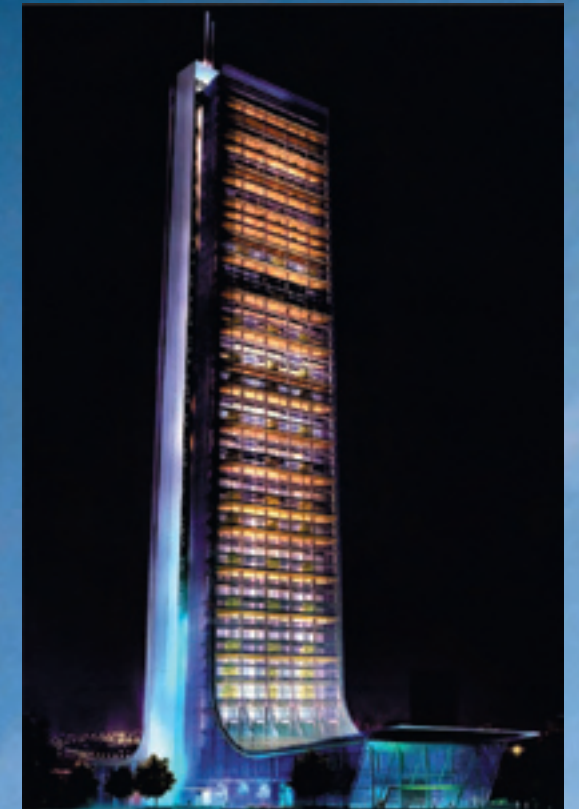
# САПФИР

## В ВЫСОТНОЙ КОРОНЕ СТАМБУЛА

*Стамбул – удивительный город. Его кварталы раскинулись на 150 км в длину и 50 км в ширину сразу в двух частях света – Европе и Азии. Улицы Стамбула сбегают с холмов к Мраморному морю, ведут к проливу Босфор и бухте Золотой Рог, которая делит европейские кварталы на две части. Стамбул принадлежит не только к различным частям света, но и различным культурам. Здесь оставили свой след греки, римляне, турки... Современный Стамбул активно развивается. Ежегодно появляется 30 новых улиц, а по оси запад-восток – строятся жилые районы. Деловые кварталы украшают драгоценные короны небоскребов: в Маслаке возводится 270-метровый «Алмаз», а в Левенте вскоре засияет «Сапфир».*

261-метровая башня Istanbul Sapphire спроектирована студией Tabanlıoğlu Architecture для Biskon Construction, дочерней структуры Kiler Group. Она строится в европейской части города, деловом центре Levent, вдоль улицы Буюкдере. Это одна из наиболее важных хозяйственных зон не только благодаря своему расположению на перекрестке международных автострад, связывающих Европу и Азию, но и потому что здесь размещены штаб-квартиры ведущих турецких и транснациональных банков, компаний всемирно известных торговых марок, Стамбульской фондовой биржи и дорогих магазинов. «Стамбульский сапфир» будет самым высоким зданием делового района Levent и вторым по высоте в Стамбуле и Турции. Кроме того, он займет второе место в Европе среди жилых небоскребов, где лидерство принадлежит московскому 264-метровому «Триумф-Паласу».

Эта прозрачная и легкая башня, строительство которой ведется с применением самых передовых технологий, украсит городской силуэт. Если смотреть издали, здание почти незаметно сужается вверх, а на высоте четвертого этажа плавно



### ISTANBUL SAPPHIRE

- Высота – 261 м (238 м надземной части + 23 м шпиль)
- Количество этажей – 64 (54 надземных, 10 подземных)
- Расположение – Стамбул, деловой район Levent
- Первое и уникальное экологическое здание в Турции
- Общая площадь застройки – 157 800 кв. м
- Торговые площади – 35 000 кв. м
- Планировка квартир – 22 варианта размерами от 120 до 550 кв. м
- Вертикальные сады на высоте от 40 до 200 м



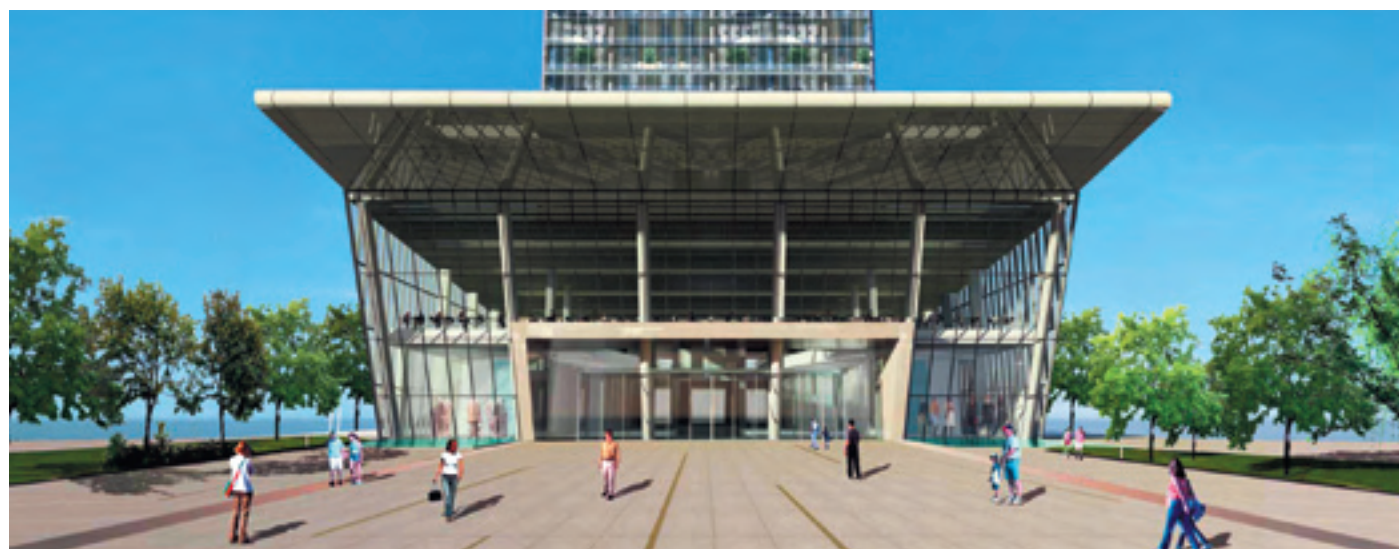


Строящаяся башня переходит в широкий стилобат, где за стеклянным фасадом приветливо мигают огоньки торгового-развлекательного центра. Оригинальное устройство этого компонента застройки как единого и в то же время многоуровневого пространства направлено на расширение границ традиционных представлений о походе за покупками.

Всего в башне насчитывается 64 этажа: 54 надземных и 10 подземных. 47 этажей отведены под жилье, на шести подземных уровнях разместятся

автостоянки для жильцов и посетителей, а четыре займет гипермаркет.

Транспортная доступность обеспечивается за счет удобного расположения здания (вблизи станции метро), а шестиуровневый подземный гараж решит проблему парковки автомобилей. К особенностям проекта можно отнести и то, что каждый десятый этаж предназначен для зон отдыха или технических нужд. На высоте 163 м разместятся поля для мини-гольфа, а на



30-метровой отметке откроют плавательный бассейн.

Под строительство башни городские власти отвели участок площадью 157 800 кв. м (основание башни – 11 339 кв. м). К реализации проекта приступили в 2006 году. Под Istanbul Sapphire был вырыт котлован глубиной 42,5 м. Для Турции это первый опыт подготовки котлована такой глубины. Летом 2009-го закончены основные строительномонтажные работы. Открытие торгового центра запланировано на февраль 2010 года, а продажа апартаментов должна завершиться в III квартале следующего года.

При возведении башни был использован только один кран, а материалы и строителей к рабочим зонам доставлял подъемник, перемещающийся вдоль мачты, прикрепленной к стене здания. Для соблюдения производственного графика одного-единственного башенного крана и подъемника с двумя клетями оказалось вполне достаточно, чтобы покрыть всю относительно небольшую стройплощадку, даже когда работы велись на самом последнем, 54-м этаже. Подъемник использовался на всех этапах строительства. Максимальная скорость подъема клеток, перемещающихся независимо относительно друг друга, – 40 м/мин. Соображения безопасности были главным доводом в пользу выбора подъемника, позволяющего в полной мере оценить преимущества использования единой мачты для двух клеток. Благодаря приводу, который расположен на одной стороне квадратной мачты, противоположная сторона свободна для работы другой независимой платформы.

Грузоподъемность каждой из клеток – 2 тонны, ее размеры составляют: по ширине – 1,5 м, длине – 3,2 м и высоте – 2,55 м. Подъемник оказался подходящим для доставки не только сыпучих материалов, таких как мешки с цементом или поддоны с плиткой, но и разнообразных трубопроводов и коробов.

В отличие от зеркальных фасадов соседних небоскребов для Istanbul Sapphire было выбрано прозрачное остекление, что тем не менее не мешает зданию гармонично вписываться в существующую застройку. К тому же таким образом подчеркивается ощущение прозрачности, связности и целостности объекта, а жильцы могут любоваться прекрасными панорамными видами.

Фактически башня имеет два фасада, конструкция которых должна защищать здание не только от неблагоприятных климатических воздействий, но и от шума – неизбежного спутника большого города. Устройство высокотехнологичного двойного фасада положительно сказывается на функциональности летних помещений, включая балконы, ведь, препятствуя проникновению вредного ультрафиолета, остекление не ухудшает характеристик естественной освещенности.

Благодаря особой системе вентиляции внутри здания можно постоянно поддерживать заданные климатические параметры. Двойная защита,

которую обеспечивают ограждающие конструкции, позволяет пользоваться и садом, и балконом в квартире вне зависимости от погодных условий. И наконец, превосходные изолирующие свойства двойного фасада способствуют максимальному энергосбережению. Сокращение энергопотребления достигается и за счет применения экологических технологий в системах комплекса. Конструкция двойного фасада позволяет обеспечить естественную вентиляцию помещений, предусмотрена и возможность открытия окон. Освещенность улучшается за счет прозрачного остекления фасадов и четырехметровых потолков. Особая навесная система, которая в автоматическом режиме меняет свое положение в зависимо-

Разрез здания







Интерьеры сти от времени года и суток, обеспечит поглощение ультрафиолетового излучения и избыточного солнечного света. Здание будет оснащено современными электронными системами эксплуатации «умный дом», гарантирующими его обитателям комфортное проживание.

Системы двойных фасадов здание в Турции с низким уровнем потребления электроэнергии и оптимальным использованием

природных ресурсов. Данному направлению в проектировании и строительстве сейчас уделяется большое внимание во всем мире. Не исключение и современные турецкие небоскребы.

Поскольку этот высотный комплекс изначально задумывался как жилой, при его проектировании большое значение придавалось так называемому «человеческому измерению». Здесь немало примеров сочетания экологического подхода с эсте-

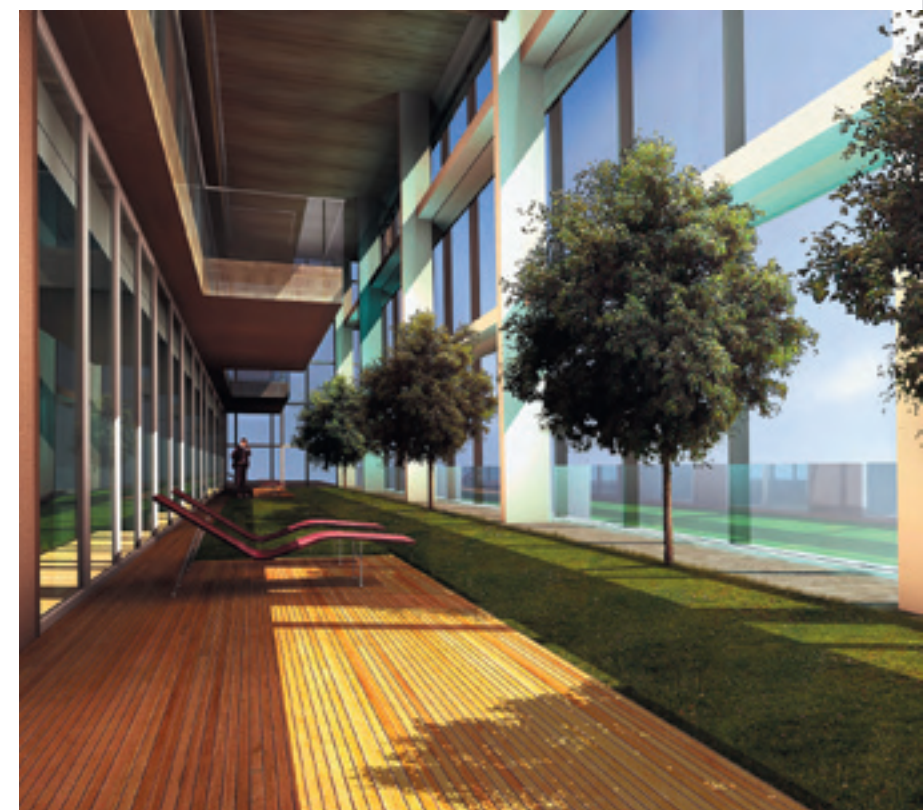
тическим. Это, в частности, выражается в остроумном решении вертикальных садов, расположенных на каждом этаже. Большие по площади зимние сады, повторяющиеся через каждые девять этажей, не только радуют глаз, но и позволяют создать зоны отдыха, где можно проводить различные общественные мероприятия. Каждый сад будет по-своему уникален.

Для Istanbul Sapphire разработаны 22 варианта планировки квартир, жилая площадь которых составляет от 120 до 550 кв. м. В квартирах будет парадный и черный вход, а у каждой спальни – собственная ванная комната. В пределах четвертой жилой зоны лифт доставляет жильцов прямо в апартаменты.

В устройстве апартаментов четко прослеживается стремление соединить простор, естественное освещение, прекрасные виды из окон и другие функциональные и эстетические характеристики.

В башне разместятся спа-салоны, массажные кабинеты, бары и гостиные, окна большей части которых будут выходить на самую зеленую лесопарковую зону Стамбула, отличающуюся особой притягательностью.

Проект Istanbul Sapphire основан на понимании запросов квартиросъемщиков. Для поддержания высочайших стандартов качества жизни здесь применяют индивидуальный подход. Целью проекта было создание «естественной среды обитания», соответствующей местоположению небоскреба – элитному району Стамбула. Этот проект станет воплощением представления о стиле жизни компании-застройщика Biskon Construction, а также образцом инновационной архитектуры,



Зеленые зоны между фасадами

который добавит привлекательности городу. Безукоризненное изящество Istanbul Sapphire, новаторство конструктивных решений и применяемых технологий, не говоря уже об электронной «начинке» и качестве обслуживания, обещают сделать этот небоскреб настоящим законодателем мод в высотной индустрии. ■





# ПЕРВЫЙ КАНАЛ ПРОТИВ ОХТЫ

## ЗАКАЗ ИЛИ МНЕНИЕ «СУДИТЕ САМИ»



Филипп Никандров

*В первом номере журнала «Высотные здания» за 2009 год я обстоятельно описал концепцию проекта «Охта-Центра», подробно остановившись на уникальных и инновационных решениях. Разумеется, мы в RMJM гордимся результатом работы нашего многочисленного и многонационального международного коллектива архитекторов, инженеров, визуализаторов, всех, кто работал над проектом комплекса, решая разнообразные эстетические, планировочные, технические и инженерные задачи и проблемы. Это поистине уникальный проект как для России, так и в мировом масштабе.*

В последние три года нам удалось до совершенства отточить объемно-планировочные решения в тесной интеграции с конструктивом и сложнейшим комплексом инженерных систем будущего здания. В сотрудничестве с несколькими десятками лучших проектных компаний из России, Великобритании и Германии мы создаем будущее Петербурга, проект, которым горожане будут гордиться многие десятилетия. Концепция башни была опубликована во многих периодических изданиях и в 2008 году попала в книгу «Самые удивительные небоскребы мира» под редакцией Антонио Террановы, выпущенную в том числе и на русском языке. Международные эксперты в высотном строительстве высоко оценили проект, я и мои коллеги участвовали в нескольких международных конференциях по приглашениям зарубежных профессиональных сообществ. И если в прошлом году на конференции по высотному строительству в Москве я докладывал об эстетических и технических аспектах проекта, то в этом году «Совет по высотным зданиям и городской среде» (СТВУН – международная некоммерческая организация, отмечающая свое 40-летие) заинтересовался политической составляющей нашего проекта. На октябрьской международной юбилейной конференции в Чикаго доклад Тони Кеттла, моего коллеги и соавтора концепции башни, получил наивысшую оценку участников как самый интересный. И тема доклада «Политика в высотном строительстве» весьма симптоматична и чрезвычайно актуальна для строительства в европейских городах (высотного и не только), сохранивших ядро исторического центра. ЮНЕСКО неоднократно высказывала озабоченность по поводу высотно-

го строительства в Лондоне, угрожала исключением из списка всемирного наследия Кельну и недавно исключила Дрезден за строительство (нет, не небоскреба!) моста через Эльбу.

Однако несмотря на то, что планируемая высотная составляющая «Охта-Центра» расположена гораздо дальше от ядра исторического центра и от его исторических вертикальных доминант (по сравнению со сложившимися прецедентами возведения небоскребов в таких городах Европы, входящих в перечень всемирного наследия ЮНЕСКО, как, например, Париж, Лондон, Вена, Барселона, Мадрид, Брюссель, Милан, Лион, Берлин, Амстердам, Варшава, Прага, Вильнюс, Рига, Таллин и, разумеется, Москва), информационная война по отношению к проекту, спровоцированная и поддерживаемая различного рода презервационистскими группами и организациями, по размаху обструкционистской деятельности сегодня не имеет прецедентов в истории мирового градостроения. И война эта со стороны оппозиции ведется с использованием приемов геббельсовской пропаганды: массмедиа тиражируют лживые заявления оппонентов строительства и репродуцируют картинки-страшилки, сфальсифицированные в фотошопе анонимными авторами. Различного рода лживые петиции и манифесты фантазируют на тему того, как будущая башня «изуродует», «осквернит», да и просто «уничтожит» исторический центр Санкт-Петербурга, при том что известно, что она будет строиться на промышленной окраине города и на почтительном расстоянии от ансамблей центральных исторических доминант. Однако в головы сограждан и международной общественности вот уже четвертый год надрывно и с остервенением вбивается один и тот же

ничем не подкрепленный призыв: «Спасите Петербург от башни Газпрома!».

Проект «Охта-Центра» встретил сопротивление сразу после объявления Газпромом в 2006 году о планах строительства штаб-квартиры в Санкт-Петербурге на Охте как общественно-делового центра с высотной доминантой. Тогда этот проект назывался «Газпром-Сити», вскоре его переименовали в «Охта-Центр», полагая, очевидно, что ребрендинг поможет снять накал страстей. Борьба против проекта развернулась сперва на местном, а потом на федеральном и международном уровнях. Очень скоро для обеих сторон она превратилась в информационную войну с использованием всех возможных механизмов влияния и инструментов манипулирования общественным сознанием. В это противостояние оказались активно вовлечены все отрасли массмедиа: телевидение, радио, пресса и Интернет. Началась настоящая охота за «говорящими головами»: мнения известных деятелей культуры, науки, спорта и политики как «за», так и «против» наводнили страницы и экраны местных медиаресурсов. За редким исключением, почти все сколь-нибудь известные личности Санкт-Петербурга были втянуты в кампанию либо сторонников, либо противников строительства, оказавшись среди подписантов тех или иных воззваний к губернатору или президенту России. К хору оппонентов вскоре присоединились чиновники из ЮНЕСКО, а их разгорающиеся разногласия с городскими властями по поводу пересмотра границ охранной зоны, случившегося еще задолго до проекта Газпрома, только усугубили этот конфликт.

Итогом войны оказался настоящий раскол города на два непримиримых лагеря. Дело дошло до попыток оппозиции

организовать референдум и решить судьбу проекта народным голосованием. Никогда еще общественное мнение в Санкт-Петербурге не поляризовалось столь отчетливо по вопросам архитектуры и градостроительства, ведь эти виды искусства давно уже не были в фаворе у петербуржцев (едва ли даже эрудированный горожанин сможет назвать имена пяти выдающихся современников-зодчих, не только земляков, но и россиян). Поэтому поляризация эта произошла скорее искусственно, и не на основе каких-либо эстетических или культурологических аспектов, от которых среднестатистический потребитель архитектуры – горожанин весьма далек, а во многом благодаря искусственной политизации вопроса оппонентами. Для оппозиционных партий, мелких маргинальных политических движений и различного рода фондов, занимающихся «охранительной» деятельностью, башня послужила своего рода удобным трамплином, политическим громоотводом и прекрасно видимой мишенью для атак, реально направленных против правящих в России политических сил, тех властных структур в стране и в городе, которые действительно пользуются реальным авторитетом избирателей, в отличие от непопулярных левых и правых оппозиционных партий, которые уже несколько выборов подряд не могут преодолеть семипроцентный барьер в Думу. Именно вокруг критики проекта строят свои избирательные кампании и политические программы в Петербурге – и «Яблоко», и коммунисты, и эсэры и даже нацболы с ними заодно. Вокруг этой единой и неделимой для всех политических маргиналов идеологической платформы, основанной на «небоскребофобии» в конкретно взятом городе, в ходе «сражений» на фронтах



Существующий градостроительный контекст «Охта-Центра» (красной линией показана граница объединенной охранной зоны исторического центра)



информационной войны постепенно выкристаллизовывался слой социальной поддержки из той части плохо осведомленной (а потому рефлексирующей) интеллигенции (и прежде всего творческой), каковая страдает «боязнью высоты» по той простой причине, что «Охта-Центр» – это очевидно и бесспорно – проект российского политического истэблшмента, а российская интеллигенция априори против любой власти. И именно потому для очень многих публичных людей «Охта-Центр» стал удобным поводом напомнить о себе, сколотить небольшой политический капитал или гордо погреться в лучах безопасного и скорее метафорического сопротивления «правлящему режиму госкорпоративного капитализма», что так стремится к воплощению в архитектуре. Хотя дело здесь вовсе не в критике архитектуры.

В этой войне «авторитетов» и голосов стороны постоянно подсчитывают сколько «селебритиз» высказалось «за» и «против», сколько сторонников или противников выявил тот или иной ангажированный опрос общественного мнения (в зависимости от заказчика опроса). Здесь появился уже чисто спортивный интерес, народ разделился на две «команды», что непривычно для города, где все единодушно болеют за «Зенит». В премьер-лиге играют пять столичных клубов, и потому москвичи изначально толерантны к спортивному инакомыслию земляков, не говоря уже об инакомыслии эстетическом. Жителям столицы не вполне понятны страдания петербуржцев по поводу того, что не все земляки разделяют их взгляды на вопросы градостроительства и архитектуры. Москва как столица мировой эклектики беспринципна, полигамна и всеядна, переварит в себе любую эстетику и любой стиль. Петербург – как город трех революций и воплощение монарших градостроительных фантазий – нетерпим к противоположному мнению, хронический однолюб и максималист, давно сидит на «архитектурной диете», по-обломовски созерцателен, по-декадентски горд своим медленным увяданием и старческими морщинами и может дать фору Бриджит Бардо в своем неприятии пластической хирургии и подтяжек лица. Как в спортивном чемпионате, так и в вопросах культуры и искусства (к каковому относится и архитектура) единое мнение и полное общественное согласие – вещи абсолютно недостижимые. Концепция башни стала объектом новой символики города, а в России никогда не было и никогда не будет общественного согласия по вопросам символики: ни по флагу, ни по гербу, ни по гимну – всегда в России принималось волевое решение безо всяких референдумов и волеизъявлений электората. Начиная от крещения Руси вопросы выбора религии, стрижки бород, переноса столиц и переименования городов всегда находились в компетенции правящих элит. Любая попытка решать вопросы символики демократическим голосованием оборачивается очередным расколом общества. Как можно грезить о единстве и солидарности горожан в вопросах городской эстетики, если даже в свое время переименование Ленинграда в Санкт-

Петербург состоялось с таким маленьким перевесом (54% «за»), что надолго отбило желание у власти проводить референдумы.

Призрак «Охта-Центра» всколыхнул глубинные основы петербургской ментальности и расслоил общество на тех, кто смело идет в будущее, и на тех, кто живет прошлым. Концепция башни представляет собой новый символ Санкт-Петербурга современного. Каждая эпоха оставляла о себе память в виде вертикальной доминанты на небесной линии города. В XVIII веке это был шпиль с корабликом – символом мореплавания и торговли, в XIX веке – купол Исаакия с крестом – символом православного государства, в первой половине XX века – заводские трубы как атрибуты индустриализации, во второй половине XX века – телебашня как символ массмедиа. Символом XXI века должна стать башня, олицетворяющая в себе энергию, и не только как основную статью российского экспорта, но и как движущую силу прогресса и развития во всех ее проявлениях.

Было бы все же слишком примитивным считать, что общественное мнение раскололось на два полярных лагеря. Тут все несколько сложнее, и необходимо прояснить ситуацию со стратегификацией мнений.

Итак, есть лагерь сторонников, считающих, что проект замечательный и достоин реализации, что он даст толчок для развития бизнеса, вдохнет необходимую энергию в слишком уж вялотекущую жизнь Северной столицы, станет чем-то вроде поцелуя для этой «спящей красавицы» (по сравнению с европейскими мегаполисами или Москвой, как «городом, который не спит» – city that never sleeps).

Есть лагерь противников, но тут уже нет единого мнения:

- одним башня нравится, но они хотели бы ее перенести в другие районы города, подальше, как им представляется, от исторического центра либо вообще в пригороды;
  - другие полагают, что строить «Охта-Центр» нужно, но только если несколько уменьшить высоту башни;
  - третьи убеждены, что необходимо соблюдать установленные тем или иным ежегодно меняющимся законом высотные ограничения и не строить выше 40 м, 48 м, 100 м (нужное подчеркнуть), и здесь все зависит от того, к какому именно закону или подзаконному акту вы апеллируете;
  - четвертые (и эта группа выявилась совсем недавно и состоит в основном из археологов, у которых закончился контракт с «Охта-Центром» на раскопки) считают, что строить на данном участке вообще ничего нельзя, а нужно создать историко-археологический заповедник с полным воссозданием (читайте: новодел) некогда здесь существовавших, но давно уничтоженных шведских земляных крепостей (непонятно только, какой из трех или все сразу на одном и том же месте – пока мы не видели никаких проектных предложений, а то, что было найдено на участке, что называется, «восстановлению не подлежит»).
- Между двумя враждебными лагерями нахо-



дится еще огромная «буферная зона» из нескольких прослоек: те, кто не имеет никакого представления о вопросе, те, кому все равно, и те, кто еще не определился. Именно за эти «прослойки» и идет сейчас информационная война. И экспертами вполне небезосновательно предполагается, что размер этой неопределившейся или откровенно равнодушной части населения гораздо больше, чем представляют себе идеологи из обоих лагерей. Вопросы высоты башни и сохранения города в неких списках всемирного наследия ЮНЕСКО не входят в списки реальных жизненных проблем для огромного числа горожан. И именно размер этой инертной части населения не даст возможности обеспечить необходимую явку для созываемого оппозицией референдума. Здесь как раз тот случай, когда лень, невежество и социальная апатия смыкаются вплотную с тем, что называется «народной мудростью» – в том смысле, что широкие народные массы довольно трудно поднять на протест против очевидно надуманной угрозы целостности исторических панорам города. Эти «народные массы» своим (некогда крестьянским) нутром чувствуют фальшь и дешевую экзальтированность в верещании оппозиционных сил по поводу «дефлорации культурного пространства Санкт-Петербурга».



Вид башни в панораме от стрелки Васильевского острова

То, что лучшие умы оппозиции упражняются в том, как еще остроумней и уничижительней обозвать проект, уже давно исчерпав тему популярной ботаники и мужской анатомии, а также десятки карикатур и агитплакатов доказывают только то, что объект давно перерос рамки эстетских споров об архитектуре и является предметом символики и идеологии. Напомню, что речь пока идет только о концепции башни, даже не о ее строительстве! Критике подвергается не построенный объект, а идея, некий сценарий, который противники проекта пытаются прочитать в своей трактовке, не своряясь с авторским вариантом. При этом в атмосфере полного непротивления общественности Петербург планомерно застраивается по периметру сотнями квадратных километров железобетонных джунглей безликой и антигуманной среды, а в самом историческом центре строились и продолжают строиться десятки зданий, которые все единогласно называют «градостроительными ошибками», но при всей монструозности, неуместности и несовместимости с масштабом центра города здания эти не вызывают какого-либо особого общественного протеста или озабоченности ЮНЕСКО, не достаиваются клейма общественного позора и хлестких эпитетов архитектурных критиков, а архитекторы – авторы этих зданий не подвергаются травле и остракизму коллег. Более того, архитектор, приложивший руку к вопиюще бездарному проекту высотного зда-

ния «Монблан» напротив Летнего сада, является одним из самых активных борцов с проектом «Охта-Центра», а другой известный архитектор и, что примечательно, в прошлом глава Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников архитектуры (КИОП) еще в 2006 году сказал в своем интервью, что «если башню Газпрома построят, то нужно будет позвать террористов, чтобы ее взорвать». По всей вероятности, образ башни в концепции уже являлся настолько символичным, насколько символичным был образ нью-йоркских башен-близнецов, избранных «Аль-Каидой» мишенью для атаки на американский империализм. Похоже, что и в концепции «Охта-Центра» в образе одиночной доминанты-шпиля в духе барочных принципов градостроительства Петербурга как столицы Российской империи многие невольно разглядели символ возрождения именно России имперской, и уже тем самым башня столь неудобна оппозиции, так желающей раздробить ее на 48-метровые осколки. По признаниям некоторых оппонентов, архитектура башни уж слишком явно символизирует в их глазах вертикаль власти, столь ненавидимую любой оппозицией (до тех пор, разумеется, пока эта вертикаль не станет им подвластной).

Небоскреб как символ города (собирательный образ сталин-

ских высоток как эмблема московской олимпиады) или целой страны (как, скажем, Эйфелева башня), как большой «человеческий муравейник», отлитый в тысячах тонн стекла, металла и бетона, – это слишком сильный градостроительный жест для тех, у кого «боязнь высоты», и эта категория оппонентов выступает вообще против идеи строительства небоскребов в Петербурге в любом виде и в любом месте. Та же категория маргинальных политиков, что воюет и судится с еще не построенным зданием на предмет соблюдения законодательства и высотного регламента, всегда будет иметь фору хотя бы в том, что строительство небоскребов в Петербурге вообще не предусматривалось генеральным планом, законодательство менялось на протяжении последних трех лет неоднократно, а по последнему закону, принятому в 2009 году, вообще охраняется панорама кругового обзора с верхнего яруса колоннады Исаакиевского собора. То есть любое здание высотой более 30 м будет хорошо просматриваться на этой панораме, и потому его строительство априори противозаконно.

Три года война эта носила скорее окопный характер с периодическими перестрелками и эпизодическими артобстрелами в периоды избирательных кампаний. Однако только в последнее время, когда власти города, после череды законодательных



актов, приняли наконец-то давно назревшее решение удовлетворить запрос застройщика об изменении высотного ограничения для данного участка, артобстрелы переросли в массивную и непрекращающуюся атаку с привлечением уже более солидных федеральных сфер влияния. Высказались против оба спикера парламента, а также депутаты некоторых думских фракций.

После двух с половиной лет молчания и полного безразличия к проекту Первый канал вдруг ни с того ни с сего устроил настоящую травлю «Охта-Центра». В середине октября в программе «Воскресное «Время» на Первом канале был показан крайне тенденциозный (и, по всей видимости, заказной) репортаж об «Охта-Центре», где на протяжении 10 минут говорили только противники проекта, представляя широкой российской аудитории грубо сфальсифицированные анонимные фотомонтажи и видеоролики. Спустя неделю Первый канал продолжил атаку, но уже устами своих телеклоунов в программе «Прожектор перисхилтон». В ноябре эта атака усилилась: в передаче Первого канала «Судите сами», куда пригласили сторонников и противников проекта, также не получилось цивилизованной дискуссии. И здесь в ход пошли все возможные средства, вплоть до целенаправленного самоустранения ангажированного ведущего от роли арбитра ради превращения диалога в свару и балаган. И тут стоит более подробно остановиться на методах, коими оперируют федеральные массмедиа в проведении заказной контрпропаганды.

Предварительно договорившись с редакцией передачи, я приехал в студию за два часа, чтобы передать профессионально выполненные компьютерные ролики и изображения башни, иллюстрирующие, как она действительно будет смотреться из исторического центра. Однако редакция отказалась взять наш авторский материал, заявив, что все используемые в передаче картинки были скачаны с сайта проекта. Это была, разумеется, ложь. На мою просьбу проверить видеоряд перед съемками тоже ответили отказом. После того как кукловод в операторской отключил мой микрофон, что бы я ни говорил далее, это уже не попадало в запись сколько-нибудьнятно для телезрителя. Всего в 50-минутной дискуссионной передаче, посвященной «Охта-Центру», мне как главному архитектору проекта довелось говорить не более 2,5 минут, это всего 5% эфирного времени. Выходит, что аргументация проектировщиков нисколько не интересовала ни ведущего, ни оппонентов. Другой участник передачи из Санкт-Петербурга и страстный сторонник проекта – Владимир Бортко как талантливый режиссер уже давно построил в своем воображении панорамы Петербурга с новой высотной доминантой и в ходе дискуссии, глядя на экран, моментально, без подсказок, идентифицировал анонимные фотомонтажи как фальшивые и искажающие истинную картину.

Фон студии периодически озарялся то и дело возникающей злобующей надписью на экране: «БАШНЯ ПРОТИВ ГОРОДА». Массовка в зале по команде «рулевого» бурно аплодировала, причем только противникам проекта. Экран постоянно перекрывался топорно сфальсифицированными изображениями городских панорам с неправильно вписанной в них башней агрессивного синего цвета. Эта башня имеет мало общего с задуманной нами архитектурой, и я сам бы первый протестовал против таких видов и такой башни в Петербурге! Искаженная трехмерная модель, извращенный силуэт, чуждый цвет, отсутствие воздушной перспективы, вид как бы сквозь телеобъектив папарацци... К слову, у нас в городе законом охраняются панорамы, а не виды в бинокль, а тем более – в телескоп.

Как было нами неоднократно заявлено, башня не будет видна ни на одном «открыточном» виде, и оппонентам проекта

это прекрасно известно. Если бы это было не так, мы давно получили бы от противников проекта целую галерею хрестоматийных видов Питера, «оскверненных» (выражаясь их языком) башней на дальнем фоне. Но ни на одном известном «открыточном» виде башню не увидеть! Именно поэтому количество дважды продемонстрированных Первым каналом видов-страшилок было ограничено тремя фотомонтажами: вид в бинокль от Тучкова моста, вид в бинокль от набережной Лейтенанта Шмидта и вид на Смольный сбоку от площади Пролетарской Диктатуры. Эти виды «в бинокль» представляют собой точки, удаленные от башни на 6,5 и 7,5 км, однако закон Санкт-Петербурга № 820-7 определяет предел видимости зрительного восприятия ценных компонентов городского ландшафта в 6 км. Законом также охраняется классическая панорама Смольного вдоль Шпалерной ул. (откуда башню видно не будет), а не представленный вид. Ни один из

проиллюстрированных на «страшилках» видов Петербурга не является «открыточным». Но я убежден, что все они станут такими, когда башня будет построена, причем в том виде, в каком мы ее задумали, а не в том, в каком ее изображает оппозиция в своих анонимных фальшивках.

Четверо земляков и сторонников ведущего программы тоже подготовились к передаче, но поскольку тема им все же не очень близка, то их домашние заготовки звучали довольно нелепо, а чаще выглядели просто как оскорбительная клевета или банальная ложь: ложь про башню «в центре исторического города», ложь про то, что башня уничтожит Петербург, как талибы уничтожили статую Будды...

Например, господин Боков, вождь и предводитель профсоюза архитекторов, сменивший на этом посту своего ушедшего по возрасту предшественника, на всю страну заявил, что меня, мол, не знает и в первый раз видит. Опять ложь. Мы с ним встречались несколько лет назад, когда сотрудничали с Моспроект-4 в разработке генплана и архитектурно-планировочного реше-

ния огромного комплекса в центре Ходынского поля в Москве. Заказчик привлек нашу компанию – RMJM к поиску возможных решений, и именно тогда, в составе Национального музея авиации и космонавтики я нарисовал 200-метровую высотную доминанту, напоминающую силуэт ракеты. Тогда г-ну Бокову это решение не казалось «наивным, агрессивным, неостроумным и архаичным», как он нелестно отзывался сегодня об «Охта-Центре». Он даже, помнится, вполне искренне хвалил наши предложения. Более того, его команда вполне удачно адаптировала в своей концепции некоторые наши идеи, правда без нашего на то разрешения.

Кстати, особенно меня умиляет в недавнем воззвании Союза архитекторов России к президенту Медведеву обвинение в «технологической запоздалости» – абсолютный перл безапелляционной лжи по отношению к проекту, который реально представляет собой локомотив инновационных технологий проектирования и строительства в Российской Федерации и вовлек в работу все ведущие научные организации отрасли (НИИСФ, НИИОСП, ЦНИИСК, НИИЖБ, ВНИИГ, ЦНИИЭП жилища и многие другие)

Нужно особо отметить, что Союз архитекторов начал свой

курсантов и не пригласив к участию ни одного соотечественника, высказал тем самым недоверие всему российскому профсоюзу зодчих, профпригодности и компетентности тех, кто (за редким исключением) так изуродовал за последние десятилетия облик многих городов и весей нашей страны, что для рядовых обывателей словосочетание «современная архитектура» уже давно перестало ассоциироваться со словами «гармония» или «музыка в камне».

Та негативная реакция консервативной части населения против проекта «Охта-Центра» не столько связана с высотой (вспомните хотя бы протесты против отнюдь не высотного модернистского проекта новой сцены Мариинского театра), сколько продиктована общим разочарованием в достоинствах и качестве современной архитектуры вообще, на примере тех бездарных, а чаще просто уродливых построек, которыми российские архитекторы «засоряют» улицы и площади наших городов. Когда я говорил, что за последние 80 лет в Петербурге не было построен ни одного архитектурного шедевра, то имел в виду прежде всего высотные доминанты. Разумеется, в советское время было построено немало замечательных зданий, некоторые из которых



Вид башни в панораме Невы

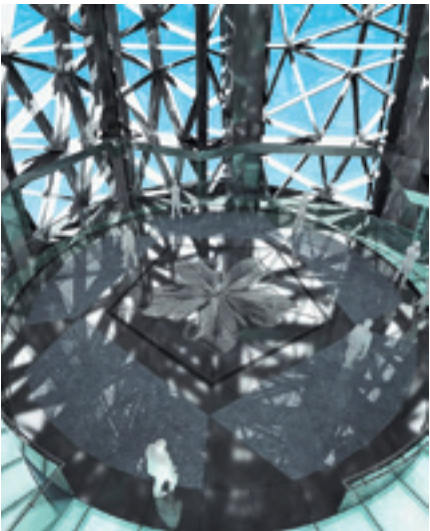
«крестовый поход» против проекта еще летом 2006 года (т.е. задолго до того, как на обозрение общественности были представлены конкурсные предложения шести ведущих мировых архитектурных фирм). Кампания проводилась в духе нашего тоталитарного прошлого: типа «я Пастернака не читал, но осуждаю...». После объявления конкурса в 2006 году президиум Санкт-Петербургского Союза архитекторов рекомендовал его членам бойкотировать приглашения в состав жюри или выступления в качестве профессиональных консультантов. Московские бонзы от архитектуры в октябре 2006 года также поддержали данную позицию на V Пленуме Союза архитекторов России, еще даже не видя конкурсных предложений архитекторов-участников, среди которых значились двое лауреатов премии Стирлинга и четверо лауреатов Притцкеровской премии (что-то вроде Нобеля в архитектуре), которой, кстати, ни один российский архитектор не удостоивался и на которую даже не номинировался. И только в ноябре 2006 года общественности были представлены шесть конкурсных проектов. Так что критика этой части оппозиции с самого начала никоим образом не апеллировала к архитектурным достоинствам или недостаткам самого проекта. На кону оказалась профессиональная честь российского архитектурного цеха, ибо самый богатый заказчик страны, проведя отбор кон-

стали памятниками, но ни общество, ни ЮНЕСКО пока не признали их шедеврами мирового наследия, и в Петербург едут со всего мира не ради этих зданий. Ни автобусы с туристами, ни лимузины с новобранцами не останавливаются на Московском проспекте, чтобы запечатлеть на фото памятники советского конструктивизма или сталинской архитектуры. Среди этих зданий нет ни одного, выполняющего роль высотной доминанты, адекватной по масштабу рядовой застройке. Имеются в виду здания, чей высотный габарит превалирует над другими размерами, будучи выше окружающей застройки не менее чем в 2–3 раза (для сравнения: безусловные высотные доминанты исторического центра выше окружающей застройки в 4–6 раз), таких примеров в современной истории городской архитектуры нет, кроме, правда, чисто утилитарных сооружений: дымящих на полнеба труб и градирен, портовых и строительных кранов, теле- и радиомачт и пр., коих числом более сотни (из них 30 превышают 100-метровую отметку). Ни в Риме, ни в Венеции, ни в Вашингтоне вы такого не увидите. Поэтому не нужно делать вид, что Санкт-Петербург стоит на перепутье – быть ему городом-музеем, как Венеция, или расти вверх, как Дубай или Шанхай. Санкт-Петербургу уготована своя дорога, он будет развиваться как другие исторические мегаполисы



Европы, имеющие мощное и не разбавленное новой застройкой историческое ядро: Париж, Вена и Мадрид.

Другой аргумент, в последнее время часто используемый Первым каналом и оппозицией: что, мол, именитые архитекторы – члены жюри (Фостер, Курокава и Виньоли) публично вышли из состава конкурсной комиссии в знак протеста против программы конкурса, определяющей строительство комплекса как высотное (двое из пяти архитекторов в жюри все же участвовали). В этой борьбе авторитетов (звезды против звезд) один лауреат Притцкеровской премии – член жюри (Фостер) против четырех лауреатов-участников конкурса (Нувель, Кулхас, Герцог, де Мейрон), посчитавших вполне возможным построить высотную доминанту в 5 км от исторического центра. При всем уважении к безусловным талантам архитекторов-протестантов, как члены жюри они поступили крайне непрофессионально и неэтично, опубликовав свое воззвание в день итогового заседания жюри, а не за несколько месяцев до того, когда ими были получены приглашения вместе с программой конкурса. У них было вполне достаточно времени, чтобы изучить программу и в случае несогласия цивилизованно выйти из состава жюри либо обратиться к заказчику или в крайнем случае к профессиональному сообществу архитекторов с мотивированной просьбой внести корректировки в задание на проектирование. Однако они этого не сделали. По понятным причинам – ведь их не пригласили участвовать в этом конкурсе, ну и, вероятно, поддались политическому давлению Союза архитекторов России, призвавшему бойкотировать конкурс (у Курокавы и Фостера были крупные проек-



ты в России, а перспективы прохождения градсоветов требовали от них уважить туземное архитектурное сообщество). Замечу, что Норман Фостер некогда проектировал 386-метровый небоскреб в 1 км от собора Св. Павла в Лондоне (второй крупнейший собор в мире и главный в панораме Лондона), а Кисе Курокава построил в Мельбурне небоскреб, у подножия которого заключил в стеклянном конусе, как музейный экспонат, историческую 50-метровую башню постройки XIX столетия.

Однако вернемся к передаче на Первом канале. Разворачивающаяся на глазах у десятков миллионов телезрителей дискуссия по проекту «Охта-Центра» собрала в студии, мягко говоря, не вполне представительную аудиторию со стороны оппозиции. Непонятно почему редакция программы не удосужилась пригласить в состав противников проекта хоть одного петербуржца! Пятеро москвичей атаковали троих гостей из Северной Венеции и представителя города Долгопрудный вопросом «строить или не строить высотную доминанту в Петербурге?». Можно ли себе представить, чтобы на петербургском телевидении вдруг затеяли бы подобную дискуссию по поводу того, строить ли 600-метровую башню «Россия» в «Москва-Сити» всего в 5 км от Кремля (памятника ЮНЕСКО)

и в 3 км от Новодевичьего монастыря? Можно ли себе представить, чтобы на эту дискуссию в Петербург пригласили бы трех москвичей, включая заказчика и автора проекта, а пятеро петербуржцев с пеной у рта доказывали бы этим «неразумным» москвичам, что башня испортит... нет... просто уничтожит буквально все столичные панорамы, говорили бы о том, как низко и аморально в эпоху экономического кризиса строить небоскребы, где с верхних этажей олигархи взирают на проходящих мимо горожан из своих панорамных туалетов? Говорили бы о том, что хотя и очень сочувствуют мэру Лужкову в его усилиях по привлечению большого бизнеса в «Москву-Сити», только вот зачем башню и зачем 600 м, если ее будет видно из Замоскворечья на фоне колокольни Ивана Великого? Ведь Москва – это не только город для москвичей, нам, петербуржцам так безразлична ее судьба... «Москва, как много в этом звуке для сердца русского сплелось...» – вдохновенно цитировал бы ведущий...

Да, весьма трудно представить себе такое зрелище... В этом направлении, из Москвы в Петербург, принцип просто не работает... Зато почему-то прекрасно работает в обратном направлении: древняя столица, как и прежде, хочет повелевать всем и вся на Руси и не потерпит никакого соперничества с собой, тем более на



ниве высотного строительства, не говоря уже о переезде штаб-квартиры Газпрома. В то время как в «Москва-Сити» оказались заморожены или отменены проекты самых высоких небоскребов Европы, угроза потерять Газпром с его многомиллиардными налогами в бюджет города встала перед Москвой как никогда явственно, и лучше всего представить это стране не

как угрозу для бюджета и стройкомплекса столицы, а как угрозу для целостности архитектурного облика Санкт-Петербурга, о котором, на самом деле, в Москве со времен переезда сюда столицы России в 1918 году публично не вспоминали никогда и ни при каких обстоятельствах! И вдруг вспомнили – в момент, когда планы модернизации и реконструкции стали угрожать патриархальному состоянию города с «провинциальным налетом», столь милым сердцу состоятельных москвичей, навещающих по праздникам свою петербургскую квартиру вдаль от столичной суеты и толчеи, и бывших петербуржцев, ушедших несколько лет назад в большую московскую политику и бизнес. Кто бы ни стоял за «заказной» кампанией Первого канала против проекта, они должны понимать, что заказчики, авторы и участники проекта, а также городская власть, его поддерживающая, – это тоже образованные люди, которые любят Санкт-Петербург, искренне хотят, чтобы он развивался по европейскому пути, и вовсе не желают его превращения в Шанхай. И решения о перерегистрации «Газпром нефти» в Санкт-Петербурге, о строительстве «Охта-Центра» как новой штаб-квартиры Газпрома были приняты в интересах прежде всего города и горожан. Руководство Петербурга и уполномоченные комитеты рассмотрели и приняли соответствующие постановле-

ния и городские законы, чтобы этот проект осуществить. Думается, петербуржцы должны и впредь сами решать, что, где и как строить в своем городе. Решения эти не могут и не должны приниматься чиновниками ЮНЕСКО в Париже, архитектурными критиками в Москве или ведущими федерального телеканала.

Градостроительная концепция «Охта-Центра» предлагает путь децентрализованного развития деловых районов, создания отдельных деловых кварталов с одиночными высотными доминантами. К качеству архитектуры таких доминант должны предъявляться особые требования. Это должны быть поистине шедевры современной архитектуры, прошедшие строгий отбор на международных архитектурных конкурсах, силуэты этих высотных объектов должны быть комплементарны небесной линии и максимально гармонично вписаны в панорамы города. Этот путь, как мне представляется, вполне органичен для Петербурга, градостроительная традиция которого основывается на достойном противопоставлении отдельных шпилей и куполов горизонтальной фоновой застройке. И по такому пути Петербург может и должен развиваться ради сохранения архитектурной целостности своих исторических панорам. Если, конечно, Москва ему это позволит...

Следует понимать, что за этим проектом в город придут десят-



ки девелоперов со своими концепциями высотных башен. Они, безусловно, начнут «штурмовать» панорамы Петербурга, попытаются «построиться» как можно ближе к границам охранный зоны, чтобы продавать замечательные виды на ансамбль исторического центра. Многие из этих объектов могут оказаться зданиями сомнительного архитектурного достоинства и качества – подобно тем одиозным постройкам, метастазами разросшимся вокруг гостиницы «Ленинград», как пример имплантации «архитектуры спальных районов» в ткань исторического центра. Именно это обстоятельство и вызывает наибольшее опасение горожан и мировой общественности (включая ЮНЕСКО), и «Охта-Центр» создает в их глазах опасный прецедент, что можно понять. Я полностью разделяю эти опасения, но убежден в том, что «борьба с прецедентом» не решит вышеобозначенной проблемы: если нынешние влиятельные противники «Охта-Центра» в столице, заказавшие оголтелую контрагитацию на Первом канале, сорвут реализацию высотной составляющей «Охта-Центра», то по прошествии нескольких лет в городе появятся другие девелоперы с другими проектами небоскребов. Ведь бороться с экономическими предпосылками к высотному строительству невозможно, а предпосылки эти в Санкт-Петербурге созрели, когда при отсутствии

свободных участков земли под застройку цены на недвижимость вплотную подошли к европейской планке. Санкт-Петербург – не мертвый город-музей Венеция с 60-тысячным населением, это один из крупнейших мегаполисов Европы, индустриальный, финансовый, культурный и туристический центр северо-запада России. Петербург просто приговорен самой историей пойти по пути гораздо более древних европейских мегаполисов: Парижа, Лондона, Мадрида, Вены, Барселоны, Милана и др., где исторический центр сосуществует с динамично развивающимися новыми деловыми кварталами и высотным строительством.

В отличие от большинства высотных объектов этих европейских городов, «Охта-Центр» не ставит главной целью прибыль, ибо строится не на продажу: Газпром строит уникальное здание-символ для нового Санкт-Петербурга, вписывая деловую функцию в скульптурную композицию обелиска-шпиля. Экономить на качестве проекта своей штаб-квартиры заказчик не намерен, и в этом Газпром – уникальный для Петербурга заказчик, впервые после эпохи Романовых ставящий целью сооружение архитектурного шедевра в панораме города. Задача амбициозная и весьма иррациональная. Но именно такие задачи ставились и реализовывались в Петербурге в первые два века его существования. И



# МАНАНАКНОН ВЕЛИКАЯ СТОЛИЦА

*Бангкок – европейское название столицы Таиланда. Тайцы называют его «Крунг Тхеп Маха Накхон» – «Город ангелов, великая столица». MahaNakhon – именно такое название дал своему проекту 77-этажного небоскреба для тайской столицы известный немецкий архитектор Оле Ширин, партнер Office for Metropolitan Architecture (OMA).*

**А**рхитектура этого города весьма причудлива. Здесь есть и ультра-современные высотные здания из стекла и бетона, и роскошные дворцы и храмы, сверкающие миллионами маленьких зеркал, и жалкие лачуги из бамбука, европейский лоск сосуществует с азиатской скученностью узких, тесных улочек...

По количеству небоскребов Бангкок соперничает с Нью-Йорком. Придумать что-то оригинальное для этого города крайне сложно. Форма MahaNakhon – традиционная модернистская призма, однако своеобразная трехмерная лента, опоясывающая башню по всей высоте, придает ей изящество и узнаваемость. На этой ленте словно высечены архитектурные «пиксели», разрушающие единство поверхности и создающие иллюзию объединения города и неба, в котором башня постепенно растворяется. Стройные сверкающие очертания MahaNakhon, террасы и выступы одновременно создают впечатление некоей компьютерной графики и беспорядочности, присущей древним географическим картам.

Сквозь эти вырезы в изящном навесном фасаде можно наблюдать за жизнью внутри здания, что делает облик башни особенно притягательным, разрушая привычные представления о традиционных небоскребах. В этой «пиксельной» ленте располагаются роскошные пентхаусы, имеющие самый широкий панорамный обзор, просторные внутренние помещения и наружные – непривычно большие террасы и купальни на случай, если захочется освежиться. Это не очень-то согласуется с представлениями о жизни в высотке любой из мировых столиц, однако отлично подходит для тропического климата Бангкока. «Пиксели» придуманы для того, чтобы сделать виды на город и реку Чаофрая, открывающиеся из окон с высоты птичьего полета, по возможности панорамными. Что касается помещений квартир, расположенных за закрытыми участками фасадов башни, то одно- и двухуровневые апартаменты обладают поистине грандиозными двусветными жилыми пространствами с многочисленными эркерами и двустворчатыми французскими окнами гармошкой: части фасада буквально убираются внутрь, впуская свежее дыхание морского бриза.





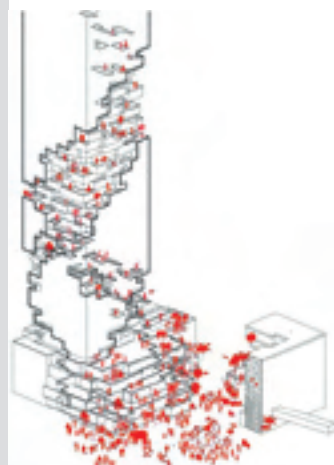
MahaNakhon разместится на участке в 1,44 га в сердце центрального делового района Бангкока между улицами Силом и Саторн. С точки зрения современной тайской архитектуры и урбанизма проект отличается особой претенциозностью, а башня обещает стать самым высоким сооружением в Бангкоке. MahaNakhon – это не только башня. На территории 150 тыс. кв. м расположатся большой общественный сквер, круглосуточный торговый центр площадью 10 тыс. кв. м с красивыми тропическими садами и террасами на разных уровнях, ресторанами и кафе. В самом здании разместятся 200 роскошных апартаментов Ritz-Carlton Residences, Bangkok, которые будет обслуживать персонал «Ритц Карлтон», причем в каждой квартире создадут стильный интерьер для VIP-персон, а жильцам предложат все возможные услуги. Кроме того, здесь будет и 150 номеров Bangkok Edition – фешенебельного бутик-отеля, управляемого Marriott International и прославленным отельером Йэном Шрэгером. Верх башни займут многоуровневый трехэтажный «Поднебесный бар» (Sky Bar) и потрясающий своим двусветным объемом ресторан с уютными банкетными залами и кабинетами. И все это на высоте 310 м.

Из-за высокого уровня грунтовых вод в Бангкоке под землей нельзя размещать автостоянки. Этим объясняется и отказ от использования привычной схемы, когда типовая башня водружена на цоколь с паркингом, который отделяя здание от улицы, делает окрестные виды выхолощенными и унылыми. Парковку мастер поместил позади постройки, а расположенные с другой стороны небоскреба террасы с кафе и ресторанами будут соединять башню со станцией легкого метро. Проект MahaNakhon – это отличный пример основательного пересмотра традиционной схемы «башня + подиум». В нем «свечка» не пребывает в изоляции, а сливается с городской средой и в буквальном, и в культурологическом смысле, архитектурный объем постепенно растворяется по нисходящей к земле и по восходящей к небесам. Это достигается благодаря серии великолепных ниспадающих каскадом террас, захватывающих как открытые, так и находящиеся под крышей пространства на так называемом Холме (The Hill), территории, где в основании башни размещается торгово-развлекательный центр, вызывающий ассоциации с горным рельефом. Террасы тщательно вписаны в роскошные сады, образуя парк.



В комплекс входит и отдельно стоящее семиэтажное здание – «Куб» (Cube) – с многоуровневыми внутренними и открытыми террасами, подобными тем, что устроены на склонах Холма. Это сооружение формирует естественную долину, с массой общественных мест и прекрасным набором разнообразных кафе и ресторанчиков на любой вкус. Добраться туда можно по пешеходному мостику от станции легкого метро, через сквер или непосредственно из жилой зоны основной башни Ritz-Carlton Residences или гостиницы Bangkok Edition Hotel.

Сквер комплекса, находящийся напротив башни, также объединен с пространством между Холмом и «Кубом». Эта общественная площадь, задуманная как место встреч и проведения культурных мероприятий, станет «зеленым убежищем» для горожан, площадкой для культурного и общественного взаимодействия, куда можно попасть непосредственно со станции легкого метро Chongnonsi, позже сюда будут ходить маршрутки. Одним словом, это городской оазис, где можно будет спрятаться от шума и суеты Большого Бангкока, при том что выбраться отсюда так же легко, как и оказаться здесь. ■





# АРХИТЕКТУРА В КУБЕ

*Прошедший в этом году 17-й фестиваль «Зодчество» отчетливо показал, что кризис существенно затронул архитектуру и строительство. Однако, на самой экспозиции это отразилось скорее положительно.*

**Н**овый куратор Юрий Аввакумов пошел на радикальные изменения форм представления проектов, и вместо привычного хаоса выгородок отдельных бюро или компаний зрителей ожидала лаконичная и взвешенная система 12 белых кубов 12х12 м, разграничивающих экспонируемый материал по темам и способам подачи. Здесь были и академически традиционные отмытки, чертежи, потрясающие по качеству макеты (изысканная работа студии Никиты Явейна по преобразованию пространства крыла Генштаба для потребностей Эрмитажа и размещения части музейных коллекций – яркий образчик петербургской школы). Присутствовали и работы в видеоартистической стилистике – павильон Green House русско-американского архитектора и критика Владимира Белоголовского, и нескольких московских звезд, представленных вместе, – Михаила Филиппова, Владимира Плоткина и др. (экспозиция СРО ГАРХИ – саморегулируемая организация «Гильдия архитекторов и инженеров»). По сравнению с прошлым годом хороших, да и работ вообще стало существенно меньше, зато явственно ощущалась социальная направленность показанной архитектуры.

Прошедший фестиваль продемонстрировал более скрупулезно отобранные работы со всей страны, а также позволил отечественным архитекторам тщательнее разрабатывать имеющиеся проекты. Более всего кризис отразился на разделе «Проекты», поскольку новых реальных заказов, особенно на крупные объекты, практически не было, а уже построенные все-таки отражали еще докризисную философию.

Главной темой в этом году было объявлено несколько условное понятие «Индекс устойчивости». Организаторы стремились доказать, что, несмотря на экономический кризис, в России не только продолжается массовое панельное



строительство жилья, но и есть действительно интересные образчики современной архитектуры.

При создании общей идеи экспозиции Юрий Аввакумов, один из признанных лидеров «бумажной архитектуры» 1980-х годов, ориентировался на принцип подачи материала на Венецианской архитектурной биеннале. Он лично выбрал концепцию Сергея Чобана (с показом лучших московских и питерских реконструкций промышленных зданий под новые нужды) как самую яркую и достойную представлять Россию в Венеции в 2010 году. Позднее и жюри фестиваля отметило экспозицию «Индустриальная архитектура прошлого – ресурс для будущего» С. Чобана (при участии Ирины Шиповой, Алексея Ильина, Сергея Кузнецова, Марины Кузнецкой) Почетным дипломом.

Наиболее существенным отражением кризиса в типологии показанных работ стал очевидный крен в сторону социальной архитектуры – разнообразные проекты школ, детских садов, досуговых центров и экономичного многоквартирного жилья. Конечно, и в прошедшие годы встречались объекты в данных категориях, но в этот раз их количество увеличилось в разы. Естественно, что среди них появились весьма яркие и интересные работы. Неподдельный интерес посети-



телей вызвали круглая в плане школа-гимназия в Одинцово с целым цветником стеклянных кристаллов – световых фонарей на кровле, а также бело-оранжевый детский сад № 74 на Новослободской улице, украшенный яркими геометрическими формами, как детский конструктор. Показанные проекты и постройки самой разной типологии позволяют говорить о многоцветии фасадов как повсеместном явлении отечественной архитектуры. Контраст особенно разителен с работами пяти-шестилетней давности и более, где активный цвет почти не присутствовал.

Социальную направленность последнего «Зодчества» подтвердили и официальные результаты смотра. После сложных дебатов жюри присудило главный приз – «Хрустальный Дедал» объекту социальной сферы – зданию школы № 1414 с углубленным изучением английского языка на ул. Советской Армии в Москве, спроектированному ЗАО «АРСТ» (руководитель – К.М. Коновальцев, ГАП – О.К. Коновальцев, архитектор – О.Н. Тищенко, главный конструктор – А.А. Рубинштейн).

В этом году жюри особо отметило работу мастерской Сергея Скуратова. Объявленный архитектором года на прошлой «АРХ-Москве», Скуратов и в рамках менее коммерциализированно-

го «Зодчества» поддержал свое реноме «первого среди равных». И хотя проект его мастерской уступил пальму первенства в борьбе за главный приз, это объясняется скорее социальной направленностью самого фестиваля, а не художественными качествами представленных работ. В результате жюри фестиваля присудило его мастерской Золотой диплом в разделе «Постройки» за

мерами в этой области. Параллельно в Музее архитектуры публике демонстрировали лучшие деревянные дома, созданные российскими архитекторами в последние годы. На самом фестивале особое внимание уделялось презентации новых материалов и способов их применения в строительстве. Поскольку экономия энергоресурсов при эксплуатации зданий – одно из реальных



этого «нетрадиционного» «Зодчества» выглядел павильон Владимира Белоголовского, посвященный инновационным проектам западных архитекторов. Представленные как система меняющихся видеообъектов, проекты домов с автономным энергообеспечением, продуманными ландшафтными решениями, особым озеленением и т.д. из США, Сингапура, ОАЭ смотрелись как архитек-

туру другого времени или по крайней мере совершенно иной реальности. Поскольку прошедший фестиваль был первым, проведенным при новом руководстве Союза архитекторов во главе с Андреем Боковым, при всей радикальности новой концепции организаторам было важно соблюсти разумный баланс между экспериментальным обновлением и привычными профессиональными ценностями главного архитектурного мероприятия страны. Поэтому значительную часть программы занимали традиционные смотры студенческих и детских работ, презентации архитектуры отдельных областей, просмотр новых фильмов об архитектуре и т.д. Участие зарубежных гостей фестиваля носило скорее прикладной характер.

В целом, «Зодчество-2009» порадовало своей обновленной выставочной эстетикой и обилием социально значимых построек. Однако поиски самостоятельного архитектурного языка в рамках отечественной традиции еще очень далеки от завершения, и на фестивале это тоже, к сожалению, было заметно. Обнадёживает, что появившееся у российских архитекторов в связи с общим кризисом «время подумать» вполне реально может привести к более интересным творческим результатам. ■

направлений эффективного использования «экологической» архитектуры в России, то интерес к данной теме в рамках фестиваля совершенно понятен. Однако не многие заказчики готовы мириться с удорожанием проекта на 15–20% и окупаемостью через 3–4 года, а большинство «умных» экологических проектов именно этим и отличаются от своих более традиционных собратьев. Тем не менее последний фестиваль показал, что даже в России уже находятся отдельные заказчики, готовые работать с более строгими европейскими экологическими стандартами. А если появится реальная возможность рассчитывать на помощь государства при использовании подобных продвинутых технологий, то можно ожидать всплеска интереса к различным экологическим решениям в строительстве. (В странах Евросоюза, например, «зеленые» дома имеют льготы в налогообложении и получении кредитов на строительство.) Вариантам проектно-технических решений при строительстве озелененных кровель, а также применению различных усовершенствований и новых энергоэффективных материалов при теплоизоляции зданий (пассивных экотехнологий) была посвящена конференция.

Непривычно в общем контексте даже

тура другого времени или по крайней мере совершенно иной реальности.

Поскольку прошедший фестиваль был первым, проведенным при новом руководстве Союза архитекторов во главе с Андреем Боковым, при всей радикальности новой концепции организаторам было важно соблюсти разумный баланс между экспериментальным обновлением и привычными профессиональными ценностями главного архитектурного мероприятия страны. Поэтому значительную часть программы занимали традиционные смотры студенческих и детских работ, презентации архитектуры отдельных областей, просмотр новых фильмов об архитектуре и т.д. Участие зарубежных гостей фестиваля носило скорее прикладной характер.

В целом, «Зодчество-2009» порадовало своей обновленной выставочной эстетикой и обилием социально значимых построек. Однако поиски самостоятельного архитектурного языка в рамках отечественной традиции еще очень далеки от завершения, и на фестивале это тоже, к сожалению, было заметно. Обнадёживает, что появившееся у российских архитекторов в связи с общим кризисом «время подумать» вполне реально может привести к более интересным творческим результатам. ■



# ШЕНЬЖЕНЬСКИИ ЭНЕРГОДВОРЕЦ

*Штаб-квартира «Шеньженьской энергетической компании» – две башни высотой приблизительно 100 и 200 м, расположенные на едином подиуме, представляют собой прямоугольники с мелкорребристой поверхностью фасадов и выпуклостями на одном из них, что придает стремительность в общем-то незатейливой архитектуре.*





### СИСТЕМА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Для комплекса была выбрана эффективная и несложная система несущих конструкций. Она основана на железобетонном ядре и внешнем каркасе из колонн, перевязанных балками (конструкция «труба в трубе»). Это достаточно уравновешенная система с поперечной устойчивостью. Основные достоинства такого устройства несущих конструкций – прочность, эффективность и безопасность. Кроме того, здесь можно делать многофункциональную и гибкую планировку помещений, что облегчает их обслуживание. Удобно устроено здание также с точки зрения монтажа и обслуживания необходимого оборудования. Не лишено оно и архитектурной выразительности.

Межэтажные перекрытия выполняются из железобетона, который в этом случае более рентабелен, чем конструкционная сталь, как по стоимости перекрытия, так и с точки зрения нагрузки на фундамент, обусловленной высотой строений. Для фундамента рекомендовано использовать буронабивные сваи, что опять-таки диктуется высотой зданий и соответствующей нагрузкой на опору. В качестве альтернативного решения возможно применение кессонных свай.

Увеличивает экономическую эффективность проекта и использование железобетона в качестве основного материала несущих конструкций.

Считается целесообразным делать ядро из железобетона марки С60. Довольно широкие пролеты между колоннами (11,7 м) предполагают массивность вертикального каркаса. Чтобы уменьшить сечение колонн, вместо стандартной арматуры предлагается использовать усиленную. Максимальное увеличение полезной площади достигается благодаря минимальному объему, занимаемому системой несущих конструкций. Колонны периметра не нарушают архитектурный облик здания, обеспечивая сохранение полезной площади и не создавая ограничений при планировке этажей.

Система несущих конструкций комплекса органично вписывается в архитектурный проект, что является неопределимым достоинством с точки зрения единства архитектурного, инженерного и строительного замысла проекта.

### МЕЖЭТАЖНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ

В системе межэтажных перекрытий применяются, как правило, радиально расположенные балки, связывающие ядро и внешний каркас. Для самых широких пролетов используются балки с максимальной высотой профиля 750 мм. В данном случае для большинства перекрытий предполагается использовать балки с высотой профиля не более 700 мм. Чтобы обеспечить жесткость и поперечную устойчивость конструкции, опоясывающую систему балок по пери-

метру здания, составляющую вместе с колоннами внешний каркас башен, планируется сделать из профиля высотой 900 мм. Расположение конструктивных элементов перекрытий и их размеры обусловлены необходимостью архитектурно-технической интеграции системы несущих конструкций, что позволяет достичь значительной высоты межэтажных перекрытий. Это одно из обязательных условий соответствия стандартам элитных офисных помещений.

### ФАСАД ЗДАНИЙ

На фасадах зданий имеются выпуклости, срезы и изломы, являющиеся частью общего архитектурного замысла. Колонны периметра на этих участках повторяют линию изгиба поверхности фасада, они не подвержены индуцированному искривлению, так как расположены по обе стороны от выпуклости. Такое тщательно продуманное устройство конструкций придает башням динамизм, не снижая при этом гибкость планировки этажей и не ухудшая условия эксплуатации здания. При этом не усложняется система несущих конструкций. Результаты предварительного моделирования и анализ конструкции более высокого из зданий показали, что она соответствует всем требованиям и отличается высокой эффективностью.

Фасады, обращенные к северу (северо-восточный и северо-западный), по большей части прозрачные, поэтому нуждаются в затенении. Восточный и западный фасады должны обеспечивать эффективную защиту прозрачных участков от прямых солнечных лучей. Кроме того, непрозрачные поверхности – это солнечные батареи, следовательно, они должны подвергаться наибольшей инсоляции. Учитывая общую отражающую способность остекления, ориентация прозрачных поверхностей на север в пределах  $\pm 10-20^\circ$  позволит избежать прямой инсоляции практически в любое время года, за исключением нескольких недель в период летнего солнцестояния, причем только ранним утром и поздним вечером.

Общая экспозиция солнечного излучения непрозрачных участков западного фасада сокращена за счет самозатенения, чего удалось достичь благодаря геометрическим особенностям поверхности здания, и, разумеется, крутому углу падения солнечных лучей. Совокупная величина экспозиции в  $700 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год позволяет использовать эти поверхности в качестве солнечных батарей.

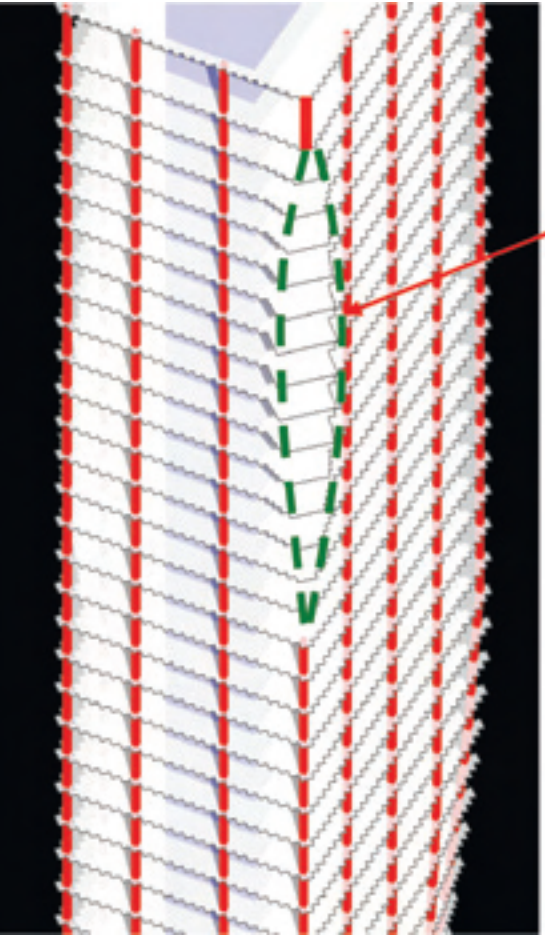
Применение в остеклении солнечных батарей с высокой теплопроводностью защищает прозрачные поверхности фасада от прямого солнечного излучения.

### КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Шеньжень расположен на границе тропической зоны нашей планеты. Согласно климатической классификации Коппена – Гейгера эта местность определяется как влажная субтропическая, где, как правило, тепло и большую часть года наблюдается высокая влажность.

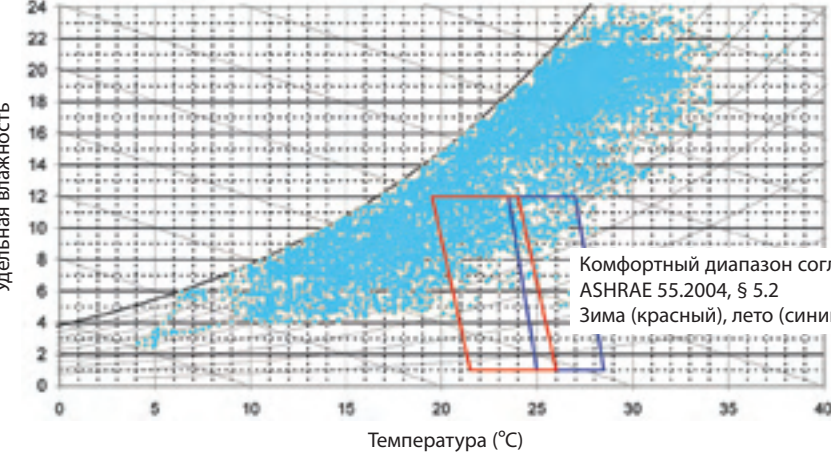
Из-за близости экватора в этой местности очень крутой угол падения солнечных лучей, а движение светила почти не отклоняется от траектории восток – запад в течение всего года. Чтобы обеспечить благоприятные условия труда при таком климате, в административном здании особенно необходимы две вещи: затенение от прямого солнечного света и осушение воздуха в помещениях.

Системный подход к вопросам окружающей среды начинается с учета существующих условий. Когда речь идет о месте, где возможны разные варианты экологического подхода при проектировании зданий, необходимо максимально учесть особенности и естественные процессы, происходящие в данной экосистеме. Специфика местности



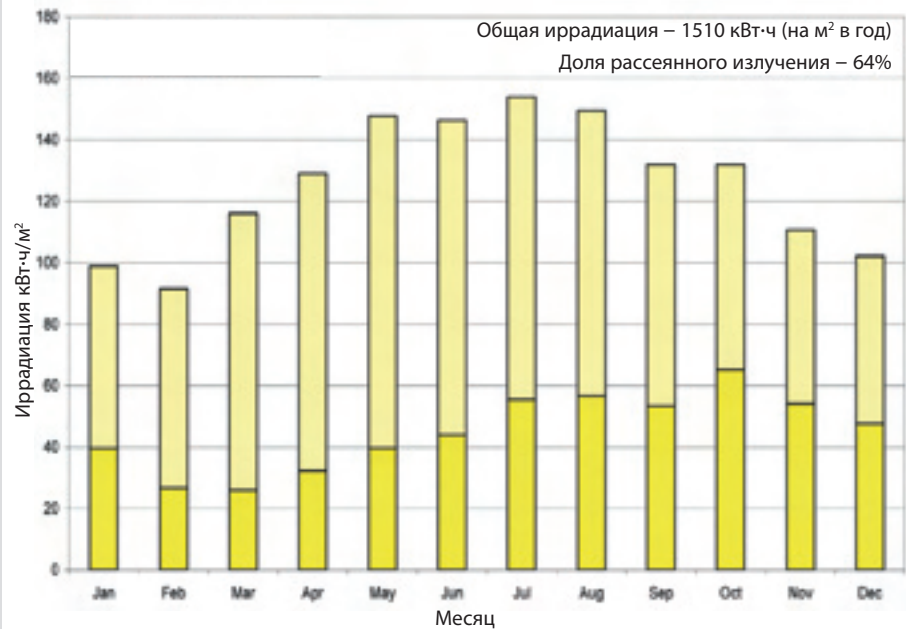
В местах изгиба фасада колонны искривлены

Абсолютная удельная влажность с учетом температуры среды



Комфортный диапазон согласно ASHRAE 55.2004, § 5.2  
Зима (красный), лето (синий)





**Рассеянная и прямая иррадиация**

- Рассеянное излучение по горизонтали
- Прямое излучение по горизонтали

анализируется таким образом, чтобы определить, какое из возможных природосберегающих решений окажется наиболее практичным и экономически обоснованным. Значит, следует не просто руководствоваться идеей создания комфортного микроклимата в здании, но и попытаться найти наименее «травматичные» способы устройства благоприятной среды обитания. Самые насущные климатические проблемы, как правило, решаются за счет применения технологий, адаптированных к местным условиям (например, использование солнечной энергии для создания искусственного микроклимата летом).

Анализ местных погодных условий показывает:

- весьма высокий уровень инсоляции в течение всего года, в целом составляющий 1509 кВт·ч/м² на горизонтальных плоскостях;
- значительную долю (около 64%) рассеянного солнечного излучения;
- угол падения солнечных лучей более 90° в период летнего солнцестояния при движении светила от восхода до заката по пологой дуге северо-восток/северо-запад;
- довольно высокую температуру среды с пико-

выми летними значениями до +35°C с небольшими перепадами день/ночь;

- среднегодовая температура составляет +23°C. Около 4000 часов в течение года она держится на уровне +25°C и выше, а зимой редко бывает ниже +15°C;

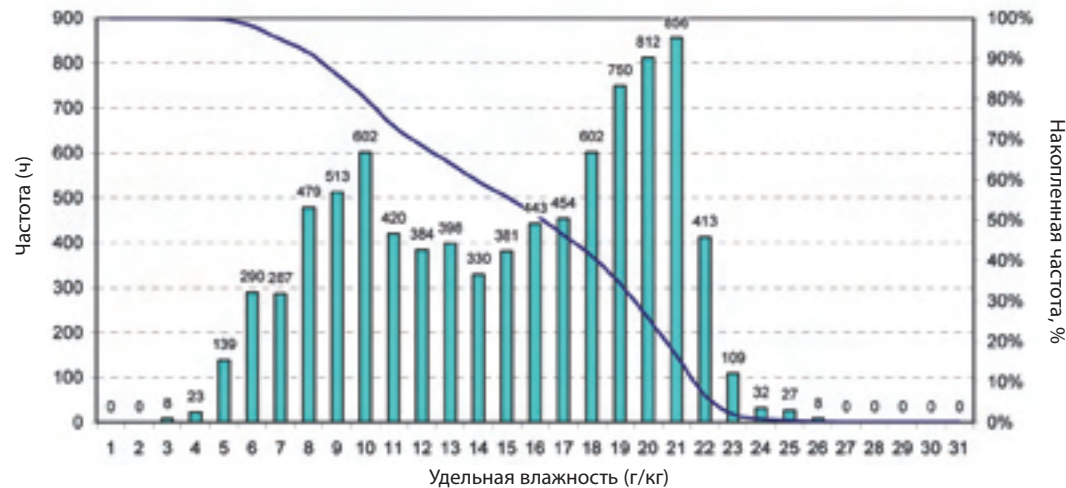
- высокую абсолютную и относительную влажность в течение всего года. Более 5500 часов в год абсолютная влажность составляет 11,5 г/м³ и более;
- преобладание восточных и северо-восточных ветров умеренной силы.

Из анализа погодных условий в этой местности можно сделать следующие выводы:

- Здание должно быть массивным, так как тепловая инерционность массивной конструкции небоскреба способствует сглаживанию пиков теплопритоков в летние месяцы.
- Из-за значительных показателей инсоляции необходимо использовать концепции интеллектуального затенения. Геометрия устройств затенения способствует отражению прямых солнечных лучей, в то время как рассеянный свет должен направляться в помещения.
- Солнечное излучение следует использовать для выработки электроэнергии (тепловой солнечной энергии).
- При проектировании устройств затенения и солнечных батарей следует учесть характерные для данного места крутые углы падения солнечных лучей.
- Ввиду высокой влажности окружающей среды требуется постоянное кондиционирование воздуха с упором на его осушение.
- Для открытых пространств вблизи зданий следует предусматривать затенение в течение почти всего года, а во избежание воздействия нисходящих потоков от высоток на уровне нижнего этажа необходимо устроить выступы.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Термин «экологически устойчивое развитие» впервые прозвучал в докладе Брунтленда (Bruntland Report), посвященном проблеме состояния окружающей среды. Он означает способ



Статистика по абсолютной удельной влажности

«отвечать нуждам настоящего без ущерба для следующих поколений». Что касается устойчивого развития, то для претворения в жизнь этого принципа ограничиваться только сокращением потребления ресурсов недостаточно, необходимо содействовать воспитанию экологического сознания общества в целом. При неуклонно растущих потребностях в природных ресурсах экологический подход к проектированию становится необходимостью. Shenzhen Energy Mansion – это подлинный образец разумной городской среды обитания будущего и убедительный аргумент в борьбе с нашим коллективным социальным и экологическим сознанием.

Проект «Шеньженьского энергодворца» станет отличным примером экологически устойчивого проектирования. Более того, его воплощение вызовет самый широкий резонанс. Всеобъемлющая энергетическая концепция, разработанная для данного комплекса, предполагает обеспечение самых комфортных условий пребывания в здании одновременно с сокращением общих показателей энергопотребления как минимум на 60% по сравнению с современной рядовой постройкой такого же масштаба.

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ**

Цель энергетической концепции – создание наиболее благоприятных условий среды обитания при минимальных потребностях в первичной энергии. Замысел предполагает три подхода: по возможности удовлетворить часть потребностей в энергии путем применения пассивных средств; остальное – благодаря использованию в комплексе высокопроизводительных систем; обеспечить данные системы (насколько возможно) возобновляемыми ресурсами.

Таким образом, энергоконцепция «Шеньженьского энергодворца» состоит из следующих основных элементов:

- наилучшая конструкция фасадов, отвечающая самым высоким стандартам по теплоизоляции и герметизации, учитывающая потребности в затенении и естественном освещении;
- использование высокопроизводительных интегрированных систем с применением встроенных охлаждающих балок и методов вытесняющей вентиляции со 100%-ной подачей наружного воздуха;
- использование естественных источников солнечного тепла для удаления влаги в системах охлаждения при кондиционировании воздуха.

**СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛА**

Анализ погодных условий в данной местности выявил такую проблему, как довольно высокая влажность наружного воздуха. Задача создания благоприятного микроклимата в помещениях может быть решена с помощью системы осушения приточного воздуха, основанной на использовании процесса абсорбции с применением концентрированного раствора LiCl. Наиболее важными элементами систе-



мы являются блок абсорбционного осушения, накопитель и блок регенерации. Высокоэффективная система охлаждения с использованием чиллера

Структура фасадов

собирает избыточное тепло из приточного воздуха. Тепловую энергию, используемую в регенеративном блоке, получают с помощью солнечных панелей с большой производительностью – накопителей солнечного тепла (плоские пластинчатые или вакуумные трубчатые коллекторы), установленных на фасадах зданий. Наружный воздух, прошедший через поглотитель, приобретает требуемые показатели абсолютной влажности и попадает в высокопроизводительное вентиляционно-охлаждающее устройство для получения оптимальных температурных параметров. Таким образом, необходимая мощность системы охлаждения снижается по крайней мере на 60%, так как требуется удалить только избыточное тепло... И блок осушения (влагопоглотитель), и вентиляционная установка могут быть централизованными или децентрализованными в зависимости от того, в каких зонах комплекса они используются. Осушение воздуха жидким поглотителем – процесс накопления энергии практически без потерь. Это дает возможность в определенные промежутки времени чередовать кондиционирование и регенерацию воздуха, что позволяет по максимуму использовать солнечную энергию.

Всеобъемлющая энергетическая концепция «Шеньженьского энергодворца» связывает воедино конструкцию фасадов, высокопроизводительные интегрированные инженерные системы и оборудование, обеспечивающее создание комфортного микроклимата в здании за счет использования тепловой энергии солнца. В результате мы получаем благоприятные условия в помещениях при одновременном сокращении энергопотребления и эксплуатационных издержек. Вот почему комплекс в полной мере отвечает требованиям, которые предъявляются к экологически устойчивым высоткам, в данном случае даже опережая свое время. ■



# CITY OF ANGELS

*Лос-Анджелес расположен на прибрежной низменности, прилегающей к заливу Санта-Моника и окаймленной горами Сан-Габриель, Санта-Моника и Санта-Ана, также известен как L.A. и City of Angels – Город ангелов. Это крупнейший по численности населения город штата и второй – в США, один из крупнейших мировых культурных, научных, экономических, образовательных центров.*





*В Лос-Анджелесе нет городского центра. Хотя историческим центром является Ла-Плаза, а в «центре города» сосредоточены небоскребы, административные функции распределены между районами, далеко отстоящими друг от друга. Большинство из них были отдельными городами, впоследствии вошедшими в состав Лос-Анджелеса.*







*Для города характерна регулярная планировка и низкая плотность застройки. Высотные здания сконцентрированы в центральной его части. Современная архитектура представлена значительным разнообразием жилых, коммерческих и производственных зданий, среди которых имеются работы Франка Гери (Концертный зал Уолта Диснея, Калифорнийский авиакосмический музей и др.), негритянского архитектора-новатора Пола Уильямса, Тома Мейна, Эрика Мосса и других известных мастеров.*





*Внутри Лос-Анджелеса находится административно самостоятельный город Беверли-Хиллз, известный своими роскошными особняками знаменитых голливудских актеров и магнатов киноиндустрии. В Беверли-Хиллз в 90-е годы XX века был выстроен огромный торговый и развлекательный центр Century City.*





# МЕЖДУ НЕБОМ И ЗЕМЛЕЙ

**Стремительный рост китайских городов ввысь не остановил даже экономический кризис. В сентябре приступили к строительству Ningbo Global Shipping Plaza, спроектированного по заказу Ningbo Port Group. Штаб-квартиру для Ningbo International Shipping Service Center возведут в новом районе Синчень на востоке китайского города Нинбо. 256-метровая 52-этажная башня, разработанная архитектурным бюро Nikken Sekkei, станет основной площадкой для мировых операторов индустрии морских перевозок, портового хозяйства, логистики, а также торговых компаний. Стоимость проекта оценивается в 1,5 млрд юаней.**

Создатели проекта надеются, что высотка-рекордсмен станет новой достопримечательностью Нинбо и символическими воротами этого преуспевающего города-порта. Сооружение и будет выглядеть как городские ворота, ориентированные на север и юг по оси города. Чтобы подчеркнуть общественное значение офисного небоскреба, доступ в атриум будет открыт для всех желающих. Этажи с 1-го по 5-й отводятся под коммерческие нужды и сад, куда будет обеспечен открытый доступ. На 6-м этаже разместится операционный центр по морским перевозкам, а с 7-го по 50-й этажи займут офисы и смотровые балконы. На 51-м и 52-м этажах зажжет огни международный клуб моряков.

В проекте Ningbo Global Shipping Plaza применена конструктивная схема с двойным ядром и большепролетными конструкциями перекрытий вместо распространенной в Китае схемы с центральным ядром. Ядра жесткости расположены в противоположных концах здания и сделаны из бетонных и частично композитных материалов с четырьмя блоками стальных ферм высотой в один-два этажа.

Поскольку постройка очень высокая, ядер жесткости недостаточно для того, чтобы здание выдерживало ветровые нагрузки. Оно должно соответствовать также достаточно жестким требованиям по сейсмостойкости, которые были пересмотрены после землетрясения в провинции Сычуань в мае 2008 года.

Здание спроектировано таким образом, что его характеристики сейсмобезопасности втрое превы-

шают прежние предельно допустимые значения.

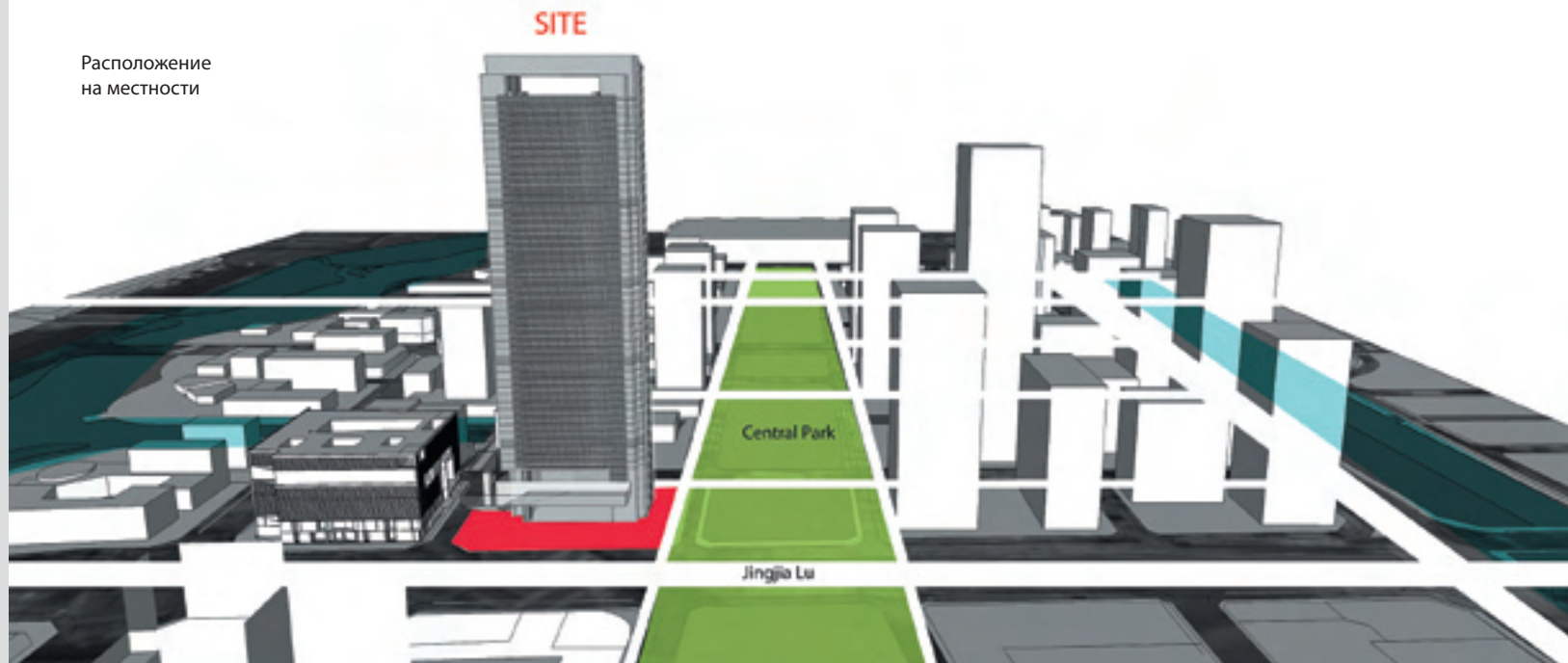
Три линии ферм расположены на 6–8-м (двухэтажная ферма), 19–20-м, 30–31-м и 39–40-м этажах, соединяя ядра между собой, что существенно повышает поперечную жесткость здания. Кроме того, фермы служат для переноса силы тяжести с центральных участков на края основания. Это позволяет создать большой открытый объем ниже 6-го этажа и обеспечить свободную планировку офисных пространств, а также дает возможность создать большой по площади атриум без колонн в нижней части башни.

На уровне 49-го этажа здание сужается, а бетонные связи сменяются стальными. Последние были использованы как система боковых связей для данной части здания, чтобы добиться наибольшей архитектурной гибкости и уменьшить сейсмическую нагрузку на строение. Все это придает конструкции прочность и устойчивость к воздействию предельно высоких горизонтальных нагрузок при сильных ветрах или землетрясении. При этом здание отличается стройностью, ведь соотношение его высоты к ширине основания составляет величину 7,7.

Помещение над уступом здания на 49-м этаже и выше используется как гостиная. Большепролетные конструкции делают его просторным и предоставляют декораторам интерьеров максимальную свободу самовыражения.

Расположенные по бокам здания несущие конструкции позволяют образовать обширные открытые участки для уютных офисных пространств с северной и южной сторон. Таким образом достигается наибольшая гибкость в планировке помещений, которые должны отвечать требованиям арендаторов, в том числе и по площади. Кроме того, офисное пространство и участки периметра, прилегающие к вестибюлю, а также лифтовые площадки оснащены устройствами естественной вентиляции. Это не только позволяет обеспечивать приток свежего воздуха, но и снижает нагрузку по его кондиционированию. К тому же в стан-





Расположение на местности



Интерьер атриума



дартных офисных помещениях горизонтальные жалюзи установлены по линии север-юг таким образом, что обеспечивают затенение в летнее время, предотвращая их перегревание и одновременно уменьшая тепловую нагрузку. Кроме того, они выполняют функцию отражающих пластин при подсветке.

Внутри башни будут разбиты три сада. Первый – «Городской» – раскинется на первом этаже сразу за входной группой. Его идея – обозначить непрерывность естественной среды расположенного рядом Центрального парка, который также проходит вдоль городской оси. Второй сад, названный «Стеклянным», – своего рода вентиляционная отдушина, которая снижает воздействие силы

ветров, продувающих здесь высотное здание насквозь. А на крыше подиума посетителей встретит «Поднебесный сад», прозрачный пол которого открывает вид на атриум. Это еще и смотровая площадка на открытом воздухе в верхней части здания. Во все три сада, связанные лестницами и лифтовыми шахтами, открыт доступ всем желающим. Два этажа верхней части «Поднебесного сада» займет международный морской клуб. С экологической точки зрения привлекательность проекту добавят системы с использованием солнечной энергии, дождевой воды, а также программа воспитания экологической ответственности.

Ландшафтный дизайн проекта в первую очередь ориентирован на рациональное устройство пространства, которое способствовало бы деятельности находящихся здесь людей. Кроме того, была поставлена задача создать такой пейзаж, который напоминал бы людям об их связи с природой.

Мостом между внутренним и внешним пространством служит увитая плющом шестиугольная беседка. Она накрывает прилегающую к нижнему уровню небоскреба территорию, стирая границы между улицей и интерьерами, а также упорядочивает движение посетителей. Незавершенность форм шестиугольника создает эффект чередования непрерывности и переменчивости. Это придает вертикальному и прямолинейному объему башни облик живого существа, прорастающего сквозь тучи. Беседка не только связывает горизонтальное пространство снаружи башни и ее помещения, но и служит нижним преддверием в вертикальный объем «Городского атриума» и словно падающая каскадом вода в горной долине, подчеркивая связь земли и небес, заставляет прохожего поднять голову.

«Стеклянный сад» на крыше консольного мостика, расположенный на уровне 5-го этажа, замыкает атриум и служит переходом на более высокие уровни. Этот сад формирует границу между небом и



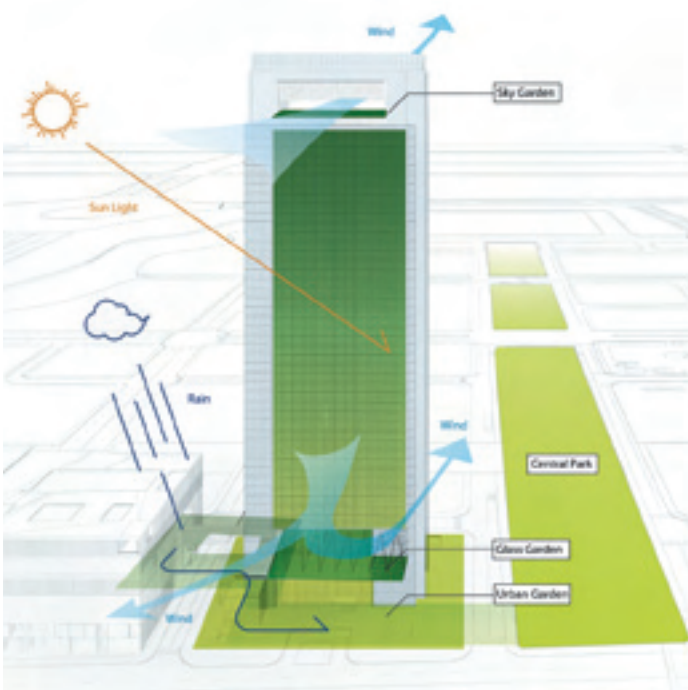
землей, давая посетителю представление о необходимости городского ландшафта и силуэта Ниньпо и легкое ощущение полета.

На одном из самых высоких уровней – приблизительно в 250 м над землей – посетители вдруг попадают в открытый «Поднебесный сад», где можно испытать волнующее ощущение полета, а также полюбоваться цветами и прочими элементами дизайна сада. ■

#### NINGBO GLOBAL SHIPPING PLAZA

Местоположение – Ниньпо, Китай  
Основное назначение – коммерческое, административное  
Владелец здания – Ningbo Global Properties Ltd.  
Несущие конструкции: железобетон, армированный сталью; железобетон; стальные конструкции  
Количество этажей: 51 надземный, три подземных  
Площадь участка – 9800 кв. м  
Площадь основания здания – 5880 кв. м  
Общая площадь надземной части – 117 600 кв. м  
Высота – 256,8 м  
Проектные организации-партнеры:  
ландшафтный дизайн – Mindscape Ltd.  
проект системы освещения – Izumi Okayasu Lighting Design

Инсоляция, воздействие ветров





# С ТТАЙК ТҮЙ Э В ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЕ. ФАНТАЗИЯ НА ТЕМУ

Эклектика, трактуемая как рациональный выбор архитектурно-художественного решения в международном (историческом) или народном (традиционном) стиле, превысив «критическую массу» эстетических штампов, стала ругательным словом в первые десятилетия XX века.



Рис. 1.  
Алексеев А.А.  
1905–1906 гг.

нтузиасты «чистой архитектуры» на место «аляповатых» архитектурных деталей ставили качество фактур, текстур и цветности фасадных поверхностей, часто применяя редкие строительные материалы, а со временем и новейшие высокие технологии (high tech).

Однако крайности в эстетических пристрастиях принципиально не свойственны рациональному подходу. Развитию архитектуры закономерно присущи и авангардные, и ретроспективные тенденции.

Шедеврам архитектуры всех стилей и направлений присуще мастерство воплощения облика фасадов в объемно-пространственных композициях и в архитектурной детализации видимых границ фасадных поверхностей, и в средовом эстетическом взаимопроникновении интерьеров и элементов комплексного благоустройства территорий.

Примером эффектного использования современных материалов и техники в художественных

образах, ассоциативных традиционным, являются всемирно известные башни «Цин Мао», «Петронас», «Тайбэй 101» (рис. 2). А такие крупномасштабные архитектурные комплексы, как «Палаццо Абраккас», «Арена Пикассо», и др. оригинально выражают «дух театральности» с «патиной» историзма (рис. 3).

Исторически прообразы «сказочно-самобытной уникальности» мотивов русского стиля явлены в деревянном и каменном древнерусском зодчестве и в «кирпичном» барокко XVII века (называемом «нарышкинским»). Подлинный историзм в стилизации с конца XIX и начала XX веков развивался в стилиевых направлениях неорусского и русского модерна. После «революционного очищения», после мировых и гражданских военных разрух первой половины XX века, в «период реставрации» 50-х годов элементы стилизации вновь были явлены в облике московских высоток (называемых «сталинскими») (рис. 4).



Рис. 2.  
Художественные  
мотивы облика  
башни «Тайбэй  
101», Тайвань  
(фасады)



Таким образом, знаковые произведения крупномасштабной высотной архитектуры стилистически представлены развитой пластикой и рельефом фасадов в разнообразии композиций цветности, фактур и текстур поверхностей из керамики, железобетона, стекла и металла, удаленных от наблюдателя за счет крупности масштабов и высоты расположения. Архитектурные ансамбли стилизованной застройки отличаются эстетической целостностью и культурной лаконичностью в локальной архитектурной среде.

Очевидно, что должна быть предоставлена возможность стилизации, а уж приемлемость эклектического подхода можно и нужно тщательно взвешивать на весах эстетического правосудия, учитывая, что видеозаконологии претит повсеместное применение художественных мотивов, которые чем более выразительны, тем более навязчивы. Поэтому необходимо соблюдение баланса сочетания фоновой застройки и архитектурно-художественного акцента. Этому служит современное градостроительное законодательство, которое позволяет вести общественное обсуждение проектов, расширяющее полномочия органов управления на местах, а главное, надо надеяться, подкрепленное современным уровнем культуры субъектов инвестиционно-строительного процесса.

Такой подход сегодня может быть представлен лишь гипотетически.

Вообразим панораму городской набережной, вдоль которой протекает дорога с озелененными пешеходными тротуарами. За ними обширный участок проектируемой застройки на фоне крупномасштабной городской архитектурной среды, а может быть, и природного ландшафта с пересеченным рельефом местности. На этом участке предположим строительство архитектурного ансамбля комплексной застройки многофункционального делового центра, проектируемого в синтезе индустриального хай-тека и традиционно русского стиля. Его составят современные многофункциональные здания («палаты»), развитые



Рис. 3.  
Детализация фасадов  
комплекса «Арена  
Пикассо», Марн-ла-Валле  
(фасад)

многофункциональные и многоярусные глубокие подземные пространства и высокие цоколи и стилобаты («крыльца») с апартаментами («теремами»). Построенные в современных строительных системах и конструктивных схемах, с использованием новейших материалов и технологий, они образуют внутренние пространства со свободной планировкой, оснащенные передовыми инженерно-техническими системами и оборудованием. Такой комплекс по праву мог бы называться на старорусский манер. Буде он в границах территориальной единицы с особым статусом, «град» или «слобода». Или по целевой принадлежности, «городок», например науки, художников, ремесленников, студентов и т.д. Или «городище», если это парковый и усадебный комплекс или пригородный «посад». Но название, как говорится, «дело наживное» [2], прежде всего – архитектурный облик зданий и сооружений комплекса застройки. В нем должно максимально выражаться внутреннее и внешнее единство архитектурного образа объемно-планировочных решений и объемно-пространственных композиций и облика фасадов (рис. 5).

Это единство проявляется на всех уровнях архитектурной пластики объемно-пространственных композиций объектов, крупной пластики фасадов, интегрирующей объемно-планировочные решения помещений, средней пластики, интегрирующей множества элементов фасадов (групп деталей единого типоразмера и функции), мелкой пластики и рельефа поверхностей и их детализации (стыков и соединений). Оно усиливается разнообразием фактурности, цветности и текстурности поверхностей [4].

Такое единство практически достигается архитектурно-конструктивной и функционально-технологической органичностью претворения поэтажной модификации плана в растущий объем. Оно полноценно воплощено в строительных системах (материалах, технике и организации строительства) и в конструктивных схемах, присущих актуальным функциональным зада-

Рис. 4.  
Элементы стилизации  
с мотивами русского  
стиля в облике здания  
гостиницы «Ленинградская»,  
Москва  
(фрагмент фасада)



чам и строительно-техническим возможностям. В отечественной традиции бревенчатых строений образцом является трансформация объемов клетки в формы объемов кровли, которые главным образом характеризуют самобытность русского стиля в архитектуре. Те самые «терема-теремочки», которые органично строились, надстраивались, встраивались и пристраивались в процессе жизнедеятельности и эксплуатации. Архитектурные детали, узорочные крыльца, наличники, коньки, колонны, балки и прочие украшения, лишь красноречиво дополняли характерные особенности русского стиля.

Поэтому **стилизация состоит не в несурзных «навесках» архитектурных деталей на гипертрофированные и технократично-выхолащенные объемы фасадов**, с механистичной регулярностью испещренные мелкими рядами массово повторяемых деталей и элементов. Детализация фасадов в крупности форм и в новейших материалах при проработке художественных образов, ассоциативных традицион-

и материально-техническом контексте, трансформируя и абстрагируя традиционную или историческую художественную образность. Здесь очень кстати авторитетное мнение исследователя памятников русского народного зодчества А.А. Алексеева [1]: «Признав классические формы мерилom абсолютно-геометрически прекрасного, мы придем к отрицанию целых областей искусства, раз будем строго последовательны, и нам придется тогда вместе со старыми немецкими историками сравнивать храм Василия Блаженного с группой мухоморов». Экстраполируя это суждение на современный лад, нельзя привычной «саженью» мерить новые архитектурные формы, примеряя «старые мерки и пропорции». Следует добиваться, чтобы эстетическое чувство прекрасного «отказывалось забраковать нарушения чистоты стиля, настолько цельно было настроение общего».

**Органичность архитектурной среды подразумевает визуально-эстетическую закономерность и востребованность** по принципу «природа не терпит пустоты» относительно не только физически не занятого пространства, но и **преодоления культурно-исторического вакуума технократической среды**. В аспекте видеозологии необходимо, «чтобы все было на своем месте», сомасштабно окружающей среде и композиционно целостно. Проиллюстрируем цитатой принцип живописной гармонии с родным природным пейзажем: «Насколько условно представление о прекрасном? Это представление складывается в душе человека под впечатлением окружающей природы, передается наследственно, воспринимается из окружающего общества. Этим представлением и обуславливается гармония, в которой находится искусство и архитектура данной страны с ее природой. Со своей стороны замечу, что наши северные деревянные, например, церкви со своими многоглавыми верхами стоят среди родного пейзажа так же привольно и естественно, как группы стройных елей на лесной поляне» [1] (см. рис. 1). Методически намеченным принципом можно воспользоваться, вставив абстрактно узнаваемый природный пейзаж в воображаемую панораму участка предполагаемой застройки, а затем трансформировав его в искусственные архитектурные формы, соразмерные окружающей архитектурной среде и выполненные в русском стиле в новейших технологиях.

**Реальность технического воплощения стилизации в «русском хай-теке»** обусловлена относительной независимостью оболочек навесных фасадов от конфигураций объемов помещений. В свою очередь, **полноценность визуализации форм зданий и прорисовки деталей** обусловлена их масштабностью и высотностью, когда создается возможность использовать метод аппроксимации, выражающийся, в частности, в принципе квадратуры круга или представления «кривой линии как совокупности прямых», или дискретного как целого.

**Детализация на уровне ближнего плана восприятия наблюдателей может быть более тщательной в формах и материалах, чем на среднем и дальнем визуальных планах. При этом хай-тек**

**вовсе не подразумевает ограничения в использовании только современных материалов и конструкций, а дает возможность вкрапления архитектурных деталей и элементов конструкций из традиционных и природных материалов.**

**Правомочность постмодернистского подхода обусловлена требованиями высочайшего качества проектирования и строительства. Опасность дешевки и китча кроется в спешке и суетности реализации проектов, когда появляется финансирование и требуется его быстро освоить. Современный уровень развития техники обусловил возможность применения многообразных архитектурных форм со сравнительно незначительными затратами, что создает опасность навязчивого тиражирования художественных штампов, когда вновь захочется «чистых форм».** Поэтому следует исключать повсеместность и массовость стилизации, равно как и лапидарную, а подчас и вульгарную, подмену единства пластики крупных форм и детализации в образах традиционного искусства якобы модернистскими, упрощенно-лубочными, а на самом деле просто малохудожественными «детальками» и «скульптурками».

Следовательно, будет востребовано **эффективное управление архитектурно-строительным процессом и развитая культура субъектов инвестиционно-строительного процесса** в методах совместной работы:

- управляющих и надзорных органов и застройщика (инвестора и заказчика) в подготовке проектирования и разработке исходно-разрешительной документации с применением развитой методики предварительного анализа общественных и пользовательских культурных запросов;
- застройщика в организации конкурсов на проектирование и строительство, общественных обсуждений и профессиональной экспертизы проектов, интеллектуального технического, авторского и экспертного надзора за строительством, контроля приемки-сдачи объекта в эксплуатацию;
- генеральных проектировщиков комплексов застройки в организации совместной работы авторов проектов отдельных объектов, а также художников и мастеров разных ремесел в едином архитектурно-художественном подходе при творческом разнообразии воплощения отдельных проектов;
- подрядных строительных организаций по преемственности уровня качества производства работ;
- служб эксплуатации и безопасности по повышению уровню сложности организации управления, диспетчеризации, охраны и инженерно-технического обслуживания комплекса застройки в целом и отдельных его объектов.

Безусловно, «красота требует жертв», а не меркантильного финансирования.

Итак, в вопросах выбора стилизации слишком много «если» [4].

В самом деле, иной раз более приемлема просто развитая геометрия форм стеклянных оболочек

небоскребов. Бесформенные глыбы, напоминающие «парящие в небесах горные вершины», или айсберги «дворца снежной королевы», или зеркально отражающие «дивные пейзажи» (при наличии таковых), возможно, менее «навязчивы» суетному сознанию, чем культурно-эстетически конкретизированные архитектурные формы, отсылающие воображение зрителя к традициям и истории. В свою очередь, историзм эклектики можно трактовать как «литературщину» и как «костыль», ненужный полноценному авангардному стилю (если, конечно, именно стиль, а не авторская манера или творческое направление имеется в настоящем диапазоне архитектурных разработок вне альтернативы применения технократичных «флакконно-бутылочных» или стилизованных форм).

Однако **если ставить целью создание знакового комплекса застройки, зданий и сооружений, символизирующих преемственность традиций народной культуры или функционально предназначенных представлять имидж народного художественного искусства, скажем, в исторической преемственности местного меценатства, историзм и стилизация представляются вполне органичным архитектурным приемом.** Тем самым следуя принципу, «...мы видим в истории искусства не механическую смену различных стилей, заранее обреченных на умирание, по довольно распространенному взгляду, но непрерывное накопление богатства образов для выражения различных идей в значительной части бессмертных для культуры человечества. История архитектуры не является для нас пыльным складом бутафорского хлама, но живым источником знания, рядом примеров познания прекрасного в природе и духе человека» [1].

**Стилизованные архитектурные ансамбли могут возводиться точноно, вписываясь в среду, а могут и формировать панорамы старинных городов-памятников исходя из учета местных особенностей**, в том числе и в продолжение архитектурно-художественных традиций неорусского стиля и русского модерна, исторически заложенных народным меценатством (в частности, Третьяковым В.М. при проектировании художественной галереи, и многими другими).

**Таким образом, для современного девелопмента строительства, исходя из градостроительной ситуации и архитектурно-художественных задач, может быть не только приемлем, но и необходим рациональный выбор архитектурной стилизации ансамблей комплексов застройки или отдельных объектов капитального строительства.** ■

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, А.А. Опыт критической оценки памятников русского зодчества. / А.А. Алексеев // Архитектурный ежегодник. Издание Общества гражданских инженеров и строителей. – СПб., 1906. – С. 7–30.
2. Крюков, А.Р. Своеобразие архитектурно-художественного облика высотной застройки Москвы / А.Р. Крюков // Высотные здания. – 2007. – № 2. – С. 74–77.
3. Крюков, А.Р. Облик фасадов и архитектурные детали высотных зданий / А.Р. Крюков // Высотные здания. – 2009. – № 1. – С. 76–81.
4. Крюков, А.Р. Архитектурная детализация фасадов. Системный подход / А.Р. Крюков // Высотные здания. – 2009. – № 3. – С. 54–59.

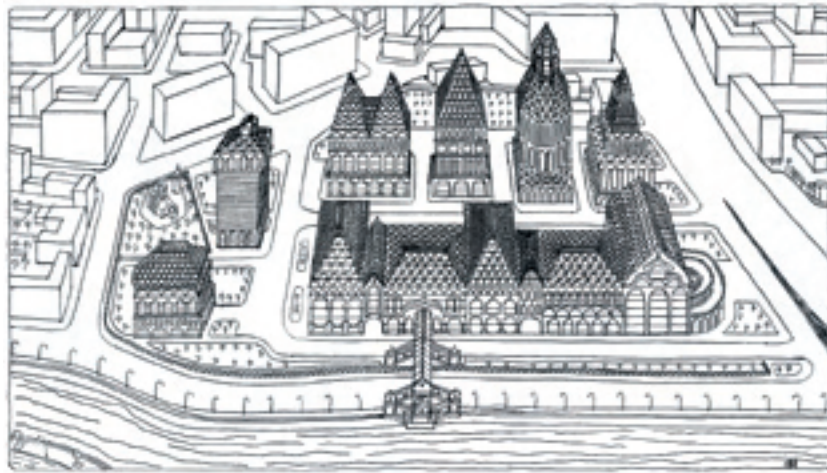


Рис. 5. Фантазия на тему – русский стиль в индустриальной архитектуре (набросок панорамы застройки)

ным, призвана дополнять архитектурные композиции фасадов соответственно масштабности объектов застройки [3].

Современная архитектура показывает, как нужно и можно без нововдела, копирующего образцы, а нарочито искусственно, лишь изобразительно и декоративно в постмодернистском духе именно «**приблизиться**» к единству ассоциативного восприятия традиционности завершения формы и облика фасадных поверхностей объектов, используя современные функции, строительные системы и конструктивные схемы нового строительства.

«Борцы за правду» в искусстве, за подлинность и художественную достоверность считают невозможным и ненужным стилизацию традиционных мотивов в новой архитектуре. Действительно, современные масштабы застройки, новые функции, строительные системы, материалы, технологии и квадратуры коренным образом меняют сомасштабность архитектуры и человека. Неграмотно сделанный «игрушечный» нововдел может выглядеть нелепо. Однако, как показывает передовая архитектурная практика, трансформация художественных форм возможна и целесообразна в укрупненных масштабах, в новом архитектурном

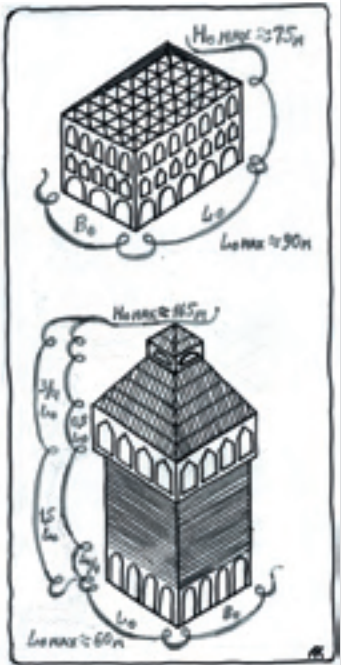


Рис. 6. Примерные параметры объектов



# БЕЗ ПРАВА НА ОШИБКУ

**Развитие высотного строительства в столице потребовало принятия дополнительных мер по обеспечению качества возводимых объектов. Для этого было создано новое структурное подразделение – Управление надзора за высотным домостроением и большепролетными зданиями и сооружениями. О непростой работе этого Управления рассказывает заместитель председателя Комитета государственного строительного надзора города Москвы, кандидат технических наук Сергей МИРОНЕНКО.**



Сергей МIRONЕНКО

**Сергей Павлович, когда было создано Управление надзора за высотным домостроением и большепролетными зданиями и сооружениями?**

В марте 2004 года мэр Москвы Ю.М. Лужков дал поручение создать специализированное Управление. Главной причиной создания новой структуры стала реализация программы «Новое кольцо Москвы», по которой было намечено строительство 60 высотных многофункциональных комплексов. Нашей службой были разработаны мероприятия по повышению эффективности контроля за высотным домостроением и возведением уникальных объектов, в том числе предусматривающие создание в структуре ИГАСН специализированного подразделения.

**С какими сложностями приходится сталкиваться сотрудникам Мосгосстройнадзора и какие объекты вы считаете наиболее сложными?**

Основная сложность в работе сотрудников Управления – это отсутствие нормативных документов, регламентирующих проектирование, строительство и эксплуатацию высотных зданий, которые еще только предстоит разработать и утвердить. В соответствии с программой «Новое кольцо Москвы» к их разработке привлечены ведущие научно-исследовательские и проектные организации России,

изучается и обобщается опыт возведения и эксплуатации высотных зданий в развитых странах. Но несмотря на имеющиеся объективные трудности в работе, наше Управление уверенно осуществляет государственный строительный надзор на наиболее сложных объектах города.

Это в первую очередь здания, возводимые по программе «Новое кольцо Москвы», и строительство Московского международного делового центра (ММДЦ «Москва-Сити»). Объекты ММДЦ «Москва-Сити» – комплекс башен «Федерация», «Город столиц», «Аквапарк», Башня на набережной – расположены вокруг центрального ядра, которое включает в себя центральный пересадочный узел метрополитена, объединяющий три линии, в том числе метро, скоростную транспортную систему связи с аэропортами Шереметьево и Внуково, автостоянки, торгово-развлекательные комплексы, рестораны, кафе, концертный зал.

Учитывая сложные грунтовые условия, участки строительства ММДЦ огорожены «стеной в грунте», глубина заложения которой на 20 м ниже уровня Москвы-реки и доходит до глубинных слоев глины, пронизывая известняки и образуя глиняный замок, а для исключения барражного эффекта предусмотрены специальные водопускные сооружения.

**С какими ошибками и недочетами строителей и проектировщиков приходится сталкиваться чаще всего?**

В процессе строительства застройщики, следуя своим коммерческим интересам, вносят изменения в объемно-планировочные и архитектурные решения, увеличивая этажность и общую площадь, изменяют конструктивные элементы отдельных частей. Подобная «самодеятельность» в конечном счете может негативно сказаться на эксплуатационной надежности высотного объекта и степени его безопасности.

Другая проблема связана с эффективностью авторского и технического надзора. Как известно, во многих компаниях управленческие функции заказчика-застройщика, технического заказчика, а в ряде случаев и генпроектировщика, и генподрядчика структурно сосредоточены в одной «команде» инвестора. О какой независимости надзора может идти речь в подобной ситуации?

На практике чаще всего приходится сталкиваться со следующими нарушениями:

- использование неквалифицированной рабочей силы и недостаточный уровень подготовки инженерно-технических работников в ряде подрядных организаций;
- наличие пустот в теле бетона, обнажающих арма-

туру из-за недостаточного уплотнения, что также снижает прочностные и деформационные характеристики конструкций;

- уменьшенная толщина защитного слоя, с оголением арматуры, приводящая к ее коррозии, появлению ржавчины на поверхности бетона;

- осуществление работ по распалубке в зимнее время до приобретения бетоном критической прочности, отсутствие надлежащего ухода за уложенным бетоном, что затрудняет достижение необходимой прочности;

- отсутствие в большинстве случаев входного контроля бетонных смесей, нарушение условий хранения контрольных образцов, приводящее к использованию не соответствующих требованиям бетонов, получению недостоверных данных по результатам испытаний;

- неудовлетворительный производственный и лабораторный контроль работы подрядных организаций, недостаточный входной контроль поступающих материалов и конструкций, слабый технический надзор заказчиков и авторский надзор проектных организаций, ограниченный по своим техническим возможностям;

- при устройстве нулевых циклов и подземной части небоскребов, как правило, необходимо проведение защитных инженерных работ по зданиям, попадающим в зону влияния строительства. Это удорожает строительство и зачастую выполняется инвесторами под давлением Мосгосэкспертизы и Мосгосстройнадзора, причем уже в процессе возведения здания;

- на стадии возведения надземной части дают о себе знать ошибки, допущенные при организации геодезического сопровождения, что объясняется низкой квалификацией геодезической службы участников строительства и ее недостаточным оснащением необходимым оборудованием. Проекты производства геодезических работ зачастую носят формальный характер и не учитывают специфику высотных зданий.

По вышеперечисленным нарушениям проекта, СНиПов, ГОСТов инспекторами оформляются предписания установленной формы и назначается срок устранения нарушений. Согласно положениям ч. 6 ст. 52 Градостроительного кодекса РФ, последующие виды работ приостанавливаются до устранения обнаруженных нарушений и составления акта об их устранении. Как правило, из 100 нарушений 95 устраняются вовремя с последующим письменным извещением инспектора. Оставшиеся нарушения являются

**Специалистами Мосгосстройнадзора накоплен огромный профессиональный и практический опыт работы**





ся предметом рассмотрения арбитражными судами, мировыми судьями и административной комиссией Мосгосстройнадзора по наложению административных штрафов по ч. 3 ст. 9.5 и ч. 6 ст. 19.5 Кодекса РФ об административных правонарушениях.

#### Как вы боретесь с нарушителями?

С 1 января 2007 года приняты изменения к Кодексу РФ об административных правонарушениях, согласно которым значительно увеличены штрафы за правонарушения в области строительства. Кроме того, количество составов правонарушений, за которые Комитет вправе привлекать недобросовестных участников строительства к административной ответственности, увеличилось.

За невыполнение предписаний Мосгосстройнадзора по решению арбитражного суда организация может понести наказание в виде административной приостановки деятельности до 90 суток.

За 9 месяцев этого года было выявлено 2490 нарушений, выдано 980 предписаний об устранении выявленных нарушений при строительстве уникальных объектов.

#### Какую роль играет Управление надзора за высотным домостроением и большепролетными зданиями и сооружениями в развитии строительного процесса, разработке новых технологий?

Именно по нашей инициативе к работе по возведению высотных зданий стали привлекаться ведущие отечественные НИИ. И теперь совместно с учеными-специалистами Мосгосстройнадзор принимает непосредственное участие в разработке программ контроля качества и технологических регламентов на производство отдельных этапов строительно-монтажных работ. Так, на комплексе «Федерация» ММДЦ «Москва-Сити» разработана и осуществлена программа контроля качества работ при устройстве

свайного поля (выполнены статические испытания свай по методу Остерберга, видеоконтроль скважин, определена целостность и сплошность стволов свай). Кроме того, специалисты Мосгосстройнадзора являются соавторами региональных нормативов МГСН 4.19–2005 «Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и комплексов в городе Москве», разработанных по инициативе правительства Москвы с целью формирования нормативной базы высотного домостроения в городе. В данных строительных нормах применен накопленный мировой опыт проектирования в области комплексной безопасности при эксплуатации высотных зданий и сооружений, предусмотрены современные требования.

Организовывая комплексные проверки, наши специалисты привлекают специализированные управления и городские службы для всестороннего контроля за ходом строительства уникальных объектов. Кроме того, сотрудники участвуют в совещаниях, проводимых Департаментом городского строительства города Москвы, где принимаются решения по своевременному вводу в эксплуатацию объектов капитального строительства с должным качеством выполнения строительно-монтажных работ.

#### Комитет будет осуществлять государственный строительный надзор за строительством высотных и уникальных объектов до 1 января 2011 года. Будете ли вы выходить с инициативой о продлении срока действия ваших полномочий?

Да, и этому есть рациональные объяснения. Дело в том, что до принятия Федерального закона от 29.12.2004 № 191-ФЗ «О введении в действие Градостроительного кодекса Российской Федерации» в задачи Ростехнадзора не входил надзор за строительством высотных и большепролетных зданий. Поэтому на федеральном уровне

не создавалось подразделение, которое бы такую задачу решало.

Итоги работы Мосгосстройнадзора и Мосгосэкспертизы за 2007–2009 годы подтверждают правильность принятого Государственной Думой в 2006 году решения о передаче городу Москве функций государственного строительного надзора за уникальными объектами, а также осуществления государственной экспертизы проектной документации данных объектов.

За прошедший период специалистами Мосгосстройнадзора накоплен огромный профессиональный и практический опыт работы на строящихся высотных и большепролетных зданиях. С целью повышения качества строительства уникальных объектов специалисты Мосгосстройнадзора в 2005–2006 годах направлялись в США для изучения мирового опыта строительства высотных зданий, созданных по проектам известного архитектора Френка Уильямса, а также опыта строительства и обеспечения комплексной безопасности сверхвысотных зданий «Всеитайской строительной корпорации» в Пекине и Шанхае. В 2007 году начальник Управления надзора за высотным домостроением и большепролетными зданиями и сооружениями участвовал во Всемирном конгрессе по строительству высотных сооружений в Дубае. Проведенные мероприятия, включая обучение сотрудников Мосгосстройнадзора в МГСУ, повысили квалификацию и расширили диапазон знаний специалистов в области строительства высотных и уникальных объектов. За эти годы построены и приняты в эксплуатацию такие уникальные объекты, как Дворец конькобежного спорта в Крылатском, Ледовый дворец спорта на Ходынском поле, Фундаментальная библиотека МГУ, комплекс «Эдельвейс», жилой комплекс «Шуваловский» и др.

Таким образом, было бы крайне нерационально и не по-государственному не использовать этот бесценный опыт, накопленный за прошедший период. Уверен, что Госдума оценит нашу работу и оставит за Москвой функции государственного строительного надзора за уникальными объектами, а также осуществление государственной экспертизы проектной документации данных объектов.

#### Как осуществляется контроль за соблюдением всех требований при проведении проектных и строительных работ?

За неделю до строительно-монтажных работ застройщик направляет в Мосгосстройнадзор извещение об их начале, к которому прилагает комплект необходимых документов, среди которых и календарный план производства работ. На основании этих данных специалисты Управления разрабатывают программу проверок, учитывающую все этапы строительства, подлежащие контролю. В зависимости от темпов строительства инспектор в среднем посещает объект 5–6 раз в месяц. Для более глубокого, всестороннего контроля к проведению проверок привлекаются специалисты Управления пожарного

надзора, Управления по надзору за строительством объектов инженерной инфраструктуры, Управления инструментального контроля и геодезии и другие специалисты. Результат проверок – это не только выявление правонарушений в области строительства, но и предупреждение брака при производстве строительно-монтажных работ и проектировании.

#### С какими проблемами приходится сталкиваться при подборе кадров?

Прежде всего это нехватка квалифицированных специалистов. Вчерашний студент у нас работать не сможет, необходимо иметь опыт в сфере строительства, пройти карьерные ступеньки от мастера до руководителя строительной организации. Бывают случаи, что даже у специалистов с большим строительным опытом не все получается. Они уходят, не выдерживая

### С 1 января 2007 года значительно увеличены штрафы за административные правонарушения

высоких требований и ответственности. Отбор идет очень серьезный, только один из семи претендентов проходит конкурс. Кроме того, мы проводим дополнительную подготовку сотрудников, они сдают экзамены на знание проектов, нормативов. Специалисты понимают необходимость в дополнительной подготовке и постоянном тестировании – иначе они не смогут отвечать за доверенный им объект.

#### Сейчас идет повсеместное создание саморегулируемых организаций. Отразится ли это на вашей работе и каким образом?

Согласно законодательству за деятельностью саморегулируемых организаций (СРО), основанных на членстве лиц, выполняющих инженерные изыскания, подготовку проектной документации, а также строительство, предусмотрен государственный контроль, который будет осуществляться Ростехнадзором. Он же уполномочен на ведение реестра СРО.

В форме лицензирования государственное регулирование упраздняется, но оно остается в форме государственного строительного надзора, который будет осуществляться, как и раньше, Мосгосстройнадзором.

Думаю, в новых условиях наша роль возрастет, но работать, особенно на первых порах, будет сложнее. Лицензирование играло большую роль в упорядочении строительства – все его участники, оформляя лицензии на тот или иной вид деятельности, по сути, брали на себя определенные обязательства. Каждый знал: не справишься с порученным делом – лишишься лицензии. Поэтому лицензионные органы были нашими помощниками в контроле за качеством строительства. В случаях вопиющих нарушений мы всегда могли обратиться с рекомендацией приостановить действие лицензии компании до полного устранения наших замечаний. Станут ли такими помощниками СРО – этот вопрос пока остается открытым. ■



# ЧИСЛО КАК ОСНОВА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ВЫРАЖЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Конструкционная безопасность – важное свойство зданий и сооружений, характеризующее их защищенность от аварий. Физическое же состояние несущих конструкций и основания отражает их способность противостоять разрушительным аварийным воздействиям. Математический аппарат теории вероятности и его ответвления (факторный анализ, теории надежности и риска) позволяют получить количественные выражения для понятий, ранее носивших сугубо описательный характер: рациональность, риск аварии. Сегодня безопасность зданий и сооружений – главная забота государства и строительных фирм, и потому ученые и инженеры понимают создание нормативных актов как задачу первостепенной важности.*

**Р**азработка документа, нормирующего конструкционную безопасность, требует ответа на ряд вопросов: В чем отличие конструкционной безопасности от механической, провозглашенной в законе «О техническом регулировании»? Какая величина может быть принята за риск аварии? Какое состояние конструкций обеспечивает их безопасность?

Конструкционная безопасность – четкий, емкий и правильно ориентированный термин. Он точно очерчивает главные элементы сооружения, от которых зависит его безопасность. Этот термин носит всеобъемлющий характер, охватывающий не только прочность, жесткость и устойчивость несущих конструкций, но и их способность противостоять внешним воздействиям, не предусмотренным в проекте. Механическая же безопасность – определение неверное.

Авторы Закона связали его с прочностью, жесткостью и устойчивостью. Их логика понятна. Прародительница этого словосочетания – строительная механика. Именно эта научная дисциплина изучает *принципы и методы расчета сооружений на прочность, жесткость и устойчивость*, т.е. предмет ее интересов – объекты, не находящиеся в движении. Вообще же механика – наука о движении тел. Теоретическая механика изучает движение тел, на

*Не имея понятия числа, мы вообще бы не могли отличить одну вещь от другой...*

А.Ф. Лосев

*Потому что все оттенки смысла Умное число передает.*

Н. Гумилев

которые воздействуют силы. Если рассматривать покой как частный случай движения, то, казалось бы, возможен такой термин, как «механическая безопасность». Но второе значение слова «механический» давно закрепилось в сознании людей, говорящих по-русски, как признак машинального, не управляемого разумом движения, привода, и потому с ним надо обращаться осторожно. Его связь со строительной наукой приходит потом, поначалу вызывая недоумение. Соответственно, более точное название нашей науки – **теория сооружений**.

Ответы на другие вопросы можно получить, если обратиться к опыту специалистов-строителей. Большинство из них считают, что полное исключение дефектов в строительных проектах невозможно. Производство, мол, единично, «изделие» невозможно отбраковать, и поэтому любой производитель принимает для себя ту степень дефектности, которая соответствует его представлению о безопасности. Основа этого представления сегодня: минимум затрат на то, что уменьшает прибыль. В ближайшее время ситуация усугубится – ведь саморегулируемые организации уже получили право нормировать свою деятельность.

Поскольку в нашем представлении безопасность производства и его продуктов – все-таки прерогатива государства, а представленный в Госдуму проект технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» ни на один из только что заданных вопросов, к сожалению, ответов не дает, следовательно, федеральный или по крайней мере региональный документ, нормирующий конструкционную безопасность, должен быть отдельно разработан и утвержден.

Чтобы читатель смог понять суть статьи, следует привести перечень основных понятий.

**Авария** – полная потеря работоспособности объекта, *запредельное* состояние.

**Аварийное состояние** – ситуация, при которой функциональное предназначение объекта невыполнимо.

**Безопасность конструкционная** – качественное свойство строительного объекта, характеризующее степень защищенности здания (сооружения) от ава-

Текст АНАТОЛИЙ МЕЛЬЧАКОВ, д-р техн. наук (Челябинск);  
НИКОЛАЙ НИКОНОВ, д-р техн. наук (Москва)







рии при возникновении непредвиденных воздействий.

**Грубая ошибка** – действие участника строительного проекта, заключающееся в отступлении от норм при проектировании, изготовлении и монтаже несущих конструкций.

**Здание** – строение, архитектурное сооружение с различной функциональной нагрузкой и помещениями для проживания или деятельности людей.

**Критический дефект конструкции** – отступление параметров конструкции от требований проекта, приводящее к снижению ее надежности.

**Конструкционный износ объекта** – число в интервале от 0 до 1, характеризующее степень деградации несущего каркаса под действием внешних нагрузок.

**Лингвистическая переменная** – средство описания явлений, значениями которых служат нечеткие переменные.

**Мониторинг** – последовательные и протяженные во времени действия, направленные на безопасность строительства и надежную эксплуатацию, заключающиеся в *наблюдении, оценке и прогнозе состояния окружающей среды в связи с хозяйственной деятельностью человека.*

**Надежность конструкции** – соответствие конструкции нормам.

**Обследование** – техническая диагностика физического состояния конструкций, разовая операция.

**Предельное состояние** – положение, в котором находится конструкция при достижении напряжений, деформаций, начальных разрушений (трещин) статистически обобщенных предельных

величин (пороговых значений безопасности). При их превышении становится наиболее вероятным отказ конструкции.

**Предаварийное состояние** – ситуация, когда в несущем остове, в ограждающих конструкциях есть серьезные повреждения, но здание своей функции не потеряло.

**Приемлемый риск аварии** – величина риска аварии, не превышающая значения, при достижении которого объект переходит в предаварийное состояние.

**Пороговые значения безопасности зданий, сооружений, конструкций, оснований** – параметры, с превышением которых отказ одного или нескольких элементов конструкции (сооружения) неминуем.

**Пороговые значения риска аварии** – инвариантные значения риска аварии, при достижении которых объект переходит в качественно иное физическое состояние – из безопасного в предаварийное, из предаварийного в аварийное для вновь возведенных зданий или ветхо-аварийное состояние для эксплуатируемых сооружений.

**Прочность, жесткость и устойчивость** – свойства материалов, конструкций и сооружений сопротивляться разрушению (*прочность*), сохранять под нагрузкой форму с допустимыми для эксплуатации деформациями (*жесткость*) и находиться в равновесии под действием сил, возвращаясь в исходное положение после отклонений от первоначальной формы (*устойчивость*).

**Риск** – рассчитываемая вероятность возникновения ситуации, при которой будет нанесен ущерб зданию или сооружению (имуществу), урон здоровью людей.

**Риск нормальный (естественный)** – определяется средней величиной риска после окончания строительства на неограниченном множестве новых зданий.

**Риск предельно допустимый** – соответствующий переходу объекта из безопасного в предаварийное состояние.

**Риск предельный** – соответствующий переходу объекта из предаварийного в аварийное состояние.

**Риск предстроительный** – риск привлечения к строительству подрядчика, не подготовленного к определенному виду строительных работ.

**Риск проектный** – соответствующий виртуальному конструкционному износу, последствия которого от проектных ошибок могут проявиться в реальности при строительстве или эксплуатации объекта с различными по тяжести последствиями.

**Риск фактический** – определяющий степень дефектности здания (сооружения) после завершения его строительства или при эксплуатации в фиксированный момент времени.

**Стандартные риски аварии** – средние значения риска, при достижении которых несущие конструкции объекта переходят в качественно иное состояние.

**Сертификат соответствия (оценка риска)** – документ, подтверждающий соответствие объекта требованию стандарта на величину риска аварии.

**Сооружение** – строение различного характера и назначения, результат проектной и строительной деятельности, обычно сложное по устройству.

**Строительная конструкция** – основа (несущая и ограждающая) строительного объекта, которому присущи эстетические функции. Строительная конструкция только с эстетическими функциями называется декоративной.

**Техническая диагностика** – инструментальная процедура установления дефектов в группах однотипных несущих конструкций строительного объекта.

**Технико-экономический уровень** – функция, отражающая вероятностную зависимость суммарных затрат на возведение объекта от определяющих параметров и характеризующая степень развития строительства в конкретном классе конструкций или сооружений в определенный период.

**Уникальное сооружение** – объект недвижимости, который на момент проектирования не обеспечен нормативами хотя бы на одну из входящих в него подсистем. Для таких сооружений создаются собственные нормативы или, другими словами, специальные технические условия.

**Энтропия (информационная)** – вероятностная мера неопределенности физического состояния несущих конструкций, показатель степени конструкционного износа.

Аварии последних лет показали, что объекты недвижимости, возведенные за это время или строящиеся сейчас, безопасными в полной мере считать нельзя. Поверхностная экспертиза, ослабление государственного надзора за строительством, падение компетентности специалистов на всех уровнях – все это сказывается на качестве и безопасности строительной продукции.

Некоторым оправданием для экспертов и проектировщиков может служить отсутствие работающих методических материалов по оценке проектного, предстроительного и фактического рисков, а также раздела проектной документации «Оценка проектного риска».

К недостаткам следует также отнести усеченный регламент мониторинга, который в большинстве случаев понимается как наблюдение за состоянием строительных конструкций с применением специального инструментария. Такое представление мониторинга без анализа проекта снижает его эффективность, не дает возможности специалистам вникнуть в авторские замыслы, правильно организовать инструментальное поле деятельности и прогнозировать существование сооружения в природном окружении и во взаимодействии с близлежащей застройкой.

Различные научные институты постоянно публикуют материалы по затронутой теме, но нормативно-методического инструмента, юридически оформленного и утвержденного, нет.

Выпущенные в свет проекты нормативных документов не всегда способствуют безопасности зданий и сооружений. Есть еще одна очень важная установка: **разрабатываемые нормативы должны не предписывать, как проектировать и строить, а устанавливать в первой своей части безусловные требования по безопасности, а во второй – предоставлять право выбора рационального и технически грамотного решения из нескольких возможных.**

Кроме вопросов, заданных чуть выше, есть еще очень много других. Как, например: **если риск – это мера опасности, то, наверное, есть граница риска, которую нельзя переступать?**

Наш опыт позволяет утверждать: за величину риска аварии следует принять число, равное отношению фактической вероятности аварии к теоретическому значению этой вероятности. В таком виде риск, во-первых, поддается измерению, а во-вторых, служит *мерой* ожидаемого ущерба в случае гипотетической аварии строительного объекта.

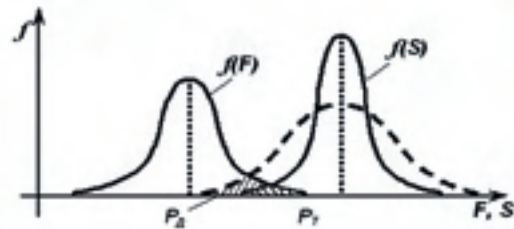
Анализ аварий в строительстве показывает, что человеческий фактор риска, связанный с организационными и техническими ошибками, отступлениями от заданных технологий изготовления и монтажа несущих конструкций, – доминирующая причина катастрофических обрушений. Ошибки людей не учитываются в нормах для расчета и конструирования, и потому привлечение специальных знаний для того, чтобы оценить влияние этих ошибок на безопасность сооружений, необходимо. Человеческие ошибки вносят существенную неопределенность в реакцию несущих конструкций на внешние воздействия, поэтому для достоверного прогнозирования риска аварии аппарата классической теории вероятности недостаточно. Логико-вероятностный подход, использующий методы нечеткой логики и размытых множеств, позволяет *количественно* определить конструкционную безопасность зданий и сооружений.

Чтобы двигаться дальше, следует сформулировать основные теоретические положения, которые позволят перейти от слов к числам.

1. Абсолютно безопасных зданий и сооружений не существует.
2. Теоретическая вероятность аварии закладывается в проект уже при его создании.
3. Фактическая вероятность аварии после осуществления проекта всегда выше теоретической, поскольку полностью исключить ошибки невозможно.
4. Отношение фактической и теоретической вероятностей служит показателем конструкционной безопасности объекта недвижимости.

**Анализ аварий в строительстве показывает, что человеческий фактор риска – доминирующая причина катастрофических обрушений**

Рис. 1. Формирование фактической вероятности аварии





**5. В правильно запроектированном и построенном объекте риск аварии не должен превышать величины естественного (нормального) риска, вычисленного на неограниченном множестве новых зданий и сооружений.**

**6. Существуют пороговые инвариантные значения риска аварии, при достижении которых строительный объект независимо от типа и размеров переходит в качественно иное физическое состояние: из безопасного в предаварийное, из предаварийного в аварийное или ветхоаварийное (для эксплуатируемых зданий).**

К факторам риска относятся любые воздействия, провоцирующие наступление аварийного состояния. Расчет строительных конструкций по предельным состояниям учитывает некоторые из них, а именно отклонения:

- нагрузок в худшую сторону вследствие их изменчивости (компенсация коэффициентами надежности по нагрузкам);
- характеристик материалов и грунтов от нормативных значений (компенсация коэффициентами надежности по материалам и грунту);
- принятой расчетной схемы от действительных условий работы грунтового основания, конструкций или их элементов, а также изменения свойств материалов под влиянием климатических воздействий, их длительности или многократной повторяемости (компенсация коэффициентами надежности по условиям работы).

Таким образом, если расчет сооружения выполнен в полном соответствии с нормами, то это еще не значит, что риск аварии полностью исключен. Многочисленные примеры показывают главенствующую роль человеческих ошибок, что подтверждается и зарубежным анализом аварий.

В частности, отмечается, что:

- отказы почти всегда связаны с ошибками людей;
- чаще всего причиной отказа становятся несколько ошибок;
- ошибки обнаруживаются и в тех конструкциях, которые не отказали.

Отсюда вывод: ошибки людей возникают с большей частотой, чем отклонения прочности материалов или нагрузок от расчетных значений. Поэтому так важно понимать, что они неизбежны, и уметь учитывать их влияние на надежность зданий и сооружений. Чтобы в дальнейшем не путаться в основных понятиях, следует установить, что *вероятность* – это возможность какого-то события (в нашем случае – неблагоприятного), а *риск* – это **мера опасности** события.

Риск сочетает в себе вероятность события и его объем (потери, ущерб, убытки). Строя комбинации этих двух элементарных мер, субъект управления оценивает степень опасности и принимает решение о необходимых действиях. Во всех случаях, когда вероятность и ущерб принимают конечные значения, сложившаяся ситуация оценивается как опасная.

На выбор математической модели риска аварии

влияние оказывает характерная особенность строительной продукции. Теоретическая вероятность аварии  $P_T$  закладываемая в объект на стадии проектирования и варьируемая в зависимости от конструктивного типа объекта в пределах  $10^{-7}$ – $10^{-5}$ , к окончанию строительства из-за человеческих ошибок возрастает в несколько раз за счет дополнительного риска  $P_d$ . Он формируется за счет ошибок участников строительства (проектировщиков, поставщиков, строителей, контролеров и др.). Эту особенность демонстрирует рис. 1, на котором приведены законы распределения обобщенного воздействия  $F$  на объект и обобщенного сопротивления ему  $S$ . Человеческие ошибки размывают закон распределения сопротивления объекта воздействию (пунктир на рис. 1), что приводит к увеличению фактической вероятности аварии  $P_\Phi$  по сравнению с теоретической  $P_T$ . Здесь важно понять, что теоретическая вероятность  $P_T$  существует и гипотетически достигается в случае, если при возведении несущего каркаса ни разу не будут нарушены требования проекта. Поскольку на практике такого не может быть, то отношение  $P_\Phi/P_T$  всегда больше 1. Так как эта величина показывает, во сколько раз фактическое значение вероятности аварии выше проектного, вносимого по умолчанию в объект при его проектировании, то она и есть тот самый интегральный показатель физического состояния объекта. Если доказать, что от величины отношения вероятностей существенным образом зависит размер ущерба при аварии объекта, то оно может быть принято за риск аварии объекта строительства. Действительно, примерно в 80% случаев обрушения зданий (сооружений) происходят по сценарию в виде пересечения следующих двух независимых событий:

1. Неожиданное внешнее непроектное воздействие на объект, провоцирующее аварию.
2. При возведении и/или эксплуатации попавшего в зону бедствия объекта допущена определенная совокупность человеческих ошибок, переместившая риск его аварии в область неприемлемых значений.

#### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА РИСКА АВАРИИ

Фактическая вероятность аварии объекта на неограниченном множестве зданий с учетом рис. 1 может быть представлена в виде:

$$P_\Phi = P_T + P_d \quad (1)$$

Для определения  $P_d$  используется теорема гипотез (формула Байеса), позволяющая пересчитать априорные вероятности при допущенных ошибках.

Вводятся две пары противоположных событий:

$C$  – ошибки возведения несущих конструкций здания есть;

$C^*$  – ошибок нет;

$A$  – здание аварийное;

$A^*$  – здание неаварийное.

События  $A$  и  $A^*$ ,  $C$  и  $C^*$  попарно образуют полные группы несовместных событий и идентифицируются в процессе строительства.

Принимаются следующие обозначения:

$P(C^*) = v$  – вероятность, что в построенном здании ошибок нет;

$P(C) = (1 - v)$  – вероятность противоположного события.

Априорные (до начала строительства) вероятности наступления и ненаступления аварии зданий (сооружений) известны и соответственно равны  $P_T$  и  $(1 - P_T)$ . Из формулы Байеса следует соотношение:

$$P(A^*/C) = P_d = P_T \cdot P(C/A) / [P_T \times P(C/A) + (1 - P_T)P(C/A^*)], \quad (2)$$

где  $P(C/A)$  – вероятность события  $C$  при условии, если авария произойдет;

$P(C/A^*)$  – вероятность события  $C$  при условии, если авария не произойдет.

Приемы нечеткой логики позволяют принять как гипотезу, что условные вероятности  $P(C/A^*) = v$ , а  $P(C/A) = 1 - v$ . Действительно, если авария объекта не произойдет, то реализуется событие  $C^*$ , в противном случае – событие  $C$ . Более того, при такой гипотезе «байесовская» основа (2) становится корректной, поскольку справедливо равенство  $P(C/A) + P(C/A^*) = 1$ .

После подстановки этих равенств в байесовское соотношение (2) с учетом того, что вероятность  $P_T$  имеет порядок  $10^{-5}$ , получим равенство  $P_d = P_T \cdot (1 - v) \cdot v$ , из которого следует, что если  $v = 1$  (ошибок нет), то  $P_d = 0$ , что соответствует логике. Сложение  $P_d$  и  $P_T$  дает  $P_\Phi/P_T = 1/v$ . Левая часть полученного равенства характеризует риск аварии объекта строительства  $r$ , следовательно:

$$r = P_\Phi/P_T = 1/v. \quad (3)$$

В качестве комментария к формуле (3) следует отметить:

- Отличительная особенность, полученная на основе теоремы гипотез: в ней четко выделена та часть риска аварии, которая непосредственно связана с ошибками людей.

• Очевидно, что параметр  $v$  должен определяться через экспертные оценки соответствия конструкций требованиям норм (проекта). В этом случае параметр  $v$  действительно соответствует уровню конструкционной надежности строительного объекта.

Для оценки конструкционной надежности  $v$  несущий каркас здания представляется в виде системы, состоящей из иерархически последовательно соединенных (возведенных)  $n$  групп однотипных несущих конструкций (основание, фундамент, стены, перекрытие и т.д.). Принимается гипотеза, что человеческие ошибки, допущенные в одной из групп, не зависят от ошибок, допущенных в других группах. Эта гипотеза соответствует действительности: как правило, крупный объект проектируют разные группы специалистов, правда под присмотром ГИПа, но все равно: каждой группе – свои ошибки. Модель и гипотеза позволяют для оценки уровня конструкционной надежности несущего каркаса объекта  $v$  применить методы теории надежности. В результате:

$$v = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (4)$$



**Многочисленные примеры показывают главенствующую роль человеческих ошибок, что подтверждается и зарубежным анализом аварий**

После подстановки соотношения (4) в формулу (3) математическая модель для риска аварии (риск-модель) приобретает окончательный вид:

$$r = 1 / \prod_{i=1}^n P_i, \quad (5)$$

где  $\prod_{i=1}^n P_i$  – произведение уровней надежности всех групп несущего каркаса.

Среднее значение риска аварии  $R$  для объекта можно оценить по приближенной формуле:

$$R = 1 / \Pi(M_p), \quad (6)$$

где  $M_p$  – средние значения надежности конструкций в группах.

Получив эту формулу, можно перейти к обоснованию риска аварии на стадии проектирования. Прогнозировать риск аварии можно по последней формуле, а входящие в нее средние уровни надежности  $M_p$  групп однотипных конструкций определяются по результатам экспертизы проекта. ■

**Окончание следует**



# ДЕТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ АВАРИЙНОСТИ В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ В ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Серьезной проблемой промышленного и гражданского строительства и ЖКХ в настоящее время является существенный износ значительной части инженерных коммуникаций, а также зданий и сооружений в целом.*

**Т**акое положение дел в России объясняется тем, что в условиях перехода к рыночным отношениям резко ослаб контроль за качеством строительства. Несмотря на привлекательный внешний вид зданий, имеет место большое число дефектов, заложенных в объект на этапах изысканий, строительства, приемки и эксплуатации, что в конечном счете приводит к росту аварийности даже в новостройках.

С учетом неизбежного роста объемов строительства высотных зданий в Москве, Санкт-Петербурге и в других мегаполисах России исследование причин аварийности и соответствующей нормативной документации имеет особо важное значение в плане предотвращения возможных причин аварий на этапах геоизысканий и проектирования высотных зданий.

По результатам проведенных обследований в России и за рубежом к числу основных причин сверхпроектного износа зданий и различного рода инженерных сооружений, а также роста аварийности в строительном комплексе можно отнести следующие:

- ошибки и упущения на стадии изысканий;
- недостаточная квалификация исполнителей строительного процесса;
- ошибки, допущенные на стадии проектирования фундаментов;
- ошибки в выборе расчетной конструктивной схемы здания;



Рис. 1. Сравнительный анализ основных причин аварий

- неправильная оценка условий работы конструкций и оснований;
- недостаточная прочность, жесткость, устойчивость конструкций и оснований;
- неправильный выбор мер по защите от осадок оснований;
- неправильный учет действующих нагрузок;
- ошибки и упущения в ходе выполнения «нулевого» цикла;
- отступление от проекта при строительномонтажных работах;
- изменение расчетной схемы конструкций при монтаже;
- неудовлетворительное качество сварочных работ;
- неправильный выбор материалов;
- несоответствующее нормам ГОСТов качество строительных материалов;
- отсутствие должного оперативного контроля качества выполнения работ;
- отсутствие необходимого надзора и ухода за конструкциями;
- грубые нарушения технологии производства работ;
- использование критических технологий производства работ по возведению нового объекта в условиях городской застройки по отношению к прилегающим объектам;
- ошибки и упущения на стадии эксплуатации зданий;
- ошибки и упущения на стадии эксплуатации территорий;
- развитие карстовых явлений вследствие аварий инженерных коммуникаций;
- применение технологий, оказывающих ударное или вибрационное воздействие на основание и окружающую застройку;
- операции по устройству проходок и выработок в грунте;
- перегрузка отдельных конструкций здания;
- недостаточные меры защиты конструкций от воздействия агрессивной среды;
- стремление устроить подземный объем под пятном застройки и пространством двора;
- возрастание динамических нагрузок на здания, вызванное увеличением числа источников вибраций в крупных городах и мегаполисах, неучет гео-

деформационных геоэкологических рисков микросейсмических проявлений в основаниях объектов и т.д.

Существует множество различных причин, приводящих к аварийным ситуациям, но наиболее распространенными причинами аварий являются: отступление от проекта при строительномонтажных работах, изменение расчетной схемы конструкций при монтаже, перегрузка отдельных конструкций здания, грубые нарушения технологии производства работ, ошибки и упущения на стадии эксплуатации зданий и сооружений. Однако, по статистике, каждая из подобных причин составляет лишь порядка (3÷6)% от общего числа аварий. Наряду с этим удельный вес аварий, связанных с отказами в системе «объект-основание», составляет 26% (рис. 1), что в 4–8 раз превышает средний показатель остальных причин аварий.

Анализ приведенных данных показывает, что в настоящее время большинство проблем могут быть конструктивно решены или по крайней мере существенно снижено их влияние на аварийность. Но все же не все эти проблемы так просто решить. Одна из них – малоизученные и аварийно опасные физико-механические процессы и эффекты. Это обусловлено, с одной стороны, недостатком информации о таких процессах или их слабой изученностью, а с другой – отсутствием в настоящее время инструментальной базы для их изучения.

Наиболее критический характер имеют проблемы безопасности, связанные с развитием предаварийных и аварийных процессов, которые отличаются трудноконтролируемыми плавными отказами компонентов и системы «объект-основание» в целом.

Главная проблема плавных отказов состоит в том, что их практически невозможно обнаружить (из-за несовершенства инструментальной базы) на безопасной стадии развития. Сущность механизма развития явлений, связанных с плавными отказами, заключается в медленном накоплении энергии и внезапном лавинообразном процессе разрушения. В этом и состоит опасность плавных отказов и их отличие от процессов медленной деградации надежности с наличием контрастных внешних проявлений износа.

Проблема малоизученных физико-механических и геодинамических процессов представляет большой интерес. Это связано главным образом с тем, что указанная проблема относится к разделу динамики вибросейсмического взаимодействия сооружений и оснований, который, к сожалению, достаточно слабо изучен по сравнению с разделом статике.

Учитывая, что вибросейсмические воздействия на систему «объект-основание» наиболее распространены в промышленных зонах и крупных мегаполисах, важность проблемы взаимодействия здания и основания в этих случаях многократно возрастает.

К числу наиболее опасных геологических проявлений в таких районах следует отнести сегментацию геологического чехла в основаниях строительных объектов, неравномерное уплотнение грунтов, нарушение естественного стока грунтовых и ливневых вод, ускоренное развитие карстовых процессов.

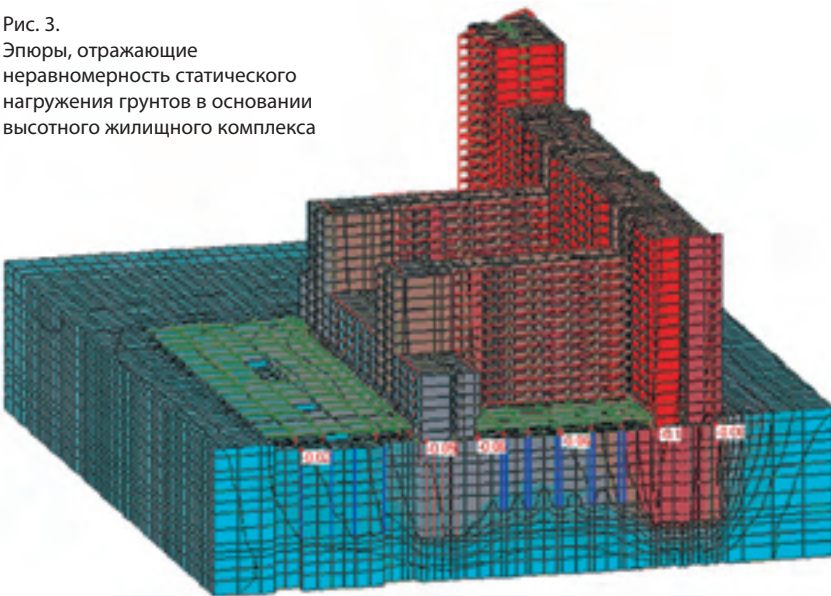
Статистический анализ данных микросейсмических наблюдений показывает, что только за 10-летний период эксплуатации зданий, например, в Московском регионе грунты оснований претерпевают более 10 млрд циклов микронагрузений, превышая порог требований в машиностроении по обязательной аттестации циклической усталости конструкционных материалов, включая металлы.

Исследования научно-исследовательского института экспериментальной механики (НИИЭМ) МГСУ позволили сделать вывод о существенном росте геоэкологической эффективности микросейсмических процессов в случае повышенной неоднородности тонкой структуры геологического разреза основания или его неравномерного вибросейсмического возбуждения, которые в конечном счете и являются одной из основных причин сверхпроектного снижения уровня геотехнической надеж-

Рис. 2. Причины отказов оснований и фундаментов зданий в разных городах России и методы их предупреждения



Рис. 3. Эпюры, отражающие неравномерность статического нагружения грунтов в основании высотного жилищного комплекса





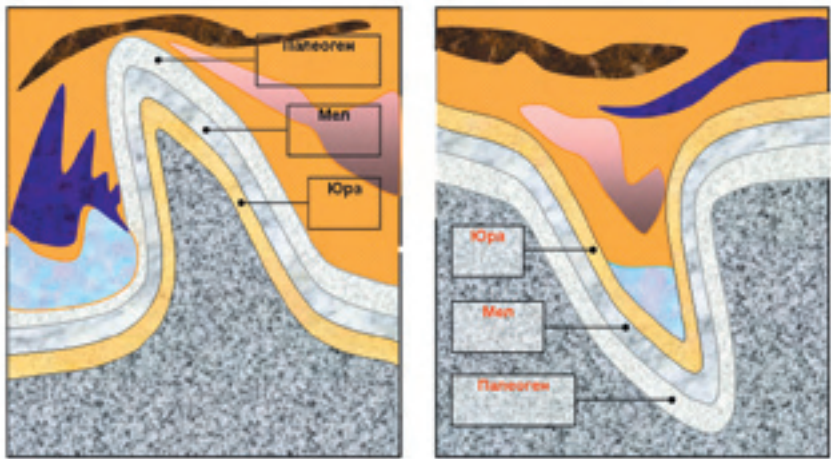


Рис. 4. Характерные неоднородности тонкой структуры геологического разреза в основаниях промзон и мегаполисов

ности, кренов и неравномерных просадок сооружений и инженерных коммуникаций.

Эта «неприятная» проблема современных городов существенно обостряется как в сейсмоактивных, так и в сеймопассивных районах планеты, если здания и сооружения имеют высокочувствительные геодинамические резонансы, которые не только концентрируют энергию вибросейсмического возбуждения оснований, но и более чем в 75 раз могут усилить их интенсивность.

На геодеформационные процессы влияет целый ряд природных и техногенных факторов, в том числе:

- локальные техногенные (рис. 3),
- локальные геологические (рис. 4),
- региональные экзогенные, эндогенные (рис. 5),
- континентальные геодинамические (рис. 6),
- континентальные геологические (рис. 7).

Обострение проблемы обеспечения безопасности ответственных объектов промышленного и гражданского строительства произошло по четырем основным причинам:

1. Резко возросла интенсивность стихийных бедствий и природных катастроф, явившихся причиной неожиданного роста мощности аварийно опасных для строительных объектов экзогенных и эндогенных процессов.

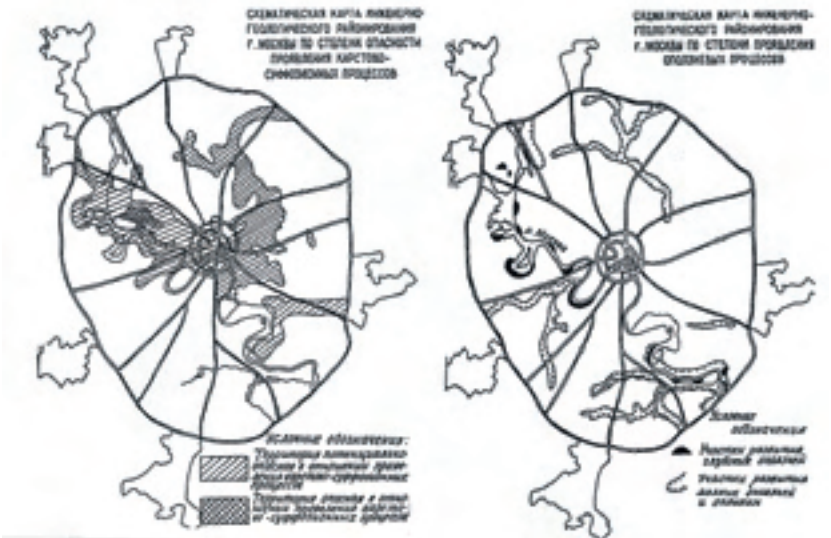


Рис. 5. Карты районирования Москвы по степени опасности проявления различных геологических процессов

2. Интенсивный рост мощности современной техносферы привел к необратимым нарушениям природных экосистем, геоэкологических, климатических и метеорологических процессов, и тенденция к их усилению сохраняется.

3. Имеет место существенная деградация остаточного ресурса надежности зданий, сооружений и инженерных коммуникаций промышленности и коммунального хозяйства, которая в последние годы существенно ускорилась.

4. Проблема своевременного обеспечения безопасности усложняется тем, что характерной чертой зарождения, развития и хода современных аварийных и чрезвычайных ситуаций является рост доли аварий и ситуаций, связанных с плавными отказами, т.е. со скрытыми процессами накопления и развития микродефектов, имеющими труднопрогнозируемый срок перехода в критическое состояние и запуска лавинообразного спускового механизма реализации аварийного разрушения объекта.

В соответствии с существующими нормами проектирования оснований, фундаментов и железобетонных конструкций, в том числе ПИНАЭ 5.10-87, расчет НДС производится с учетом статических и динамических (сейсмических) нагрузок, а также их особого сочетания.

Достоверность и точность таких расчетов во многом зависит от принятой расчетной модели основания (полупространство, ограниченный слой, винклеровское основание и т.д.), а также от принятой расчетной механической модели материала фундаментной плиты и грунтов основания (упругая, упруго-пластичная, упруго-ползучая, упруго-вязко-ползучая) и точности определения параметров, входящих в уравнения состояния, отображающие принятую механическую модель среды.

В настоящее время эти вопросы в той или иной степени учтены в нормативных документах и обсуждаются в научной литературе и на международных конференциях.

Однако среди факторов, представляющих потенциальную угрозу деградации строительных объектов, до настоящего времени не рассматривалась проблема негативного многоциклового влияния микросейсмических процессов в верхних слоях земной коры на долговременную составляющую ресурса геотехнической надежности и геоэкологической безопасности не только строительных объектов, но и районов массовой застройки, промзон и мегаполисов.

Это объясняется тем, что грави- и вибросейсмические процессы имеют, как правило, широкополосный характер и трудно поддаются метрологической верификации. Кроме того, центр прикладных исследований этой проблемы смещен в область геофизики и геотектоники, где гравидинамические процессы занимают важное место в исследовании вековой эволюции геологических сред.

Исследования грависейсмических возмущений

и их влияния на строительные объекты находятся на стыке новейших и развивающихся направлений высокоразрешающей геофизики и геодинамики.

Очевидно, что для оценки влияния этих факторов на ресурс надежности строительных объектов необходимо решение ряда узких проблем, в том числе задач:

- метрологической верификации грависейсмических процессов в техносфере, в том числе в основаниях тяжелых сооружений;
- оценки влияния микроциклических вибросейсмических воздействий на физико-механические и геоэкологические свойства грунтов основания;
- расчета и трансформации НДС в тонкой структуре оснований, в том числе при дополнительных вибросейсмических воздействиях.

Так, МГСН 2.07-97 содержит следующие сведения о состоянии экологической среды в черте города:

«Повышение плотности застройки, рост этажности зданий и усложнение инженерных инфраструктур, активизация использования подземного пространства постоянно увеличивают нагрузки на экологическую среду.

Нагрузки возрастают с развитием техногенных геологических процессов, таких как карстовые и суффозионные провалы, оползни, подтопление территории, образование техногенных и других слабых грунтов с повышенной сжимаемостью, образование различных физических полей (поля вибрации, блуждающих электрических токов, температуры)».

А также следующие предписания по обеспечению надежности объектов строительства:

«При оценке экологической обстановки следует учитывать возможное изменение уровня подземных вод на застраиваемой территории (понижение при откачке и за счет дренажа, подтопление за счет транспирации и возможных утечек из водонесущих коммуникаций), которое может вызвать деформации грунтового массива, опасные для существующих и строящихся зданий и сооружений, что должно быть учтено при проектировании...

В проекте следует учесть влияние устройства противифльтрационных завес на изменение уровня и направления движения подземных вод, а также на возможные деформации соседних зданий и сооружений...

Особое внимание должно быть обращено на прогнозирование изменений инженерно-геологических условий под влиянием строительства подземного сооружения и прежде всего гидрогеологических условий (подъем уровня подземных вод вследствие барражирующего воздействия сооружения, прорыв напорных и безнапорных вод, изменение их химического состава и агрессивности и др.).

Необходим также прогноз поведения близлежащих существующих зданий и сооружений в связи с подземным и заглубленным строительством и принятие мер по ограничению дополнительных деформаций».

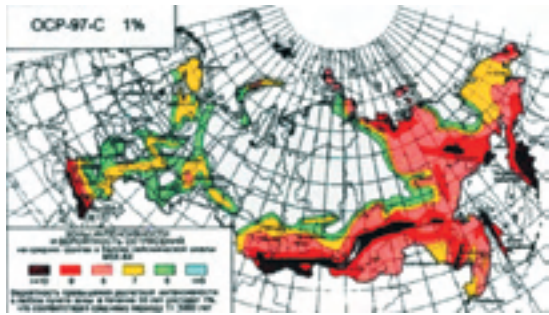


Рис. 6. Континентальные геодинамические процессы

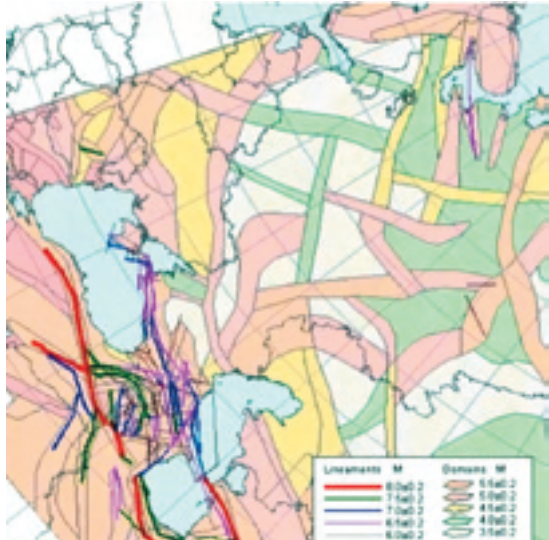


Рис. 7. Континентальные геологические процессы. Линементные зоны (по В.И. Уломову)

Согласно действующим нормам величины дополнительных деформаций должны оцениваться следующим образом.

Проектное решение объекта нового строительства или реконструкции (в части как конструктивного решения, так и предусмотренной проектом технологии его реализации) должно удовлетворять следующему условию: сумма дополнительных деформаций (осадки, относительной разницы осадок или крена) сохраняемых конструкций объекта реконструкции и/или соседних зданий (сооружений) не должна превышать предельно допустимого значения:

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{i=0}^n S_{ad}^i &\leq S_{adu}, \\ \sum_{i=0}^n (\Delta S^i / L)_{ad} &\leq (\Delta S / L)_{adu}, \\ \sum_{i=0}^n I_{ad}^i &\leq I_{adu} \end{aligned} \right.$$

где  $S_{ad}^i$ ;  $\Delta S^i$ ;  $\Delta S^i / L$ ;  $I^i$  – соответственно величина дополнительной осадки, относительной разности осадки, крена сохраняемых конструкций объекта реконструкции и/или соседних зданий вследствие воздействия  $i$ -той группы факторов, связанных со статическим нагружением (разгрузкой) основания и с технологией ведения работ;  $n$  – номер воздействия.

Величина предельно допустимой дополни-



тельной осадки, относительной разности осадок, крена сохраняемых конструкций объекта реконструкции и/или соседних зданий (сооружений)  $S_{adU}; (\Delta S/L)_{adU}; I_{adU}$  определяется совместным расчетом здания (сооружения) и основания. В расчете в обязательном порядке следует учитывать фактическое деформированное состояние здания (сооружения), определяемое при его обследовании.

Значения  $S_{adU}; (\Delta S/L)_{adU}; I_{adU}$  соответствуют таким дополнительным деформациям здания (сооружения), реализация которых не приведет к дальнейшему повреждению его конструкций, в том числе к образованию и раскрытию трещин. Для зданий, имеющих ценную в художественном отношении наружную и/или внутреннюю отделку, величины  $S_{adU}; (\Delta S/L)_{adU}; I_{adU}$  определяются из условия недопущения ее повреждения.

Учитывая, что большинство проектных организаций в настоящее время не владеют методами совместного расчета оснований и зданий (сооружений), допускается в первом приближении назначать величины  $S_{adU}; (\Delta S/L)_{adU}; I_{adU}$  по табл. 1. Полученные расчетом величины  $S_{adU}; (\Delta S/L)_{adU}; I_{adU}$  не должны превышать значений, приведенных в табл. 1.

Наряду с этим согласно ГОСТ 24846-81:

«Измерения деформаций оснований фундаментов строящихся зданий и сооружений следует проводить в течение всего периода строительства и в период эксплуатации до достижения условной стабилизации деформаций, устанавливаемой проектной или эксплуатирующей организацией и включаемой в техническое задание, а также в случае появления недопустимых трещин, раскрытия швов, резкого изменения условий работы здания или сооружения».

Продолжительность периода наблюдений за деформациями регламентируется в МГСН 2.07-97:

«Геодезические наблюдения за осадками здания целесообразно продолжать в течение 1 года после сдачи его в эксплуатацию».

Кроме того, в том же МГСН 2.07-97 дается следующее указание:

«При проектировании новых и реконструируемых зданий и сооружений необходимо учитывать воздействие вибраций, передающихся через грунт от промышленных, транспортных источников и строительных машин». Объясняется это тем, что «вибрации могут оказывать неблагоприятное воздействие на людей, находящихся в зданиях, изменять в худшую сторону характеристики грунтов и приводить к дополнительным осадкам зданий, влиять на образование трещин в строительных конструкциях за счет превышения предела их

прочности при совместном действии статических и динамических напряжений».

Там же приводятся сведения по оценке воздействия вибраций:

«Уровень вибрации грунта, как правило, уменьшается при удалении от источника, однако на отдельных участках уровень вибрации может и возрастать. При строительстве и реконструкции зданий в непосредственной близости от тоннелей метрополитенов целесообразно предусматривать различные мероприятия, снижающие уровень колебаний в источнике (в тоннеле), в проводящей среде (в грунте), в здании – виброизоляция, защитные зоны отчуждения для автодорог. В случаях прокладки новой магистрали под, над или рядом с существующими строениями необходимо проводить специальные исследования для оценки будущего уровня колебаний и разработки при необходимости защитных мероприятий».

Кроме того, действующие нормы указывают на необходимость проведения мероприятий по сохранению свойств грунтов оснований. Так, согласно СНиП 2.02.01-83\*: «К мероприятиям, предохраняющим грунты основания от ухудшения их строительных свойств, относятся:

- ... в) ограничение источников внешних воздействий (например, вибраций);
- г) предохранительные мероприятия, осуществляемые в процессе строительства сооружений (сохранение природной структуры и влажности грунтов, соблюдение технологии устройства оснований, фундаментов, подземных и надземных конструкций, не допускающей изменения принятой в проекте схемы и скорости передачи нагрузки на основание, в особенности при наличии в основании медленно консолидирующихся грунтов и т.п.)».

В МГСН 2.07-97 есть также специальные требования, предъявляемые к результатам инженерных изысканий:

«Результаты инженерных изысканий должны содержать данные, необходимые для оценки влияния строительства на соседние сооружения и окружающую среду».

Согласно СНиП 11-02-96: «Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий района (площадки, участка, трассы) проектируемого строительства, включая составление прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой с целью получения необходимых и достаточных материалов для проектирования, строительства и эксплуатации объектов».

Кроме того, СНиП 11-02-96 регламентирует состав этих изысканий:

«В состав инженерно-геологических изысканий входят в том числе:

сейсмическое микрорайонирование;

составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;

оценка опасности и риска от геологических и инженерно-геологических процессов».

Как показали исследования НИИЭМ МГСУ, помимо требований, изложенных в СНиП 1.02.07-87, при проектировании высотных зданий следует провести дополнительные работы в целях:

- получения тонкой структуры детального геолого-литологического разреза, с указанием азимутов и углов падения пластов основания, а также рельефа поверхности капиллярной каймы;
- выделения участков возможного развития неблагоприятных геологических процессов, обусловленных метеорологическими, гидрогеологическими и техногенными факторами, а также микросейсмическими воздействиями;
- изучения современной эволюции продольных и поперечных профилей террас, пойм, русел рек и строения пойменного и руслового аллювия для выявления неблагоприятных геологических процессов;
- определения характера залегания основных маркирующих близлежащих к поверхности геологических горизонтов;
- микросейсмического районирования территории, включая резонансно-акустическое профилирование с составлением детального спектра собственных сейсмоакустических резонансов основания в диапазоне частот от 0,01 до 100 Гц, в естественных условиях и с учетом возможных изменений грунтовых условий в период строительства и эксплуатации объекта; выделения целиковых блоков пород. ■

Окончание следует

ЛИТЕРАТУРА

1. Завалишин, С.И. Хлыстунов М.С. Геоэкологическая безопасность мегаполисов / С.И. Завалишин, М.С. Хлыстунов // Тезисы Всероссийской конференции по пожарной безопасности. – М.: МГСУ, 2003.  
2. Ковалевич, О.М. Исследования локальных геотехнических рисков при неравномерном вибротехническом возбуждении оснований АС / О.М. Ковалевич, Ж.Г. Могилюк // Сб. трудов Научно-технической конференции «Научно-инновационное сотрудничество Минатома и вузов РФ». – М.: МИФИ, 2004.  
3. Могилюк, Ж.Г. Геоэкологическая эффективность микросейсмических процессов в неоднородных основаниях / Ж.Г. Могилюк и др. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2003. – № 3.  
4. Могилюк, Ж.Г. Компьютерное эмулирование геоэкологических рисков в неоднородных основаниях АС / Ж.Г. Могилюк, А.В. Денисов и др. // Сб. трудов Научно-технической конференции «Научно-инновационное сотрудничество Минатома и вузов РФ». – М.: МИФИ, 2004.  
5. Разработка инструментальных методов идентификации геодинамических резонансов и верификации параметров геодинамической безопасности АС в натурных условиях эксплуатации. НТО по проекту № 2.01-04. – М.: МГСУ, 2003  
6. Хлыстунов, М.С. Метод инструментальной аттестации геодинамической надежности строительных конструкций АС / М.С. Хлыстунов, С.И. Завалишин // Сб. трудов научной сессии МИФИ. – М.: МИФИ, 2001.  
7. Хлыстунов, М.С. Полигон для инструментальной аттестации строительных проектов / М.С. Хлыстунов, С.И. Завалишин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2001. – № 3.  
8. Хлыстунов, М.С. Теория геоэкологической эффективности геодинамических резонансов АС / М.С. Хлыстунов, М.Ф. Гафурова, Ж.Г. Могилюк // II Научно-техническая конференция «Научно-инновационное сотрудничество»: сб. науч. трудов : в 3 ч. – Ч.1. – М.: МИФИ, 2003.



# АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ



**ПЕРВИЧНАЯ ЗАЩИТА**  
Основные меры первичной защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций были упомянуты ранее. Остановимся на этом вопросе подробнее.

**Расчетно-конструктивные требования**  
При воздействии агрессивных сред расчет железобетонных конструкций следует выполнять преимущественно по второй и первой группе предельных состояний с учетом требований трещиностойкости и предельно допустимой ширины раскрытия трещин, которые зависят от степени агрессивного

воздействия среды и класса применяемой арматурной стали.

Толщина защитного слоя бетона соответствует наименьшему расстоянию от поверхности конструкции до поверхности ближайшего стержня. Толщина защитного слоя должна быть не менее указанной в СНиП 52-01-2003 и не менее приведенной в табл. 15 и 16.

Расчетно-конструктивные требования к железобетонным конструкциям – к категории трещиностойкости, ширине раскрытия трещин, толщине защитного слоя и проницаемости бетона приведены в табл. 15 и 16.

Текст ВАЛЕНТИНА СТЕПАНОВА, д-р техн. наук, проф., НИКОЛАЙ РОЗЕНТАЛЬ, д-р техн. наук, ГАЛИНА ЧЕХНИЙ, канд. техн. наук, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева

Таблица 15.  
РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ КОНСТРУКЦИЯМ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИМСЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГАЗООБРАЗНЫХ И ТВЕРДЫХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

| Группа арматурной стали | Классы арматурной стали  | Категория требований к трещиностойкости и предельно допустимая ширина неперодолжительного и продолжительного раскрытия трещин, (мм)* |                            |                             | Минимальная толщина защитного слоя бетона****, мм (над чертой), и марка бетона по водонепроницаемости (под чертой) |                            |                            |
|-------------------------|--|--|----------------------------|-----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|
|                         |  | в слабо-агрессивной среде  | в средне-агрессивной среде | в сильно-агрессивной среде  | в слабо-агрессивной среде  | в средне-агрессивной среде | в сильно-агрессивной среде |
| I                       | A240**<br>A300**<br>A400**<br>A500 <sub>(гк)</sub> **<br>Bp-I**                              | 3<br>0,25 (0,20)   | 3***<br>0,20 (0,15)        | 3***<br>0,15 (0,10)         | 20<br>W4   | 20<br>W6                   | 25<br>W8                   |
|                         | A540 <sub>в</sub><br>A600<br>At600K  | 3<br>0,25 (0,20)   | 3<br>0,15 (0,10)           | 2<br>0,15(0,10)             | 20<br>W4   | 20<br>W6                   | 25<br>W8                   |
|                         | A400C <sub>(гм)</sub> **<br>A500CП <sub>(гм)</sub> **<br>A500C <sub>(гк)</sub> **<br>B500C** | 3<br>0,25(0,20)  | 3<br>0,15(0,10)            | 2<br>0,15(0,10)             | 20<br>W4   | 20<br>W6                   | 25<br>W8                   |
| II                      | At800K,<br>At1000K   | 3<br>0,15(0,10)  | 2<br>0,10                  | 1<br>–                      | 25<br>W4   | 20<br>W6                   | 25<br>W8                   |
|                         | B-II, Bp-II<br>K7, K19   | 2<br>0,10  | 2<br>0,05                  | 1<br>–                      | 25<br>W6   | 25<br>W8                   | 25<br>W8                   |
| III                     | A800<br>A1000<br>At800<br>At1000   | 2<br>0,10  | 1                          | Не допускается к применению | 25<br>W6   | 25<br>W8                   | 25<br>W8                   |
|                         | B-II, Bp-II<br>K7, K19 – при диаметре проволоки менее 3,5 мм                                 | 2<br>0,05  | 1                          | 1                           | 25<br>W8   | 25<br>W8                   | 25<br>W8                   |
| IV                      | Неметаллическая арматура АСП АБП   | Ширина раскрытия трещин из условий коррозии не нормируется   |                            |                             | 25<br>W6   | 25<br>W6                   | 25<br>W6                   |

\* Над чертой – категория требований к трещиностойкости; под чертой – допустимая ширина неперодолжительного и продолжительного (в скобках) раскрытия трещин.

\*\* Для применения в конструкциях без предварительного напряжения.

\*\*\* Допускается к применению, если выдерживает испытания на стойкость против коррозионного растрескивания по ГОСТ 10884 в течение не менее 40 часов.

\*\*\*\* Толщина защитного слоя для сборных железобетонных конструкций. Для монолитных конструкций толщину защитного слоя следует увеличивать на 5 мм.



Таблица 16.  
ТРЕБОВАНИЯ К ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ КОНСТРУКЦИЯМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АГРЕССИВНЫХ ЖИДКИХ СРЕД

| Группа арматурной стали | Классы арматурной стали  | Категория требований к трещиностойкости и предельно допустимая ширина неперодолжительного и продолжительного раскрытия трещин, (мм)* |                              |                              | Минимальная толщина защитного слоя бетона****, мм (над чертой), и марка бетона по водонепроницаемости***** (под чертой) |                            |                            |
|-------------------------|--|--|------------------------------|------------------------------|---|----------------------------|----------------------------|
|                         |  | в слабо-агрессивной среде  | в средне-агрессивной среде   | в сильно-агрессивной среде   | в слабо-агрессивной среде   | в средне-агрессивной среде | в сильно-агрессивной среде |
| I                       | A240**<br>A300**<br>A400**<br>A500 **<br>A540 <sup>(гк)</sup><br>A540 <sup>(а)</sup><br>A600<br>Ат600K<br>Вр-I** | $\frac{3}{0,20(0,15)}$   | $\frac{3^{***}}{0,15(0,10)}$ | $\frac{3^{***}}{0,10(0,05)}$ | $\frac{20}{W4}$   | $\frac{20}{W6}$            | $\frac{25}{W6}$            |
|                         | A400C <sup>(гк)</sup> **<br>A500CП <sup>(гк)</sup> **<br>A500C <sup>(а)</sup> **<br>B500C**                      | $\frac{3}{0,20(0,15)}$   | $\frac{3^{***}}{0,15(0,10)}$ | $\frac{3^{***}}{0,10(0,05)}$ | $\frac{20}{W4}$   | $\frac{20}{W6}$            | $\frac{30}{W6}$            |
| II                      | Ат800K,<br>Ат1000K   | $\frac{3}{0,15(0,10)}$   | $\frac{2}{0,10}$             | $\frac{2}{0,05}$             | $\frac{20}{W6}$   | $\frac{30}{W6}$            | $\frac{30}{W8}$            |
|                         | B-II, Вр-II<br>K7, K19   | $\frac{2}{0,10}$   | $\frac{2}{0,05}$             | $\frac{1}{-}$                | $\frac{20}{W6}$   | $\frac{30}{W8}$            | $\frac{30}{W8}$            |
| III                     | A800<br>A1000<br>Ат800<br>Ат1000   | $\frac{2}{0,10}$   | 1                            | Не допускается к применению  | $\frac{25}{W6}$   | $\frac{30}{W8}$            | –                          |
|                         | B-II, Вр-II<br>K7, K19 – при диаметре проволоки менее 3,5 мм   | $\frac{2}{0,05}$   | Не допускается к применению  | 1                            | $\frac{30}{W8}$   | –                          | –                          |
| IV                      | Неметаллическая арматура<br>АСП<br>АБП   | Ширина раскрытия трещин из условий коррозии не нормируется   |                              |                              | $\frac{20}{W6}$   | $\frac{30}{W8}$            | $\frac{30}{W8}$            |

\* Над чертой – категория требований к трещиностойкости; под чертой – допустимая ширина неперодолжительного и продолжительного (в скобках) раскрытия трещин.  
\*\* Для применения в конструкциях без предварительного напряжения.  
\*\*\* Допускается к применению, если выдерживает испытания на стойкость против коррозионного растрескивания по ГОСТ 10884 в течение не менее 40 часов.  
\*\*\*\* Толщина защитного слоя для сборных железобетонных конструкций. Для монолитных конструкций толщину защитного слоя следует увеличивать на 5 мм.  
\*\*\*\*\* Марки бетона по водонепроницаемости даны из условия наличия изоляционных покрытий. При отсутствии покрытий марки бетона по водонепроницаемости должны быть увеличены и назначаются в каждом конкретном случае в зависимости от вида конструкций и условий воздействия среды.  
Примечание. При возможной фильтрации через трещины жидкие среды оцениваются как средне- и сильноагрессивные по отношению к стальной арматуре. Защита от коррозии железобетонных конструкций осуществляется исключением фильтрации совместным применением методов первичной и вторичной защиты.  
Проницаемость бетона оценивается марками по водонепроницаемости от W6 до W20. Для конструкций, подвергающихся воздействию влажных газовых сред, максимально допустимая величина коэффициента диффузии углекислого газа в бетоне приведена в табл. 17.

Таблица 17.  
МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМАЯ ВЕЛИЧИНА КОЭФФИЦИЕНТА ДИФфуЗИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В БЕТОНЕ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНЕ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ

| Концентрация углекислого газа в воздухе, мг/м³ | Толщина защитного слоя, мм | Максимально допустимая величина коэффициента диффузии D-10⁴, см²/с, углекислого газа в бетоне железобетонных конструкций со сроком эксплуатации |        |         |
|--|----------------------------|---|--------|---------|
|  |                            | 20 лет  | 50 лет | 100 лет |
| До 600   | 10                         | 1,14  | 0,45   | 0,23    |
|  | 15                         | 2,57  | 1,03   | 0,51    |
|  | 20                         | 4,57  | 1,83   | 0,91    |
| От 600 до 6000                                 | 10                         | 0,26  | 0,10   | 0,05    |
|  | 15                         | 0,46  | 0,18   | 0,09    |
|  | 20                         | 0,71  | 0,28   | 0,14    |

Примечание. Диффузионная проницаемость бетона для углекислого газа определяется по ГОСТ Р 52804.

Толщина защитного слоя полок сборных железобетонных ребристых плит и стеновых панелей в агрессивных, газообразных и твердых средах должна быть не менее 15 мм, а у торцов поперечных и продольных стержней – не менее 10 мм. В наружных стеновых панелях закладные детали не должны находиться в зоне конденсации водяного пара, что особенно существенно для верхних этажей зданий. Для обеспечения проектной толщины защитного слоя следует предусматривать фиксаторы арматуры из материалов, коррозионностойких в щелочной среде бетона (полиэтилен, плотный цементно-песчаный раствор и другие материалы). В несущих конструкциях при воздействии агрессивных сред допускается применять конструкционные легкие бетоны при соответствии их тяжелым бетонам по показателям проницаемости и защитному действию на стальную арматуру. Для конструкций, эксплуатирующихся при воздействии агрессивных сред, допускается применять арматурную сталь классов В-1 и ВР-1 диаметрами не менее 4 мм в конструкциях III категории трещиностойкости. В арматурных канатах предварительно напряженных конструкций диаметр проволоки должен быть не менее 2,5 мм в наружных и 2,0 мм во внутренних слоях канатов. Сварные стыки арматурных стержней железобетонных конструкций, подвергающиеся воздействию агрессивных сред, должны располагаться «вразбежку». Площадь поперечного сечения стержней, стыкуемых в одном сечении, не должна превышать 25% площади общего сечения. При невозможности расположения стыков «вразбежку» (в каркасах буровых свай и стен в грунте стыки располагаются в одном уровне) при расчете следует вводить понижающий коэффициент.

**Технологические требования**

Для обеспечения коррозионной стойкости бетонных и железобетонных конструкций высотных зданий необходимо при проектировании

бетона предусматривать применение цементов по ГОСТ 10178–85, ГОСТ 22266–94, ГОСТ 30515–97, ГОСТ 31108–03. Следует применять добавки, повышающие коррозионную стойкость бетона. Вода для затворения бетонных смесей и ухода за бетоном должна отвечать требованиям ГОСТ 23732-79 – не содержать вредных примесей. Технологическими приемами – подбором состава бетона, условий приготовления, перевозки, укладки в формы (опалубку), уплотнения и ухода за твердеющим бетоном необходимо обеспечивать увеличение его водонепроницаемости до марки не ниже заданной проектом. Тип цемента следует назначать в зависимости от условий эксплуатации бетона (табл. 18).

Таблица 18.  
УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕТОНА И РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ТИП ЦЕМЕНТА ПО ГОСТ 31108

| № п/п | Условия эксплуатации                        | Тип цемента                    |
|-------|---|--------------------------------|
| 1     | Сухая неагрессивная среда                   | ЦЕМ I, ЦЕМ II, ЦЕМ III         |
| 2     | Агрессивные газовые среды                   | ЦЕМ I, ЦЕМ III                 |
| 3     | Открытая вода и подземные воды              | ЦЕМ I, ЦЕМ II, ЦЕМ III, ЦЕМ IV |
| 4     | Наружный воздух и отрицательные температуры | ЦЕМ I, ЦЕМ III                 |
| 5     | Растворы солей и отрицательные температуры  | ЦЕМ I                          |

Примечание:  
ЦЕМ I – портландцемент;  
ЦЕМ II – портландцемент с минеральными добавками;  
ЦЕМ III – шлакопортландцемент;  
ЦЕМ IV – пуццолановый цемент.

Для отдельных сред рекомендуются следующие цементы:

- в чистой воде, вызывающей коррозию первого вида (выщелачивание) – портландцемент, сульфатостойкие цементы, пуццолановый портландцемент и шлакопортландцемент.

При предъявлении повышенных требований по морозостойкости, а также в бетонах конструкций,



подвергающихся периодическому воздействию воды и высушиванию, пуццолановый портландцемент применять не допускается;

– в сульфатных средах, в зависимости от степени их агрессивности – портландцементы, портландцементы с нормированным минералогическим составом, сульфатостойкие цементы, включая пуццолановые и шлакопортландцемент. Группы цемента по сульфатостойкости приведены в табл. 19;

– в агрессивных газовых средах – портландцементы и шлакопортландцементы. Не допускается применять пуццолановые цементы;

– для бетона конструкций, подвергающихся периодическому замораживанию и оттаиванию – портландцемент;

– для изготовления бетонов, эксплуатирующихся при одновременном воздействии растворов солей и отрицательных температур – портландцементы без минеральных добавок.

Следует учитывать, что при использовании цемента с высоким содержанием трехкальциевого алюмината (более 8%), щелочей (более 0,8%) и минеральных добавок (более 10%) морозостойкость бетона может снижаться. Для повышения морозостойкости требуется применение комплекса пластифицирующих и воздухововлекающих (микрогазообразующих) добавок;

– при наличии в заполнителе реакционноспособного диоксида кремния следует применять портландцементы с содержанием щелочей не более 0,6% массы, шлакопортландцементы, пуццолановые цементы (последние рекомендуется применять при условии, если бетон постоянно находится в водной среде);

– цементы на основе тонкомолотого портландцемента (ВНВ, ТМЦ и др.) допускается применять в агрессивных средах при наличии экспериментального обоснования.

Таблица 19.  
ГРУППЫ ЦЕМЕНТОВ ПО СУЛЬФАТОСТОЙКОСТИ

| Группа цемента               | Характеристика цемента   | Назначение цемента  |
|------------------------------|--|---|
| I. Несульфатостойкие         | Портландцементы по ГОСТ 10178–85, не входящие в группу II  | Для монолитного и сборного строительства в отсутствие сульфатных сред   |
| II. Умеренно сульфатостойкие | Портландцементы по ГОСТ 10178–85 с содержанием в клинкере C <sub>3</sub> S не более 65%, C <sub>3</sub> A не более 7%, C <sub>3</sub> A + C <sub>4</sub> AF не более 22% и шлакопортландцемент | Для монолитного и сборного строительства при наличии сульфатных сред до средней степени агрессивного воздействия на бетон |
| III. Сульфатостойкие         | Сульфатостойкие цементы по ГОСТ 22266–94   | Для монолитного строительства при наличии сульфатных сред средней и сильной степени агрессивного воздействия на бетон     |

При изготовлении бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, заполнители должны отвечать требованиям ГОСТ 8267–93, ГОСТ 8269–97, ГОСТ 8736–93, ГОСТ 9757–90. Они не должны содержать вредных примесей, подверженных распаду или увеличению объема в щелочной среде бетона, а также вызывающих коррозию стальной арматуры.

Не допускается применение доломитов и доломитизированных известняков без специальной проверки их стойкости в щелочной среде бетона.

Для конструкционных легких бетонов следует предусматривать заполнители по ГОСТ 9757–90.

Как правило, следует применять щебень из изверженных горных пород марки не ниже 800, гравий и щебень из него марки не ниже Др12, отвечающие требованиям стандартов.

В бетоне конструкций, предназначенных для эксплуатации в газообразных, твердых и жидких слабоагрессивных средах, допускается применять однородный щебень, не содержащий слабых прослоек из осадочных пород, если его водопоглощение не превышает 2%, а марка по прочности не ниже 600. Не допускается применение в бетоне щебня из осадочных пород для средне- и высокоагрессивных кислых сред. Для конструкций, подвергающихся одновременному воздействию растворов солей и знакопеременных температур, рекомендуется применять щебень из изверженных пород.

Заполнители для бетонов, к которым предъявляются требования по морозостойкости, должны иметь марку по морозостойкости не ниже, чем у бетона.

В качестве мелкого заполнителя для бетона рекомендуется кварцевый (отмучиваемых частиц не более 1% по массе по ГОСТ 26633–91), а также пористый песок, отвечающий требованиям ГОСТ

9757–90. Для бетона высокой морозостойкости следует применять песок, не имеющий карбонатных включений с пониженной морозостойкостью. Наличие таких включений определяется испытаниями бетона на морозостойкость и проявляется в виде микроотстрелов на поверхности бетона.

Для повышения коррозионной стойкости и защитного действия бетона на стальную арматуру в зависимости от вида агрессивного воздействия следует применять добавки согласно табл. 20.

отличаются низкой диффузионной проницаемостью для сульфатов и хлоридов и высокой стойкостью в указанных средах. Модификатор бетона МБ-01 повышает водонепроницаемость, уменьшает проникание хлоридов, повышает сульфатостойкость.

Применение пластифицирующих (водоредуцирующих) добавок со снижением водоцементного отношения повышает стойкость бетона в кислых средах, однако в недостаточной степени. Требуется вторичная защита. Это относится и к условиям экс-

Таблица 20.  
АГРЕССИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕР КОРРОЗИИ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ВИДЫ ДОБАВОК

| Агрессивные воздействия                             | Характер коррозии   | Рекомендуемые виды добавок  |
|---|---|---|
| Влажные газовые среды (углекислый газ, водяной пар) | Карбонизация бетона, утрата защитного действия по отношению к стальной арматуре, коррозия стальной арматуры | Пластифицирующие (водоредуцирующие)   |
| Жидкие сульфатные среды                             | Сульфатная коррозия бетона  | Пластифицирующие (водоредуцирующие)<br>Комплексные (водоредуцирующие + минеральные)   |
| Жидкие кислые среды                                 | Кислотная коррозия бетона (коррозия II вида)  | Пластифицирующие (водоредуцирующие)   |
| Хлоридные среды                                     | Утрата защитного действия по отношению к стальной арматуре, коррозия стальной арматуры                      | Пластифицирующие (водоредуцирующие)<br>Комплексные (водоредуцирующие + минеральные)<br>Ингибиторы коррозии стали<br>Комплексные (водоредуцирующие + ингибиторы)<br>Комплексные (водоредуцирующие + минеральные) |
| Капиллярное всасывание растворов и испарение        | Солевая форма коррозии  | Комплексные – гидрофобизирующие + пластифицирующие (водоредуцирующие)   |
| Морозное воздействие                                | Морозная деструкция бетона  | Комплексные – воздухововлекающие (микрогазообразующие) + пластифицирующие (водоредуцирующие)  |
| Биологические                                       | Биодеструкция бетона  | Комплексные – биоцидные + пластифицирующие (водоредуцирующие)   |

Наибольший защитный эффект достигается при применении комплексных добавок, понижающих проницаемость бетона, и специфических для данного вида коррозии. Для получения защитного эффекта пластифицирующие добавки используются со снижением водоцементного отношения бетонной смеси (равноподвижные смеси).

Для защиты от карбонизации бетона следует применять пластифицирующие добавки со снижением водоцементного отношения бетонной смеси до 0,4 и менее.

Наиболее стойки в сульфатных и хлоридных средах бетоны, водоцементное отношение которых понижено до значений, близких В/Ц цементного теста нормальной густоты, с одновременным применением минеральных добавок (микрокремнезем, зола-унос, молотый гранулированный шлак) в количестве до 20% массы цемента. Такие бетоны

плутации бетонных и железобетонных конструкций в сероводородных средах при воздействии биогенной серной кислоты. Для снижения скорости капиллярного всасывания и высоты подъема капиллярной влаги в бетоне в условиях капиллярного всасывания и испарения следует применять комплексные добавки (гидрофобизирующие + водоредуцирующие).

Для повышения морозостойкости бетона применяются воздухововлекающие и микрогазообразующие добавки. Понижение прочности бетона вовлеченным воздухом (газом) следует компенсировать применением пластифицирующих добавок со снижением водоцементного отношения. Для получения бетона повышенной морозостойкости (F200 и более) обязательно применение воздухововлекающих или микрогазообразующих добавок в сочетании с пластифицирующими.



При возведении несущих конструкций высотных зданий добавки хлоридов применять не допускается. Общее количество хлоридов в бетоне, попадающее в его состав с цементом, заполнителями, водой затворения и добавками (фоновое количество хлоридов в добавках), не должно превышать указанного в табл. 21.

Таблица 21.  
МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЕ СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРИДОВ В БЕТОНЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

| Вид армирования                     | Марка по содержанию хлоридов | Максимально допустимое содержание хлоридов, % массы цемента |
|-------------------------------------|------------------------------|---|
| Неармированные конструкции          | Cl 1,0                       | 1,0   |
| Ненапрягаемая арматура              | Cl 0,4                       | 0,4   |
| Предварительно напряженная арматура | Cl 0,1                       | 0,1   |

Добавки-электролиты не должны применяться в бетоне конструкций, если имеется опасность воздействия токов утечки и блуждающих токов.

Электролиты (соли натрия и калия), применяемые в качестве ускорителей твердения и противоморозных добавок, увеличивают содержание щелочей в бетоне. Следствие этого – склонность бетона к образованию высолов. Накопление солей в зоне испарения – в наружном слое – вызывает морозную деструкцию наружных слоев бетона (шелушение). В присутствии добавок электролитов после карбонизации защитного слоя многократно увеличивается скорость коррозии арматуры. В присутствии заполнителей, способных вступать в реакцию со щелочами, развивается внутренняя коррозия бетона, что в свою очередь понижает его морозостойкость. Общее содержание щелочей, введенных в бетон с добавками, водой затворения, заполнителем и цементом, не должно быть более 3 кг/м³.

Противоморозные добавки не должны применяться:

- в предварительно напряженных конструкциях, армированных сталью классов Ат-IV, Ат-V, Ат-VI, А-IV, А-V;
- в бетонных и железобетонных конструкциях и изделиях, предназначенных для эксплуатации в водных и газовых средах с относительной влажностью воздуха более 60% при наличии в заполнителе включений диоксида кремния, которые могут вступать в реакцию со щелочами;
- в железобетонных конструкциях для электрифицированного транспорта и промышленных предприятий, потребляющих постоянный электрический ток;
- в конструкциях, находящихся в зоне переменного уровня воды и при капиллярном подсосе и испарении воды, а также при замораживании

бетона в условиях капиллярного всасывания и испарения.

Добавки полимерной и металлической фибры повышают прочность бетона на растяжение, вследствие этого уменьшают и исключают образование трещин от усадки бетона, повышают его морозостойкость.

Добавки, применяемые в строительстве высотных зданий, должны быть проверены по всему комплексу показателей согласно ГОСТ 24211–03, ГОСТ 30459–03 и ГОСТ Р 52804–07. Добавки, используемые при изготовлении железобетонных конструкций, не должны оказывать коррозионного воздействия на бетон и арматуру, в том числе вызывать коррозионное растрескивание высокопрочной арматуры.

Для изготовления железобетонных конструкций применяются виды арматурной стали, указанные в табл. 15, 16.

Арматурная сталь перед бетонированием не должна иметь коррозионных повреждений в виде слоистой ржавчины и язв. Допускается к применению ненапрягаемая арматура с налетом ржавчины толщиной не более 100 мкм. Арматура с налетом ржавчины толщиной до 300 мкм должна до применения подвергаться обработке модификатором ржавчины.

При толщине ржавчины более указанной арматура должна подвергаться физико-механическим испытаниям, а высокопрочные стали также и на склонность к коррозионному растрескиванию.

Высокопрочные арматурные стали с натяжением на упоры могут находиться в атмосферных условиях с влажностью более 75% в напряженном состоянии без защиты до обетонирования не более:

- одного месяца – для высокопрочных проволоки и стальной арматуры,
- двух недель – для канатов.

Все исходные материалы должны подвергаться контролю в соответствии с требованиями норм и стандартов. Периодичность (частота) испытаний исходных материалов, бетонных смесей и бетонов определяется соответствующими нормативными документами на материалы с учетом возможных изменений их качества во времени.

Составы бетонов следует подбирать с учетом ГОСТ 27006–86. Подбор состава бетона выполняется при условии выполнения всех заданных проектом характеристик бетона: прочности, водонепроницаемости, морозостойкости. При этом бетон должен иметь все контролируемые показатели не ниже проектных.

Контроль качества бетонной смеси должен осуществляться на бетонных заводах и на месте укладки его в опалубку. Подвижность бетонной смеси контролируется на строительной площадке. При изготовлении бетонов повышенной морозостойкости с применением воздухововлекающих добавок (марки F150 и более) следует контролировать объем вовлеченного воздуха приборами компрессионного типа.

Уплотнение бетона должно обеспечивать удаление крупных пузырей воздуха, получение слитной структуры. Типичный дефект монолитных конструкций – пониженная плотность бетона в швах бетонирования, следствием чего являются фильтрация воды, глубокая карбонизация и коррозия стальной арматуры. При возобновлении бетонирования конструкции после перерыва контактную поверхность следует подготавливать удалением цементного камня, насечкой, применением адгезионных составов.

Условия твердения, контроль прочности, водонепроницаемости и морозостойкости бетона следует обеспечивать, как было указано ранее. Толщина защитного слоя контролируется магнитными приборами и контрольной вырубкой защитного слоя.

**Защита закладных деталей**

Защиту от коррозии необетонируемых стальных закладных деталей и соединительных элементов железобетонных конструкций следует предусматривать:

- в помещениях с сухим и нормальным влажным режимом в неагрессивной и слабоагрессивной среде – лакокрасочными покрытиями;
- в помещениях с влажным и мокрым режимом в неагрессивной и слабоагрессивной среде – металлическими покрытиями;
- в слабо- и среднеагрессивных средах – цинкнаполненными покрытиями;
- в средах средней и сильной степени агрессивного воздействия – комбинированными покрытиями (лакокрасочными по металлизационному слою).

Закладные детали и соединительные элементы в стыках, подвергающихся воздействию атмосферной влаги, конденсата, технологических вод, независимо от степени агрессивного воздействия среды должны быть защищены металлическими или комбинированными покрытиями. Защиту поверхностей соединительных элементов и закладных деталей, доступных для возобновления покрытий в процессе эксплуатации, допускается выполнять лакокрасочными покрытиями.

В сильноагрессивной среде (например, в хлоридной), в которой комбинированные покрытия не являются стойкими, необетонируемые закладные детали и соединительные элементы следует предусматривать из коррозионностойких в данной среде сталей.

По условиям воздействия окружающей среды стальные связи и закладные детали подразделяются на пять групп (табл. 22). Меры защиты приведены в табл. 23.

Таблица 22.  
УСЛОВИЯ АГРЕССИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗДАНИЯХ С НАРУЖНЫМИ СТЕНАМИ ИЗ ТРЕХСЛОЙНЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

| Группы сред | Характеристика среды и условная степень ее агрессивного воздействия  | Типы закладных деталей и соединительных элементов  |
|-------------|--|--|
| I           | Влажность воздуха и температура соответствуют условиям открытой экспозиции; степень агрессивного воздействия среды – среднеагрессивная   | <i>В узлах соединения:</i><br>а) ограждений лоджий между собой и со стенками лоджий вне уровня пола;<br>б) плит перекрытий лоджий к стеновым панелям и стенкам лоджий в потолочном углу                                      |
| II          | То же, но коррозионные процессы замедлены в связи с наличием обетонирования; степень агрессивного воздействия среды – слабоагрессивная   | В обетонируемых или замоноличиваемых узлах соединений:<br>а) ограждений лоджий между собой, со стенками лоджий, с панелями перекрытий лоджий в уровне пола;<br>б) плит перекрытий лоджий к стенкам лоджий и стеновым панелям |
| III         | Возможность увлажнения зависит от качества устройства стыков, температура положительная; степень агрессивного воздействия среды – неагрессивная  | <i>В замоноличиваемых узлах соединений</i> , в которых закладные и соединительные детали расположены в уровне внутреннего слоя бетона наружной стеновой панели   |
| IV          | Возможность увлажнения зависит от качества устройства стыков; температуры – от положительных внутренних до климатических наружных, образование фазовой пленки в точке росы; степень агрессивного воздействия среды – среднеагрессивная | <i>В замоноличиваемых узлах соединений</i> , в которых закладные и соединительные детали расположены по всей толщине наружной трехслойной стеновой панели  |
| V           | Влажность воздуха и температура соответствуют условиям отапливаемых зданий; степень агрессивного воздействия среды – неагрессивная   | <i>В узлах соединения внутренних конструкций между собой независимо от их примыкания к наружным стенам</i>   |

Защиту от коррозии необетонируемых стальных закладных деталей и соединительных элементов в зависимости от условий эксплуатации следует производить лакокрасочными, металлическими или комбинированными (лакокрасочными по металлизационному слою) покрытиями. При этом в зависимости от агрессивности среды следует применять:



– лакокрасочные покрытия – в неагрессивной и слабоагрессивной сухой и нормальной среде;

– металлические покрытия – во влажной и мокрой слабоагрессивной и сухой среднеагрессивной среде;

– комбинированные (лакокрасочные по металлизационному слою) покрытия в среднеагрессивной нормальной, влажной и мокрой среде и в сильноагрессивной среде при любой влажности.

Условия службы закладных деталей на открытом воздухе при воздействии атмосферных осадков приравниваются к условиям службы во влажной и мокрой среде.

Вариант защиты выбирают с учетом технико-экономической эффективности, при этом учитываются срок действия защиты, расходы на ее реализацию и восстановление, возможность или невозможность восстановления защитного покрытия в процессе эксплуатации конструкций. В отсутствие доступа к поверхности конструкции должны использоваться материалы, рассчитанные на весь срок эксплуатации здания.

Для возобновляемой защиты используют лакокрасочные, толстослойные мастичные покрытия, оклеечные и облицовочные материалы (рулонные и пленочные). Для невозобновляемой защи-

Таблица 23.  
ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

| Группы сред (по табл. 22) | Способы защиты   |
|---------------------------|--|
| Группа I                  | 1. Горячее цинкование толщиной 60 мкм.<br>2. Холодное цинкование цинкнаполненными композициями (типа ЦИНОЛ или ХВ-31) толщиной 120–150 мкм.<br>3. Комбинированное покрытие – холодное цинкование (ЦИНОЛ или ХВ-31) толщиной 60–70 мкм и лакокрасочное атмосферостойкое покрытие групп IIa или IIIa (толщиной 80–100 мкм) |
| Группа II                 | Обетонирование или замоноличивание при наличии защиты по вариантам:<br>1. Горячее цинкование толщиной 50 мкм.<br>2. Холодное цинкование (типа цинкнаполненной композиции ЦИНОЛ) толщиной 60–70 мкм   |
| Группа III                | Замоноличивание без требований по защите поверхностей  |
| Группа IV                 | Замоноличивание при наличии защиты по вариантам:<br>1. Горячее цинкование толщиной 60 мкм.<br>2. Холодное цинкование цинкнаполненной композицией ЦИНОЛ толщиной 80–100 мкм   |
| Группа V                  | Защита не требуется  |

Цинкнаполненные защитные композиции на основе высокомолекулярного термопластичного полимера ЦИНОЛ по ТУ 2313-012-12288779–99 и ЦИНОТАН по ТУ 2313-017-12288779–2003 наносят на поверхность стальных закладных деталей и соединительных элементов.

При защите комбинированными или лакокрасочными покрытиями нанесение их на поверхность закладной детали осуществляется после проведения монтажной сварки и зачистки сварного шва. Восстановление разрушенного покрытия на сварном шве и близлежащих участках закладной и соединительной детали должно осуществляться с помощью тех же систем покрытия, что и защита лицевой части.

**ВТОРИЧНАЯ ЗАЩИТА**

Вторичная защита конструкций от коррозии назначается в проекте в дополнение к первичной, когда меры первичной защиты не обеспечивают проектной долговечности конструкций. Вторичная защита предусматривает использование защитных материалов, наносимых на поверхность конструкций.

ты применяют пропитывающие и уплотняющие кристаллизующиеся материалы проникающего действия.

Наружные боковые поверхности подземных конструкций зданий, а также ограждающих конструкций подвальных помещений (стены, полы) защищают от воздействия агрессивных подземных вод мастичными, оклеечными и облицовочными материалами.

При раскрытии трещин в бетоне в пределах, указанных в табл. 15, 16, следует применять трещиностойкие покрытия. Технологию применения предоставляют разработчики материалов.

Поверхность забивных и погружаемых свай должна быть защищена механически прочными покрытиями или пропиткой, сохраняющими защитные свойства во время погружения. При этом бетон для свай должен быть марки по водонепроницаемости не ниже W8. Применение битумных покрытий для свай, забиваемых в песчаные, гравелистые и другие грунты с включением гравия, не рекомендуется.

Буронабивные сваи и конструкции в агрессивных грунтах и грунтовых водах, возводимые методом

«стена в грунте», должны изготавливаться из бетона, стойкого в данной агрессивной среде, или выполняться с применением вторичной защиты.

При наличии жидких агрессивных сред бетонные и железобетонные фундаменты под металлические колонны, а также участки поверхностей других конструкций должны выступать над уровнем пола не менее чем на 300 мм или нижние участки колонн следует обетонировать на высоту не менее 300 мм выше уровня пола.

Изоляция фундаментов и пола должна быть сплошной и единой, а для ее сохранности следует предусматривать устройство температурных компенсаторов. Деформационные швы устраивают, как правило, в швах бетонирования. Их герметичность обеспечивается эластичными компенсаторами или заполнением эластичными химически стойкими материалами.

Поверхность конструкций в подвальных помещениях при повышенной влажности воздуха, а также при возможности конденсации влаги рекомендуется обрабатывать биоцидными растворами, чтобы избежать поражения грибами. Рекомендуется также выполнять обработку биоцидными растворами стволов и мусоросборных кабин мусоропроводов.

При защите боковых поверхностей рулонной изоляцией последнюю необходимо заводить под подошву фундамента.

Под подошвами бетонных и железобетонных фундаментов следует предусматривать устройство подготовки и изоляции, стойкой к воздействию агрессивной среды. Для защиты подошвы фундаментов, расположенных в уровне агрессивных грунтовых вод, с учетом возможности их повышения необходимо предусматривать:

- в кислых слабо- и среднеагрессивных средах – устройство щебеночной подготовки толщиной 100–150 мм из плотных изверженных пород с последующей укладкой кислотостойкого асфальта;
- в сильноагрессивных кислых средах – замену агрессивного грунта чистым и дополнительно по кислотостойкому асфальту наклейку двух слоев рулонной изоляции с последующей укладкой слоя кислотостойкого асфальта;
- в сульфатных слабо- и среднеагрессивных средах – устройство щебеночной подготовки толщиной 100–150 мм с проливкой горячим битумом с последующей подготовкой из бетона или цементно-песчаного раствора или слоя горячей асфальтовой мастики;
- в сильноагрессивных сульфатных средах – помимо ранее названного – подготовку из бетона или цементно-песчаного раствора на сульфатостойком портландцементе или с добавкой модификатора на основе суперпластификатора и микрокремнезема.

Следует предусматривать надежную гидроизоляцию перекрытий многоэтажных паркингов, защищающую железобетонные конструкции от агрессив-

ного воздействия растворов противогололедных реагентов, попадающих на перекрытия с колес автомобилей.

При недостаточности первичной защиты (табл. 4–6, 12) поверхности забивных и погружаемых вибрацией свай должны быть защищены механически прочными покрытиями или пропиткой, сохраняющими защитные свойства в процессе погружения. Величина сцепления покрытия с бетоном должна быть не менее 0,4 МПа. Покрытия не рекомендуются при забивке свай в песчаные и содержащие гравий грунты. Несущую способность свай с поверхностью, защищенной лакокрасочными (мастичными) покрытиями или пропиткой, следует уточнять путем испытаний.

Для подземных конструкций, в которых устройство защиты поверхности затруднено (буронабивные сваи, конструкции, возводимые методом «стена в грунте»), следует применять первичную защиту с использованием специальных цементов, добавок, подбором состава бетона, повышающих его стойкость.

Защита канализационных трубопроводов должна выполняться назначением бетонов особо низкой проницаемости (более W8) с применением сульфатостойких цементов или цементов второй группы с одновременным использованием модификатора бетона МБ-01 по ТУ 5743-073-46854090–98 или аналогичных. При средней и сильной степени агрессивного воздействия среды следует дополнительно применять вторичную защиту, назначаемую по особому проекту.

Железобетонные конструкции балконов и лоджий, козырьки над входами, парапеты и другие конструкции, подвергающиеся воздействию атмосферных осадков, конденсата и отрицательных температур, рекомендуется выполнять из бетона марки не ниже F200 по морозостойкости.

Конструкции транспортных путей (дорожные покрытия, сборные дорожные плиты, бортовой камень и др.), в том числе въезды в гаражи, подвергающиеся воздействию противогололедных реагентов и отрицательных температур, должны выполняться из бетона марки по морозостойкости не менее F300, определяемой по второму методу ГОСТ 10060 (в растворе соли).

Для предупреждения повреждения фасадных поверхностей высотных зданий, выполненных из бетона, подвергающихся воздействию агрессивных газов, пыли, косых, в том числе кислых, дождей, рекомендуется выполнять обработку поверхности гидрофобизирующими растворами.

Учитывая неоднородность, низкую плотность и высокую проницаемость для воды грунтобетона, рекомендуется армирование грунтобетонных столбов выполнять композитной арматурой (ТУ 5769-248-35354501–2007) или металлическими каркасами и прокатными элементами, защищенными металлическими или лакокрасочными протекторными покрытиями. Условия применения грунтобетона должны быть согласованы со специализированными организациями. ■



# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ CARRIER

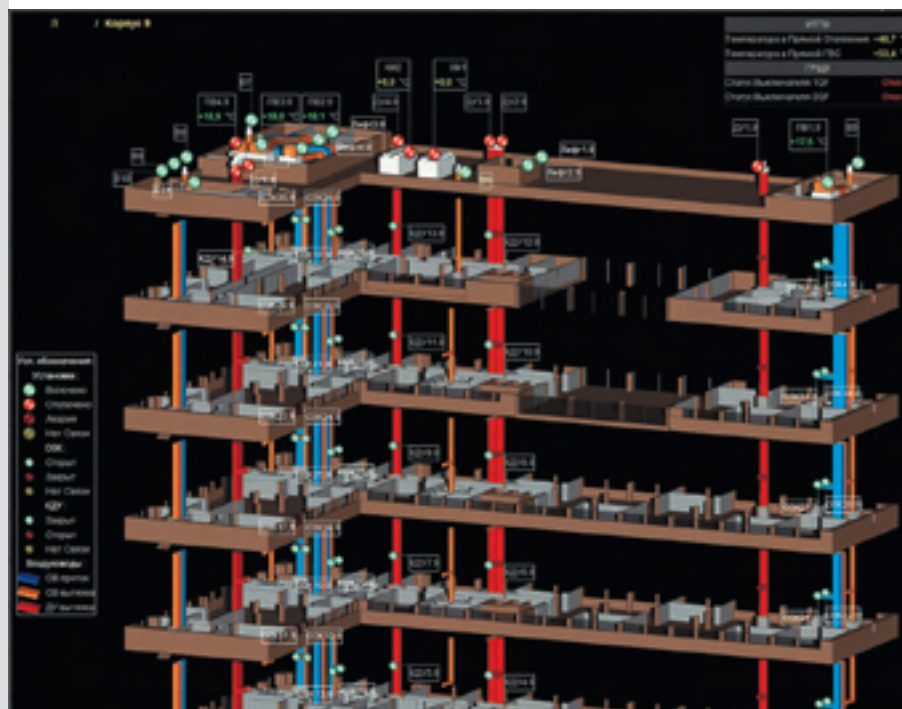
*В сегодняшней, зачастую непредсказуемой, ситуации, сложившейся на мировом энергетическом рынке, владельцы зданий находятся в постоянном поиске новых путей сокращения эксплуатационных расходов и способов максимально полно использовать уже имеющиеся ресурсы для того, чтобы обеспечить арендаторов надежными, экономичными, эффективными и экологически безопасными источниками энергии.*



Одним из способов решения описанных выше задач является использование систем когенерации, тригенерации и применение гибридных схем.

Когенерация (Co-Generation – Combined Heat & Power) – это процесс совместной выработки двух разных форм полезной энергии из одного источника. Данная технология позволяет снизить стоимость производства энергии за счет повышения эффективности использования топлива и утилизации сбрасываемого тепла. При этом снижается потребность в закупаемой энергии, что способствует уменьшению эксплуатационных расходов зданий.

Графические данные



Процесс выработки может включать в себя любое сочетание двух различных видов полезной энергии (например, производство электричества и тепла, механической и тепловой энергии, электричества и холода).

Отметим преимущества использования когенерационных систем:

- Когенерационные установки являются экономически эффективным решением (долл./кВт). Они способны достичь высокого уровня энергоэффективности в процессе комбинированного производства тепла и электроэнергии, часто их КПД превышает 80%. Это значительно выше по сравнению с аналогичными показателями у коммерческих и промышленных газовых бойлеров.

- Системы когенерации – экологически эффективное оборудование. Их применение является одним из способов борьбы с парниковым эффектом (сокращаются выбросы парниковых газов).

- Отказоустойчивые газотурбинные установки (ГТУ) обеспечивают владельцев объектов надежными источниками электроэнергии и, в зависимости от потребностей, паром различного давления для производственных нужд или горячей водой со стандартными температурами (ГВС).

- Мощности установок могут быть адаптированы под конкретные нужды заказчика.

Примером гибридной схемы холодоснабжения\* может служить офисное здание 65 Broadway (площадь – 350 тыс. кв. м) в финансовом центре Нью-Йорка.

Здесь Carrier применила систему когенерации на базе микротурбин и двух абсорбционных чиллеров серии 16JB плюс высокоэффективный чиллер 19XRV на базе центробежного компрессора, оснащенного частотно-регулируемым электроприводом.

В данном случае энергетическая система установлена параллельно с редукционным клапаном в уже действующем пароводяном контуре здания.

В зависимости от рабочих условий во вновь создаваемых системах микротурбины могут полностью заменять паровые редукторы, утилизируя тем самым избыточное давление пара. Устройство состоит из турбины, патентованной конструкции, установленной на планетарном понижающем редукторе, к которому, в свою очередь, подсоединен асинхронный генератор. Микротурбина, представляющая собой вертикальный блок, оснащена системой управления, которая согласовывает работу редукционного клапана, турбины и асинхронного генератора для обеспечения качественного электроснабжения здания, в том числе и при пиковых нагрузках.

Фирма, управляющая офисным зданием 65 Broadway, приобретает пар у энергетической компании Con Edison по двум тарифам Normal Day и New York Independent System Operator Day (NYISO). Это связано как с желанием создать максимально комфортные условия для арендаторов при минимальных издержках на энергию, так и с рентабельностью использования обоих тарифных планов.

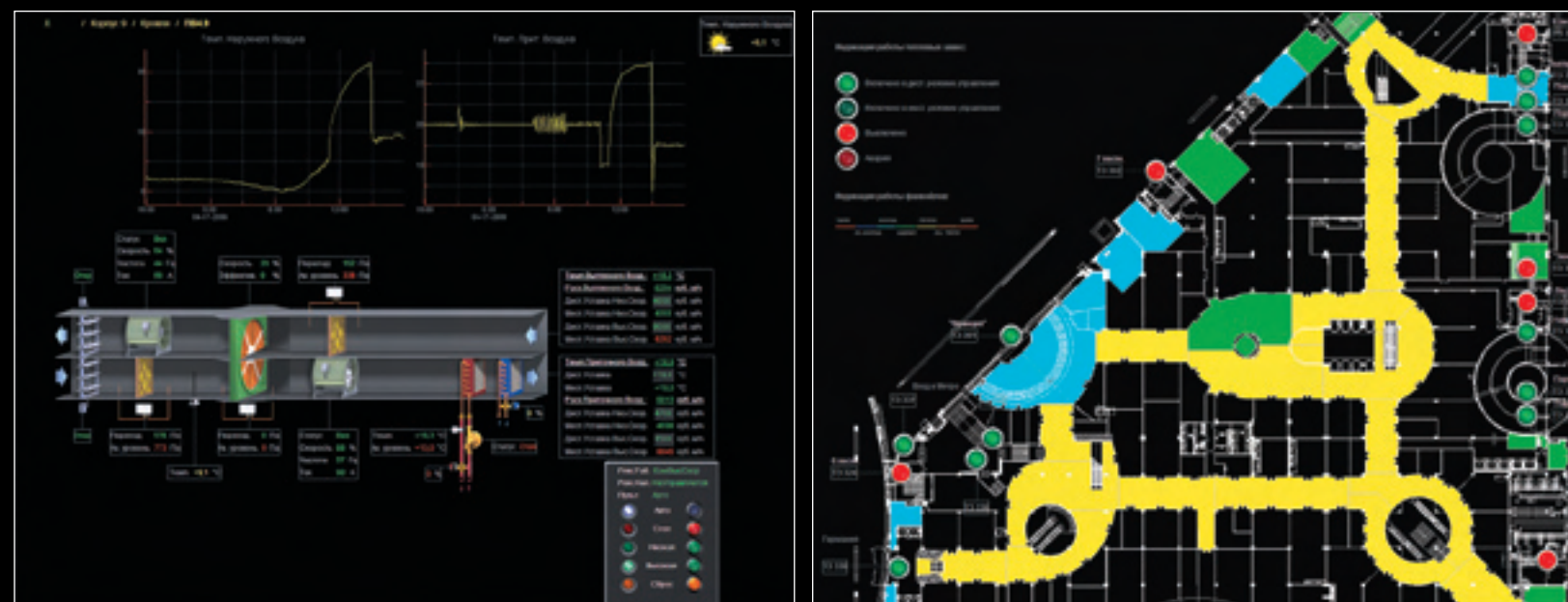
В течение «обычного рабочего дня» потребность здания в холоде обеспечивают два абсорбционных чиллера низкого давления Carrier (холодопроизводительность 2100 кВт). Микротурбина отбирает пар с давлением 150 фунтов на 1 кв. дюйм (68 кг на 1 кв. см) из сети энергетической компании Con Edison, вырабатывает 275 кВт электричества и понижает давление пара до значения 10 фунтов на 1 кв. дюйм (4,5 кг на 1 кв. см), необходимого для работы абсорбционных чиллеров. Генерируемых микротурбиной электрических мощностей хватает для работы

центробежного чиллера 19XRV (холодопроизводительность 880 кВт) в период пиковых тепловых нагрузок.

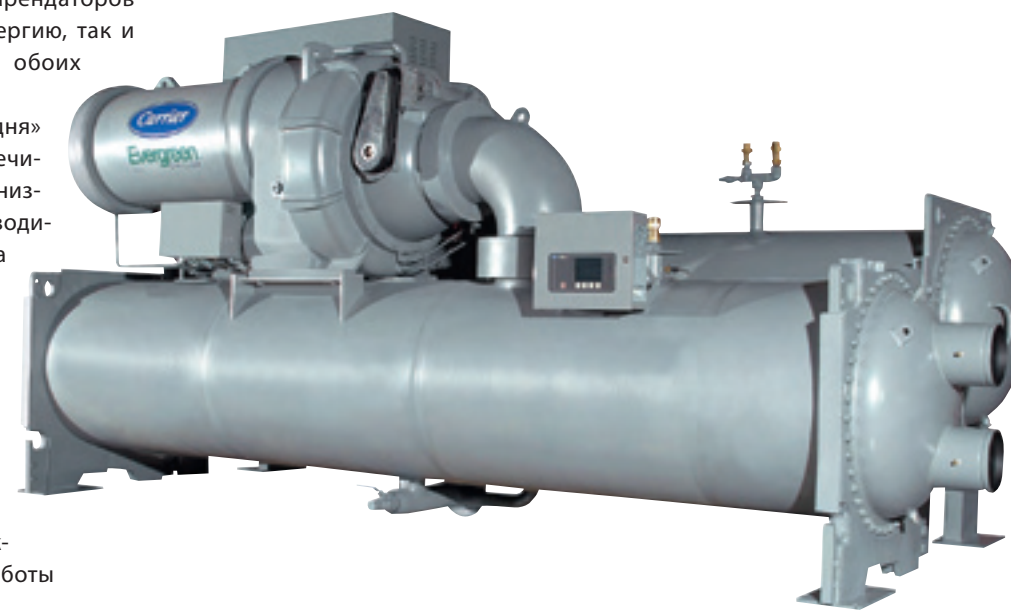
В рамках работы по программе NYISO Day два абсорбционных чиллера обеспечивают потребность в холоде системы кондиционирования объекта, в то время как электричество, вырабатываемое установкой, возвращается в городскую электросеть, что, по расчетам, дает управляющей компании экономию по коммунальным услугам порядка 75 тыс. долл. США. Кроме того, система сэкономила зданию 400 тыс. долл. США, благодаря муниципальным скидкам в связи с участием в программе Администрации штата Нью-Йорк по вопросам энергетических исследований и развития (New York State Energy Research and Development Authority).

«Микротурбина, на самом деле, оказалась основной конкурентоспособности высокопроизводительной системы, которую нам удалось выстро-

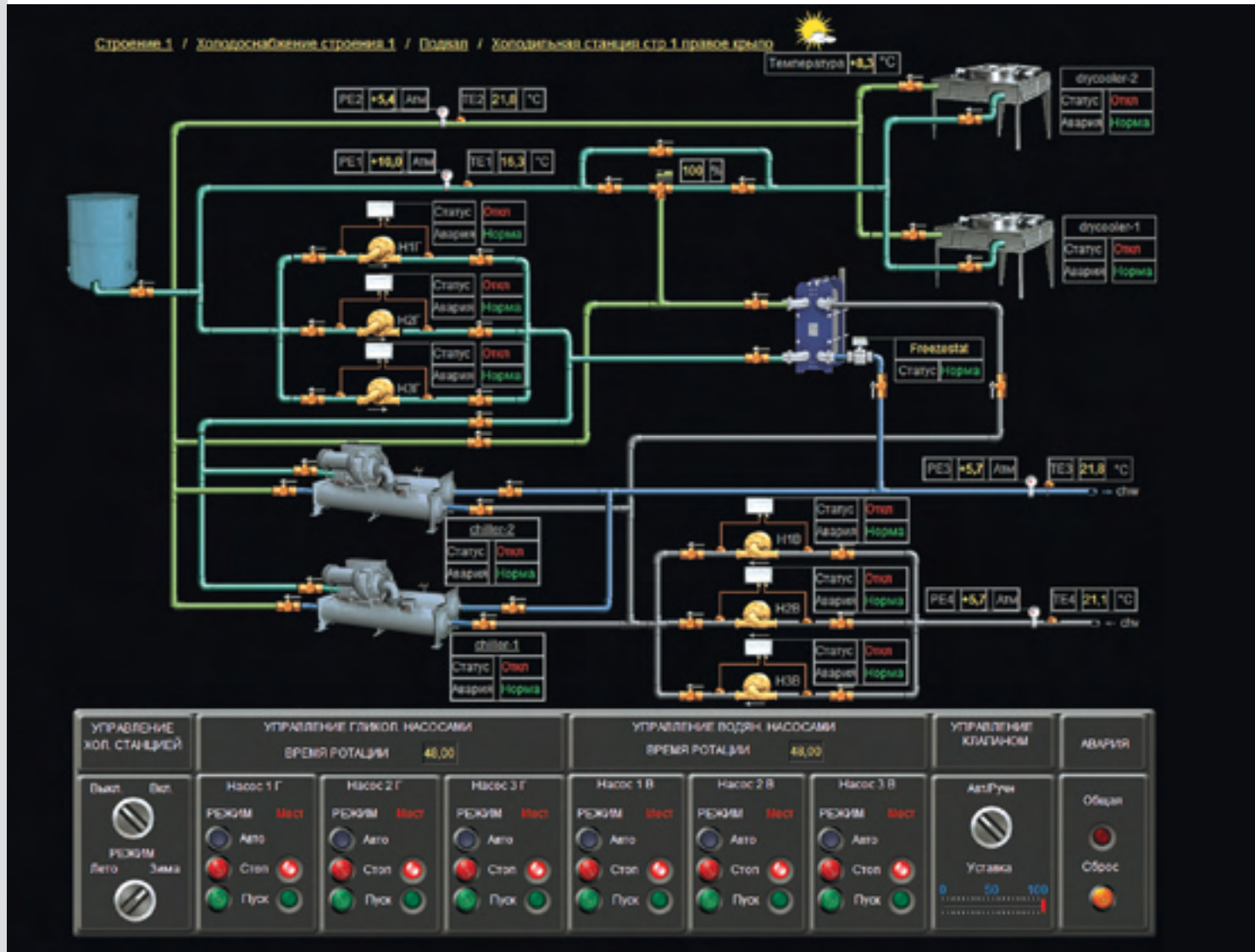
Представление информации о комфорте в различных зонах



Чиллер 19XR







Холодильная станция

ить вокруг этой установки, – признался Эрнест Байрон, менеджер по продажам манхэттенского отдела Carrier Commercial Service. – Заказчик предпочел решение от Carrier, поскольку мы предложили систему, способную производить электричество и обеспечивать большую холодопроизводительность при более продолжительном расчетном сроке службы и с более низкими эксплуатационными издержками».

Марк Фейт, главный инженер офисного центра 65 Broadway подтвердил, что долговечность оборудования рассматривалась как существенный фактор: «Система обеспечила высокопроизводительную работу, что характерно для двухступенчатых абсорбционных чиллеров, при отсутствии проблем, связанных с их сроком службы».

Оптимальным техническим решением при высокой стоимости или дефиците электроэнергии, по

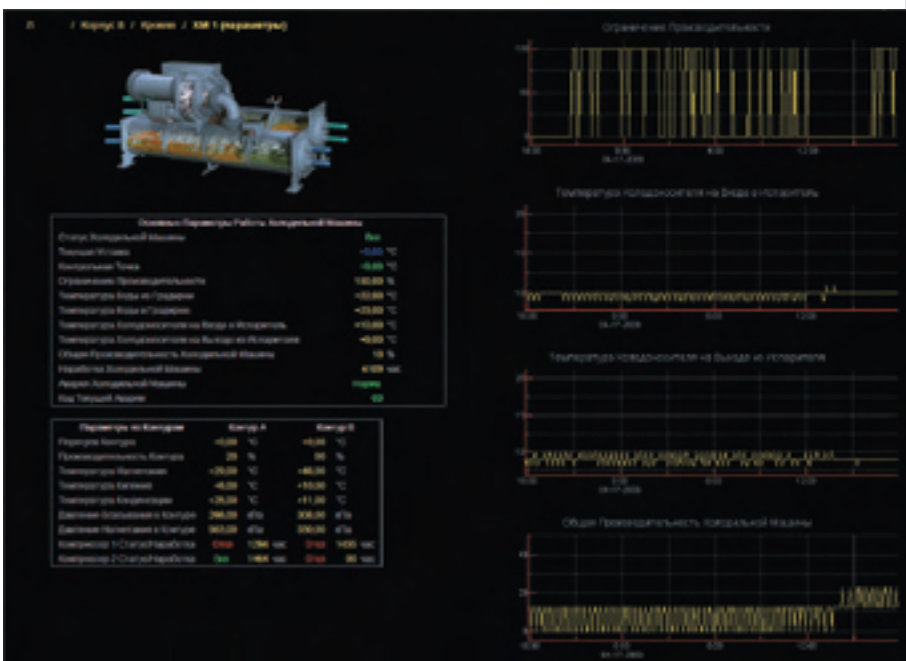
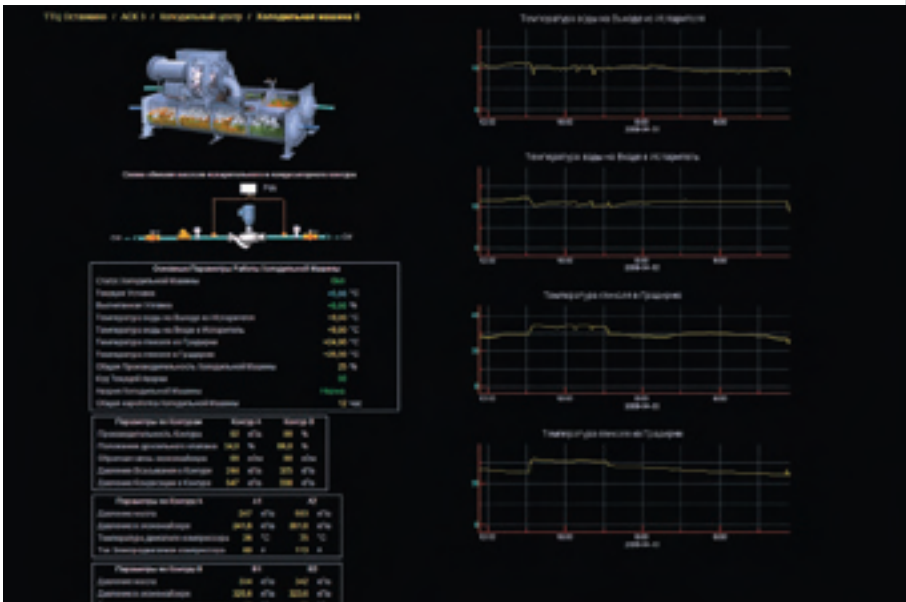
общему мнению, считается использование абсорбционных холодильных машин, которые имеют следующие особенности и преимущества:

- Холодильная машина экологически безвредна. Она использует в качестве холодильного агента водный раствор бромида лития вместо хладагентов. Незначительное количество движущихся деталей способствует низкошумной работе машины без вибраций.
- Абсорбционные холодильные машины предлагают альтернативное решение, позволяющее экономить, в отличие от использования холодильных машин, работающих на электроэнергии. Благодаря использованию пара низкого давления, горячей воды или отходящего тепла абсорбционные холодильные машины Carrier не только уменьшают или полностью исключают расход электроэнергии, но и позволяют владельцу пользоваться программами скидок и поощрений, предлагаемыми многими коммунальными предприятиями.

Стандартная система регулирования концентрации раствора позволяет машине стабильно работать в режиме неполной нагрузки при температуре охлаждающей воды до  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ , без байпасирования градирни. Это достигается за счет использования не имеющей аналогов системы управления расходом холодильного агента, запатентованной компанией Carrier (патент США № US6.260.364-B1), которая обеспечивает успешное управление при плавном изменении производительности машины в диапазоне от 100% до 10%.

Легкий в использовании сенсорный экран, удачные алгоритмы обеспечивают точное регулирование производительности и оптимизируют работу холодильной машины. Функция автоматической самодиагностики способствует удобной и надежной эксплуатации. Есть возможность надежного взаимодействия с системой диспетчеризации и устойчивой связи с телефонной сетью.

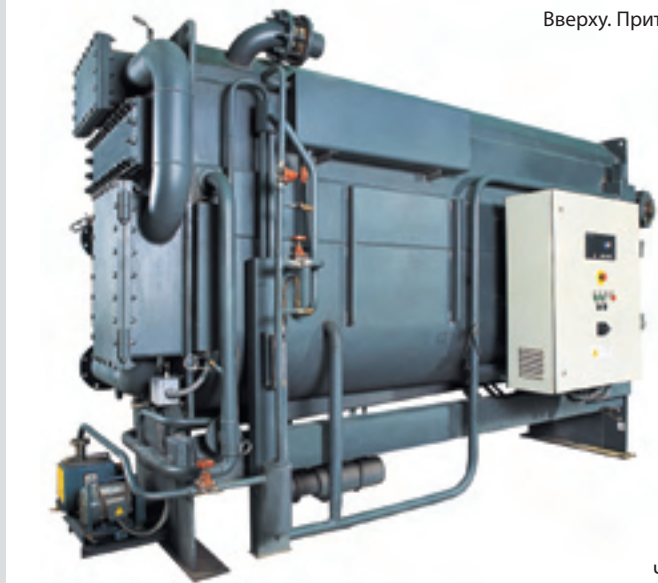
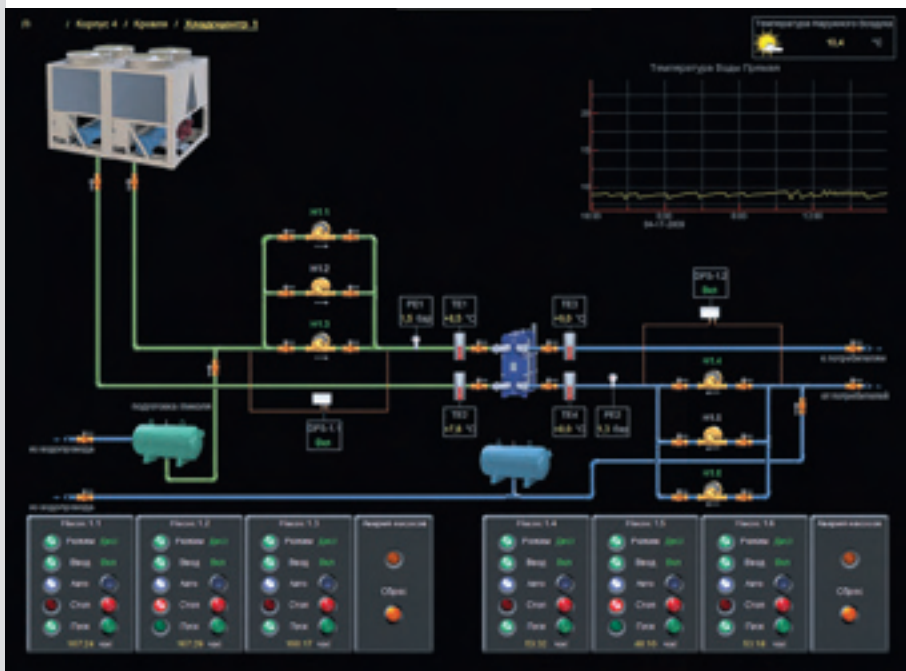
- Система автоматической продувки компании Carrier продлевает срок службы машины, обеспечивает оптимальные энергоэффективность и рабочие характеристики. Она защищает машину от потенциальных опасностей, связанных с непрерывным выделением во время работы неконденсирующихся газов.
- Надежная и безотказная работа абсорбционных холодильных машин Carrier обеспечивается также системой автоматического ограничения концентрации раствора, которое осуществляется несколькими способами, предотвращающими как кристаллизацию раствора, так и чрезмерное его разбавление.
- Применение герметичных насосов существенно снижает затраты на техническое обслуживание. Проверенные длительными эксплуатационными испытаниями насосы холодильного агента представляют собой полностью автономные и герметичные устройства. Это исключает необходимость применения отдельной, достаточно сложной и не



Гарантирующая полную герметичность системы, гарантируя в то же время практически полную герметичность и увеличенный срок службы машины.

- В холодильных машинах Carrier используется высокоэффективный ингибитор коррозии, обеспечивающий максимально возможную степень защиты от внутренней коррозии.
- Применение незабывающихся и защищенных от коррозии распылительных насадок способствует продолжительной и безотказной эксплуатации благодаря защищенности от коррозии и закупорки. Конструкция холодильных машин успешно выдерживает работу в самых жестких условиях как в системах комфортного охлаждения, так и в ходе технологических процессов.
- Чиллеры Carrier Evergreen(tm), позволяют достигать высочайшей производительности в реальных рабочих условиях без вредного воздействия на окружающую среду. Официально подтверждено,





Вверху. Приточно-вытяжная установка.  
Внизу. Холодосред

Чиллер 16JL

что чиллеры Carrier Evergreen имеют самый низкий коэффициент утечки хладагента среди аналогичного оборудования. Кроме того, конструкция чиллера позволяет хранить весь объем хладагента внутри установки и свести к минимуму риск его утечки во время сервисных работ.

Используемый экологически безопасный хладагент, высочайшая производительность и эффективная система управления делают чиллеры Carrier идеальными как для новых зданий, так и для реконструкции существующих объектов.

Еще одна система, позволяющая экономить на эксплуатационных расходах, – тригенерация. Это комбинированное производство электричества, тепла и холода. Холод вырабатывается абсорбционной холодильной машиной, потребляющей не электрическую, а тепловую энергию. Тригенерация выгодна, поскольку дает возможность эффективно использовать утилизированное тепло не только зимой для отопления, но и летом для кондиционирования помещений или для технологических нужд. Такой подход позволяет использовать генерирующую установку круглый год.

Перечислим характерные особенности этой системы:

- высокая энергоэффективность;
- ультранизкие выбросы в окружающую среду;
- внутренняя/наружная установка;
- масштабируемая конфигурация;
- минимальное количество движущихся элементов.

Она обладает также следующими преимуществами:

- минимальные счета за электричество;
- экологически безопасное решение;
- использование утилизированного тепла не только зимой для отопления, но и летом для кондиционирования помещений или для технологических нужд;
- максимальная экономия энергоресурсов;
- высочайшая надежность;
- долгий жизненный цикл оборудования.

Немалую роль в экономии эксплуатационных расходов играют и системы автоматизации и диспетчеризации. Компания Carrier предлагает в качестве такой системы использовать решение от Automated Logic Co. WebCTRL.

Как и другие подобные системы, WebCTRL состоит из двух уровней: автоматизации и управления. Обмен данными в системе осуществляется по протоколу BACnet, ставшему на сегодняшний день широко распространенным и стандартным для систем управления зданиями. WebCTRL предоставляет пользователю интуитивно понятный визуальный интерфейс, имеющий мощные инструменты для визуализации и управления инженерными системами. Для навигации по системе используется древовидная структура, группирующая объекты контроля по их физическому размещению в здании или комплексе зданий. WebCTRL отличает великолепная графика, разработанная профессиональ-

ми дизайнерами. Использование WebCTRL позволяет вам контролировать параметры здания из любой точки мира через стандартный веб-браузер с компьютера или мобильного устройства, исключая необходимость в специальном программном обеспечении.

Через веб-интерфейс вам доступны все функции управления зданием, включая:

- дистанционное управление оборудованием;
- настройку и изменение расписаний работы инженерных систем;
- корректировку технологических параметров систем;
- просмотр архивных записей параметров систем в графическом виде;
- просмотр и подтверждение тревог;
- получение отчетов об энергопотреблении, занятости помещений, действиях обслуживающего персонала и многих других;
- конструирование нестандартных отчетов, приспособленных к потребностям пользователя.

Тревожные сообщения также могут доставляться через SMS или электронную почту.

Основные преимущества использования WebCTRL:

- Программное обеспечение разработано с использованием только открытых стандартов и протоколов.
- В качестве платформы подходят самые распространенные решения, такие как MS Windows, Sun Solaris, Red Hat Linux, поддерживаются различные типы баз данных, например MS SQL Server, Oracle или My SQL, что позволяет минимизировать стоимость реализации и стоимость владения системой.
- Мощные средства разработки дают возможность значительно сократить трудозатраты и сроки реализации проекта и поддерживать или модернизировать систему дистанционно через сеть Интернет.

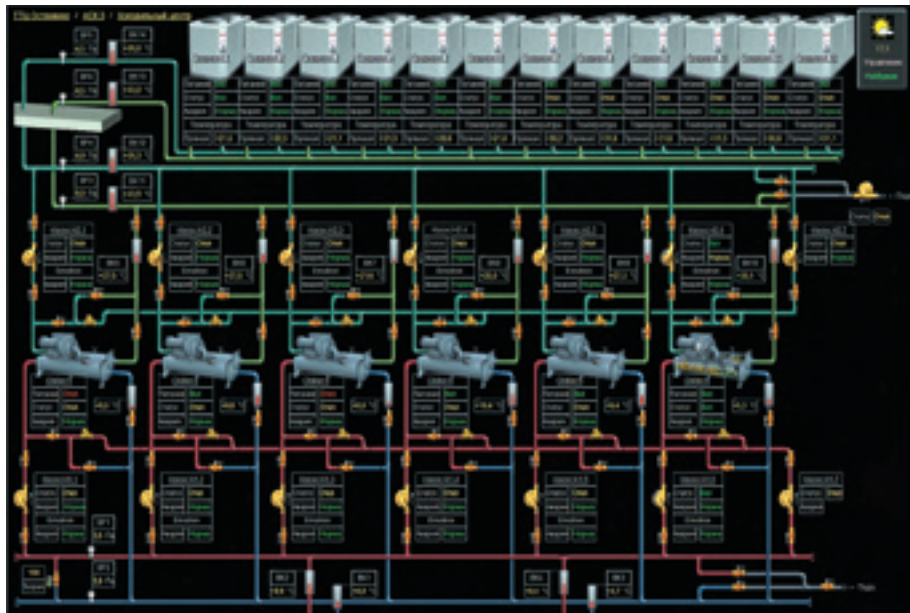
Возможности интеграции оборудования третьих производителей позволяют объединить все инженерное оборудование в один слаженно работающий комплекс. Поддерживается множество промышленных протоколов: Modbus, Jbus, N2 Open, LonWorks, York, BACnet.

Простая политика лицензирования и возможности масштабирования системы позволяют развивать ее поэтапно.

Надежная и гибкая схема безопасности с использованием 128-битного шифрования для защиты соединения (SSL) исключает несанкционированный доступ к системе.

Готовые программные решения дают возможность автоматически управлять энергопотреблением здания в целом в зависимости от потребности в тепле, холоде, тарифов энергоснабжающих организаций и других факторов.

Оборудование, использующее BACnet(r)-протокол, может быть подключено по IP, ARCNET, MS/TP или PTP (точка-точка).



Кроме того, открытая система Automated Logic позволяет организовывать совместную работу с оборудованием, использующим BACnet, Modbus, N2, JBUS, LonWorks и многие другие протоколы.

Комплекс мероприятий, которые предлагает AHI Carrier, позволяет достичь максимальной экономии эксплуатационных затрат. Они включают в себя использование когенерационных и тригенерационных систем, современных чиллеров и автоматизацию и диспетчеризацию инженерных систем на основе передовых технологий управления. Это позволяет добиться максимально возможного экономического эффекта. ■

Комплексные решения AHI Carrier



**AIRCONDITIONING & HEATING INTERNATIONAL**  
Lusinovskaya, 36 113093, MOSCOW, RUSSIA  
Tel.: +7 (495) 937-42-41, Fax: +7 (495) 937-18-90  
E-mail: ahi@ahi-carrier.ru



# АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА МАССОВОЙ ЭВАКУАЦИИ

*Возведение и эксплуатация высотных зданий становится сегодня одним из основных направлений городского строительства. Нехватка свободных площадей для застройки в городских центрах приводит к росту зданий вверх. Сотни офисов и учреждений перемещаются из старых построек в новые современные небоскребы. Их посещают и в них трудятся тысячи людей.*



Одновременно с увеличением количества людей, работающих или живущих в высотках, растет и риск опасных последствий технических аварий в таких зданиях. Аварии и пожары в небоскребах могут привести к самым печальным результатам, учитывая высокую концентрацию населения. Нельзя сбрасывать со счетов и такое ужасное явление нашей жизни, как угроза террористических актов.

Инженерная мысль ищет ответ на эти вызовы, стараясь создать надежную среду обитания в высотных зданиях. Дублируются системы электро-снабжения, устанавливаются системы автоматического пожаротушения, разрабатываются средства эвакуации населения при опасности.

К разряду таких средств относится уникальная аварийно-спасательная система массовой эвакуации из высотных зданий, описываемая в данной статье. Она разработана в Израиле и предназначена для спасения людей при любых экстренных ситуациях: пожарах, землетрясениях и террористических атаках.

Разработанная система изначально предназначена для коллективной, массовой эвакуации населения. Для того чтобы избежать зависимости от

состояния здания, она размещается и работает на его наружной стороне, имеет собственные источники питания и пульта управления. Аварийно-спасательная система обеспечивает быструю одновременную эвакуацию до 135 человек любого возраста и физических возможностей. Одновременно эта система доставляет в нужную точку спасателей, пожарников или группу захвата преступников.

Эффективность работы аварийно-спасательной системы обеспечивает принципиально новый подход к ее конструированию. Для создания механизма спасения используется оригинальное инженерное решение – применение принципа матрешки для компактного размещения нескольких спасательных кабин в сложенном состоянии и их быстрого развертывания в процессе эвакуации. Это решение защищено несколькими патентами, признанными в США и европейских странах.

Монтаж и установка системы требуют определенной адаптации к конкретному сооружению, которая сводится к выбору места экстренных выходов, доступных в кратчайшее время для спасающихся. Спасатели должны иметь возможность открыть эти выходы с наружной стороны здания при входе и закрыть при выходе. Нужно предусмотреть и пандусы для перемещения инвалидных кресел из зда-

Компактная система на крыше здания

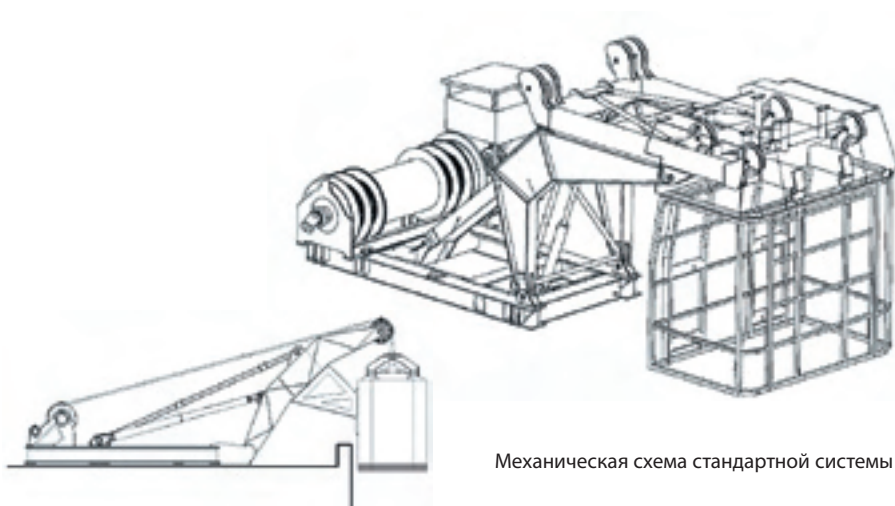


Компактная система в рабочем состоянии



Текст МИХАИЛ ФАРБЕР, канд. техн. наук





Механическая схема стандартной системы

ния в спасательные кабины. Возможна установка дополнительных скрытых направляющих тросов на внешней стороне здания, которые повышают устойчивость конструкции.

Собственно аварийно-спасательная система монтируется на крыше как строящихся, так и существующих зданий. Основными элементами ее конструкции являются основание, приваренное к железобетонному каркасу здания, механическая система развертки и движения, два автономных генератора – источника питания, два пульта управления в различных точках нулевого уровня и набор развертывающихся спасательных корзин. Для работы в критических условиях пожара выбраны огнеупорные материалы кабин и механических частей.

Следует учесть, что пульта управления могут быть установлены один – в самом здании, в вестибюле у дежурного оператора, а второй – резервный – в здании по соседству или в специальном помещении.

Рассмотрим подробнее, как работает аварийно-спасательная система.

В критической ситуации по команде с пульта установленная на крыше конструкция активируется и спускается на землю. Несколько встроенных как матрешка кабин спускаются вниз, разворачиваются и принимают на борт пожарных и спасателей. Затем кабины поднимаются к аварийным дверям сразу нескольких этажей. Пожарный открывает снаружи аварийные двери (возможно их автоматическое открытие снаружи!) и входит в помещение – на площадку сбора эвакуируемых.

При этом проводится одновременная эвакуация людей с нескольких этажей. После заполнения кабин система опускается на землю с пассажирами. Каждая последующая кабина входит в предыдущую после выхода из нее людей.

Система разворачивается в обратной последовательности, принимая новую группу пожарных. После этого кабины могут снова подниматься за следующей группой. Максимальное время цикла эвакуации с верхних этажей здания – 8–10 минут для самых высоких зданий.

Чтобы лучше приспособиться к конкретному зданию, конструкторы разработали две базовые конфигурации аварийно-спасательной системы. Важнейшие технические параметры конструкции приведены в табл. 1. А основными отличительными особенностями вариантов являются размер и количество кабин, скорость их движения.

Как видно из сравнения представленных в табл. 1 данных, стандартный вариант характеризуется наличием большой 27-местной спасательной корзины, по сравнению с 17 местами в компактном варианте. Зато скорость движения кабин для компактного варианта вдвое выше, чем в стандартном. Эти два параметра существенно влияют на длительность цикла спасения и количество эвакуированных.

Расчет времени цикла и количества эвакуированных в заданный период времени в зависимости

Таблица 1

| Параметр                            | Стандартный вариант                                  | Компактный вариант                                   |
|-------------------------------------|--|--|
| Максимальная высота здания          | 200–300 м  | 300 м  |
| Количество кабин                    | До 5   | 2  |
| Размер кабины в сложенном состоянии | 300x150x250 см                                       | 250x150x200 см                                       |
| Ширина входной/выходной дверей      | 75 см<br>120 см                                      | 80 см<br>120 см                                      |
| Максимальное число спасаемых        | 135 человек  | 35 человек   |
| Вес системы                         | 14 000 кг  | 8000 кг  |
| Размеры в сложенном состоянии       | Ширина – 467 см<br>Высота – 493 см<br>Длина – 514 см | Ширина – 340 см<br>Высота – 450 см<br>Длина – 400 см |
| Скорость движения                   | 80–70 м/мин  | 130–120 м/мин  |
| Запас прочности кабеля, не менее    | x10  | x10  |

Таблица 2

|  |     |      |      |      |     |
|--|-----|------|------|------|-----|
| Этажность                              | 40  | 50   | 50   | 60   | 60  |
| Высота, м                              | 180 | 225  | 225  | 270  | 270 |
| Количество кабин                       | 3   | 4    | 5    | 5    | 2   |
| Скорость движения, м/с                 | 1,2 | 1,1  | 1,0  | 1,0  | 2,0 |
| Время эвакуации с верхних этажей, мин. | 6,4 | 8,6  | 9,6  | 11,1 | 5,6 |
| Время полной эвакуации здания, мин.    | 50  | 61   | 57   | 79   | 98  |
| Количество эвакуированных              | 972 | 1215 | 1188 | 1485 | 986 |

от высоты и этажности здания, варианта системы и количества кабин приведены в табл. 2. Как видно из ее анализа, стандартная конфигурация обеспечивает примерно в 1,5 раза большее количество спасенных в заданный промежуток времени. В то же время цикл эвакуации в компактной системе вдвое меньше, чем у стандартной. Анализ населенности конкретного здания позволяет выбрать необходимую систему с учетом количества посетителей и расстояния до эвакуационных выходов. В здании могут быть установлены несколько компактных систем или стандартная и компактная система в выбранных точках. Это дает возможность подходить к выбору конфигурации системы и с позиций экономической эффективности, так как компактная конфигурация примерно на 40%, а то и вдвое, дешевле стандартной. В любом случае стоимость спасательной системы составляет менее 1% стоимости здания и не идет ни в какое сравнение со страховыми выплатами пострадавшим от катастроф при отсутствии средств защиты.

Аварийно-спасательная система эвакуации из высотных зданий разработана в соответствии с американским стандартом ASTM E2513-07 «Спецификация внешних эвакуационных аварийных платформ для высотных многоэтажных зданий». Она отвечает и требованиям утвержденного год назад Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Как средство коллективного спасения людей с высоты при пожаре (ст. 47 и 80), в конструкции учтены требования по таким важным показателям, как ширина эвакуационных выходов (п. 6.5 ст. 89) и минимальные размеры системы в сложенном состоянии. Так, она занимает меньше площади, выделяемой по закону на крыше для транспортно-спасательной кабины вертолета (п. 17 ст. 90).

Первая в мире действующая система массовой эвакуации людей установлена и функционирует в Тель-Авиве (Израиль) на одном из самых высоких небоскребов региона. В обычные дни она используется как подъемник негабаритных грузов при размещении в здании нового оборудования и проведении ремонтных работ. Еще около 10 систем находятся на разных стадиях изготовления и монтажа в разных городах мира.



В будущем эта и ей подобные аварийно-спасательные системы должны стать неотъемлемой частью инженерного оборудования при проектировании и эксплуатации высотных зданий. Только оборудование такого класса обеспечивает спасение большого количества людей в несопоставимо короткое время по сравнению с аварийно-спасательным вертолетом или индивидуальными средствами эвакуации. Данная система не имеет физических и возрастных ограничений, компактна и экономически обоснованна. ■

По вопросам проектирования и поставок обращаться:

Colored Glass Printing & Building Innovative Solutions

Тел.: +972-(0)-54-3113267

Факс: +972-(0)-77-5161415

E-mail: printonglass@013.net

www.coloredglassprinting.vivacity.com



# СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Технологические основы построения систем мониторинга несущих конструкций высотных и уникальных объектов

К сожалению, в последнее время увеличилось число несчастных случаев на строительных объектах. Ежегодно мы сталкиваемся с необходимостью проводить независимый анализ причин обрушения, ухудшения состояния зданий и сооружений. Эти объекты, как правило, являются местами скопления большого количества людей, что подчеркивает значимость проблемы и важность поиска способов ее решения для предотвращения необратимых последствий.

Актуальность данного вопроса и последние тенденции строительства в России крупных объектов, а также интенсивность, с которой они возводятся,

определили необходимость создания новых элементов обеспечения конструктивной безопасности. Один из них – автоматизированные системы мониторинга деформационного состояния несущих конструкций. Необходимость создания таких систем отражена в имеющейся нормативно-методической базе и учитывается при разработке новых нормативных документов и технических регламентов по обеспечению безопасности зданий и сооружений.

### СТАДИИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В соответствии со сложившейся практикой и требованиями нормативно-методических документов система мониторинга несущих конструкций разрабатывается на стадии проектирования, устанавливается на этапе строительства и используется при введении и эксплуатации зданий и сооружений для контроля состояния несущих конструкций (рис. 1).

На этапе **проектирования** определяют модель угроз, реализация которых может вызвать ухудшение технического состояния объекта. Модель угроз разрабатывается исходя из местоположения объекта (климатических и геологических условий), конструктивных особенностей, функционального назначения.

На основании модели угроз определяют состав контролируемых параметров, правила обработки и критерии оценки технического состояния объекта.

Для определения расчетных (допустимых) значений контролируемых параметров разрабатывается математическая и компьютерная модель объекта с использованием современных средств конечно-элементного анализа (ANSYS, «Лира», MicroFe и др.).

На основании состава контролируемых параметров должен быть определен конкретный состав измеряемых физических величин (деформации, колебания, давления и др.) и оборудования системы мониторинга.

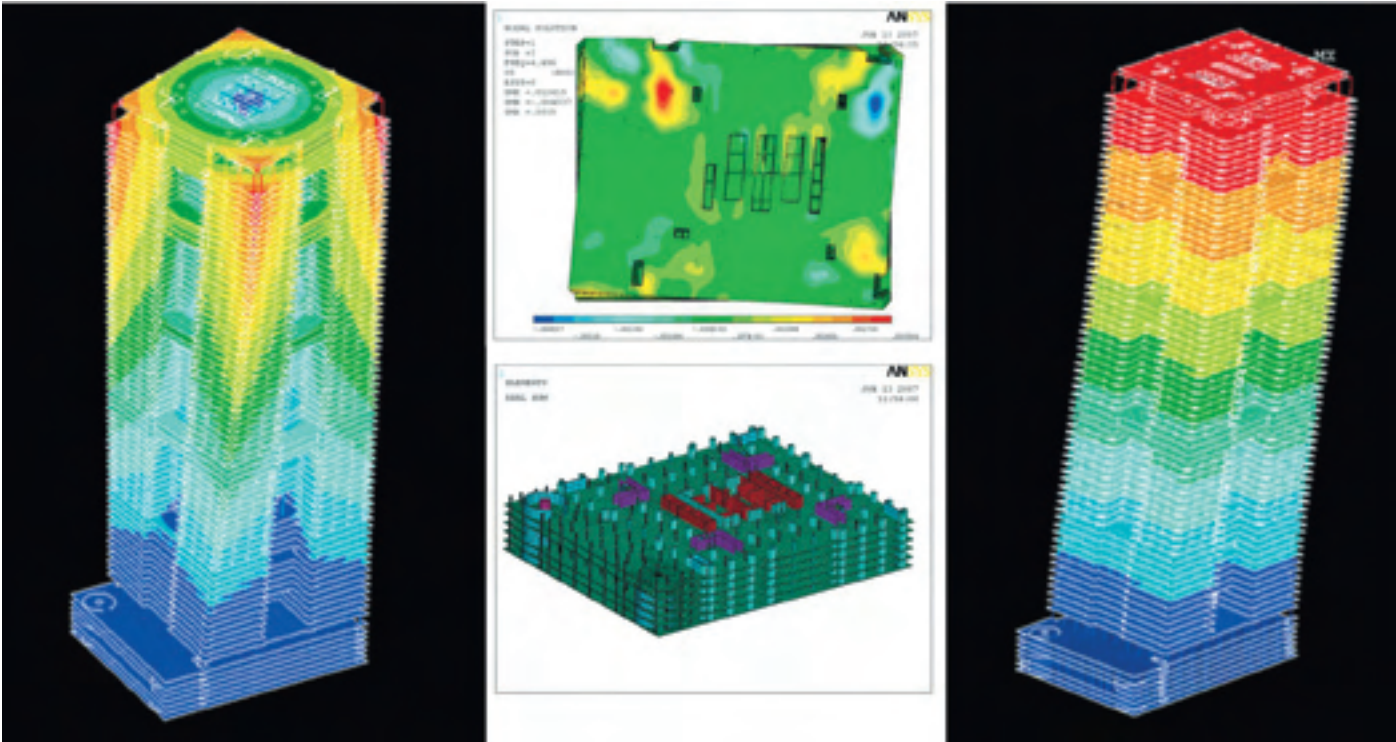
На этапе **строительства** устанавливается оборудование системы мониторинга – датчики деформации, давления, температуры, акустической эмиссии, вибродатчики (акселерометры, велосиметры), тахеометры. В процессе строительства осуществ-

Рис. 1. Задачи мониторинга на разных стадиях жизненного цикла объекта

Рис. 2. Типовой состав системы мониторинга



АНДРЕЙ ШАХРАМАНЬЯН, канд. техн. наук, генеральный директор НПО СОДИС, заведующий отделом разработки и внедрения технологий комплексного обеспечения безопасности высотных и уникальных объектов ГУП «НИИМосстрой», заведующий экспертным отделом по вопросам экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений ГУП «НИИМосстрой»



вляют мониторинг с использованием установленного оборудования, результаты которого сравнивают с полученными значениями контролируемых параметров на основе математического моделирования. По окончании строительства проверяется адекватность математической модели (при необходимости ее нужно откорректировать) и уточняются правила обработки результатов мониторинга и критерии принятия решений.

### ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ. СОСТАВ И СТРУКТУРА

Система мониторинга несущих конструкций может быть представлена в виде следующих функциональных блоков (рис. 2):

- 1) первичные датчики и оборудование;
- 2) системы сбора и регистрации данных;
- 3) программное и математическое обеспечение.

**Первичные датчики и оборудование** предназначены для регистрации различных параметров, характеризующих напряженно-деформированное состояние отдельных конструкций или их группы. Датчиками регистрируются такие параметры, как наклон, осадка, деформация, давление, пространственные координаты, частоты и колебания (ускорение, скорость), температура, влажность.

**Система сбора и регистрации данных** предназначена для консолидации первичных данных по результатам измерений, преобразования сигналов от датчиков в цифровой вид и хранения полученных данных.

**Математическое и программное обеспечение** – ядро системы мониторинга – представляет собой ее интеллектуальную начинку и состоит из следующих систем:

**14 февраля 2004 года**, Москва – разрушение аквапарка «Трансвааль».

**4 декабря 2005 года**, город Чусовой Пермского края – обрушение кровли плавательного бассейна «Дельфин».

**23 февраля 2006 года**, Москва – обрушение Бауманского рынка.

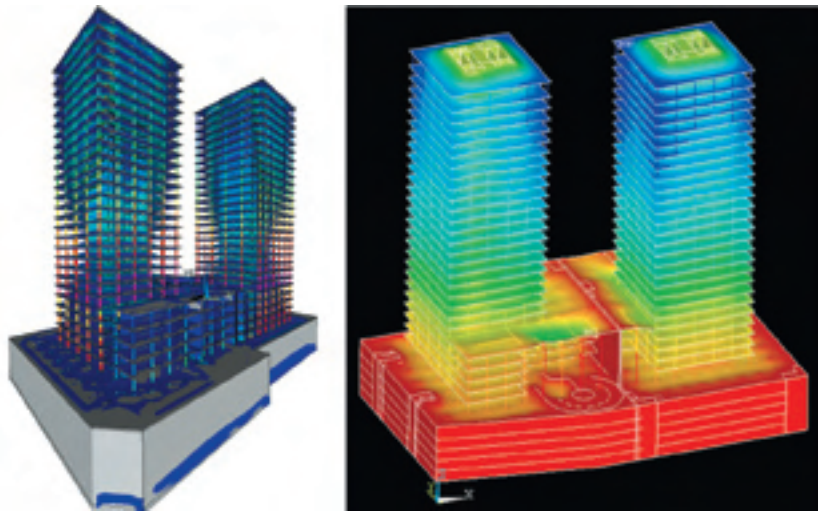
**22 ноября 2007 года**, Москва – авария в Крытом конькобежном центре в Крылатском.

**10 декабря 2008 года**, Москва – обрушение перекрытий здания при выполнении строительно-монтажных работ в Старокопюшенном переулке.

**17 июня 2009 года**, Москва – обрушение здания на Садовнической набережной.

Рис. 3. Результаты математического моделирования здания законодательной и исполнительной власти (Москва, ММДЦ «Москва-Сити», участок 15)

Рис. 4. Результаты математического моделирования высотного здания (Москва, Ленинградский пр., вл. 39)





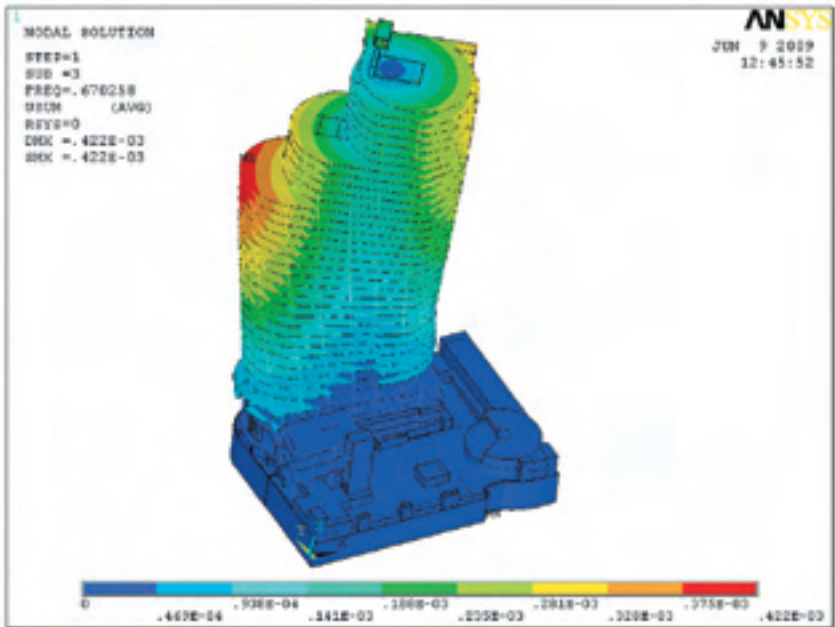
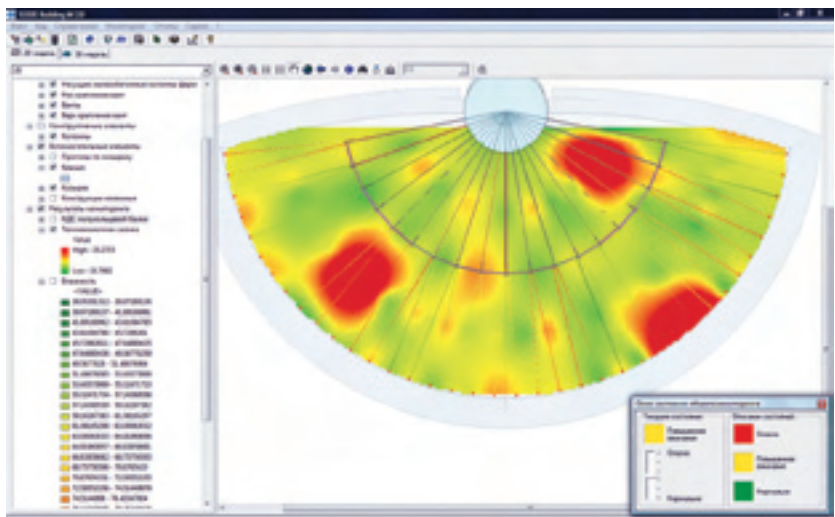
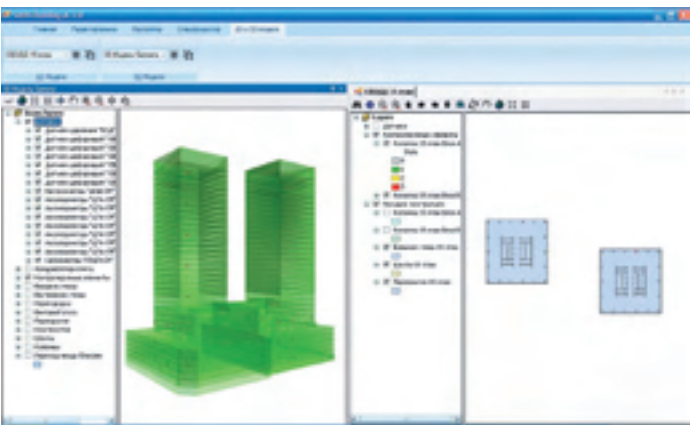


Рис. 5. Результаты математического моделирования высотного здания (Москва, Алтуфьевское шоссе, вл. 54)

Рис. 6. Отображение результатов мониторинга в программном комплексе SODIS Building M



с целью определения расчетных значений параметров контроля системы мониторинга (например, расчетные деформации в фундаментной плите, сваях, несущих конструкциях, расчетные динамические характеристики объекта, такие как частоты и амплитуды колебаний, передаточные функции и др.). На рис. 3–5 представлены некоторые результаты математического моделирования для систем мониторинга здания законодательной и исполнительной власти города в ММДЦ «Москва-Сити» и штаб-квартир Siemens и АФК «Система» (Москва, Ленинградский пр., вл. 39), высотного здания в рамках программы «Новое кольцо Москвы» (Алтуфьевское шоссе, вл. 54).

Наш опыт показывает, что математическая модель создается независимо от разрабатываемой конструкторами расчетной модели объекта. Во-первых, модели имеют различное назначение – конструкторы объекта создают их для определения и подбора конструктивных решений. Модель для мониторинга предназначена для первоначального определения контролируемых параметров и дальнейшей работы на стадии эксплуатации совместно с системой мониторинга. Во-вторых, независимое создание модели позволяет более достоверно оценить ее адекватность и соответствие объекта проектным решениям. Разработанные математические модели объектов для системы мониторинга уточняются по мере строительства и получения

реальных показаний с датчиков. В итоге по окончании строительства математическая модель объекта мониторинга (после всех уточнений) соответствует построенному объекту и используется на этапе строительства и эксплуатации для анализа результатов мониторинга, оценки и прогноза развития дефектов и обеспечивает объективность анализа результатов мониторинга.

**Программное обеспечение системы мониторинга** предназначено:

- для управления системой мониторинга;
- сбора и хранения информации, получаемой от датчиков и оборудования, обеспечивающих изменение контролируемых параметров;
- обработки и анализа данных для определения технического состояния объекта;

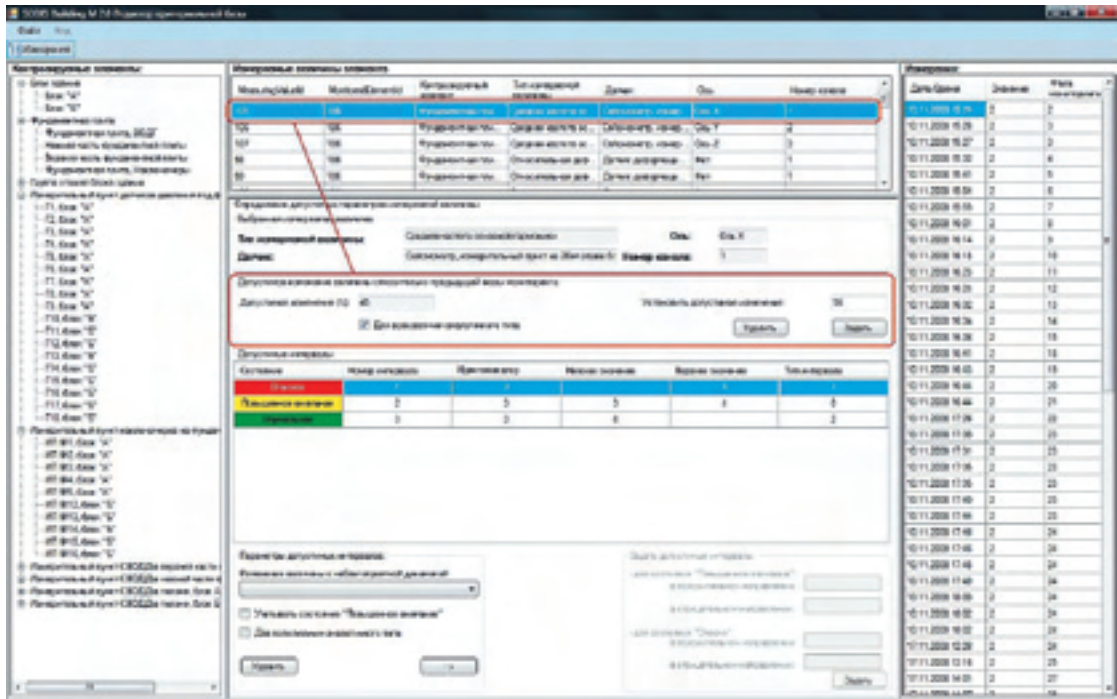


Рис. 7. Настройки спецпроцессора в программном комплексе SODIS Building M

Рис. 8. Вывод информации о прогнозе технического состояния объекта мониторинга

- настройки спецпроцессора системы мониторинга и правила работы системы по определению технического состояния зданий и сооружений в автоматическом режиме;
- определения управляющих решений и рекомендаций по дальнейшей наиболее эффективной эксплуатации объекта;
- интеграции системы мониторинга с другими диспетчерскими системами объекта и внешними системами городских служб.

Примеры работы специализированного программного обеспечения для системы мониторинга несущих конструкций – SODIS Building M (разработчик – НПО СОДИС, свидетельство Роспатента № 2009612830) показаны на рис. 6 и 7.

Математическое и программное обеспечение позволяет осуществлять совместную обработку натурных показаний системы мониторинга и проводить сравнительный анализ с расчетными значениями, полученными в результате математического моделирования. Это дает возможность не только оценить текущее состояние строительных конструкций объекта, но и спрогнозировать его будущее состояние. Так, например, разработанный коллективом НПО СОДИС и специалистами ГУП «НИИМосстрой» программный комплекс SODIS Building M и комплекс математических моделей на базе продукта конечно-элементного анализа ANSYS 11 позволяют определять тренды изменения контролируемых параметров технического состояния объекта (например, неравномерная осадка) на прогнозируемый временной период и оценивать с использованием компьютерного моделирования влияние прогнозируемых значений контролируемых параметров на будущее техническое состояние объекта. Так, система мониторинга уже не просто сообщает



эксплуатационной службе объекта о возникновении неблагоприятных факторов, но и может определить, например, что если в течение пяти лет не будут приняты какие-либо меры, то техническое состояние здания через пять лет будет оцениваться как неработоспособное. На рис. 8 представлен график, построенный системой мониторинга и показывающий прогноз технического состояния объекта. ■

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ на полезную модель № 66525 «Система мониторинга технического состояния зданий и сооружений».
2. Евразийский патент № 006970 «Способ и система для определения устойчивости зданий и сооружений».
3. Свидетельство Роспатента № 2009612830 «Автоматизированная система мониторинга технического состояния зданий и сооружений на базе геоинформационных технологий (SODIS Building M2.5)».



# УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ



## СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА: ПОЖАРНАЯ НАГРУЗКА НА НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

Приведем еще два сценария развития пожара: «после землетрясения умеренной силы» (случай 5) и «после сильного землетрясения» (случай 6). Все примеры пожарной нагрузки на несущие конструкции (безразмерные функции температура/время) могут быть представлены в следующем виде:

**Случай 1:**  
 $\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2).$  (2.9a)

Вторая производная от этой функции:

$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2)] \times$   
 $\times [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2],$  (2.9b)

где  $\tau_m$  – безразмерное время при максимальной температуре и

$A = 11,3; a = 0,089; \sigma = 0,169.$

**Случай 2:**  
 $\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2).$  (2.10a)

Вторая производная от этой функции:

$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2)] \times$   
 $\times [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2],$  (2.10b)

где  $A = 6,95; a = 0,0646; \sigma = 0,109.$

**Случай 3:**  
 $\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2).$  (2.11a)

Вторая производная от этой функции:

$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2)] \times$   
 $\times [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2],$  (2.11b)

где  $A = 4,55; a = 0,0802; \sigma = 0,1075.$

**Случай 4:**  
 $\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2).$  (2.12a)

Вторая производная от этой функции:

$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2)] \times$   
 $\times [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2],$  (2.12b)

где  $A = 3,73; a = 0,0893; \sigma = 0,1063.$

**Случай 5.** Зависимость температурного воздействия от землетрясения умеренной силы

Билинейный закон изменения температуры (рис. 5) иллюстрирует воздействие температурной нагрузки на систему несущих конструкций (когда  $t_1 \rightarrow 0$ ). Отсюда также следует, что в данном случае максимальный динамический коэффициент с учетом деформации равен 2, однако этот показатель может и превышать 2, если учитывать внутренние усилия (моменты, поперечная сила и т.п.). Полная деформация в этом случае [18]:

$y_{tot} = \alpha T_{max} L [1 \pm \frac{\sin(\tau_1/2)}{(\tau_1/2)}],$  (2.13)

где  $\tau > \tau_1$  и  $\tau_1 = \omega t_1.$

Из уравнения (2.13) следует, что максимальный динамический коэффициент  $K_d = 2$ . Динамические усилия и напряжения в элементах несущих конструкций являются исключительно следствием физического перемещения.

**Случай 6.** Воздействие и флуктуации

В действительности кривая графика температура/время подвержена некоторым флуктуациям

максимальных температур из-за гидродинамического эффекта при распространении пожара [15]. Предполагается, что флуктуации в данном случае невелики ( $\pm 10^\circ \text{C}$ ), тем не менее они происходят с частотой, близкой к собственной частоте колебаний системы несущих конструкций ( $\theta = 0,95\omega$ ) (рис. 3):  $T = T_m [1 + 0,01 \sin \theta].$

Динамическая деформация из-за флуктуации температуры может быть представлена не иначе, как в следующем виде:

$y_d = \frac{\alpha T_m L}{1 - (\theta/\omega)^2 - (\varepsilon/\omega)^2} \times$   
 $\times \exp(-\varepsilon\tau/\omega) [\sin(\frac{\theta}{\omega}\tau) - \frac{\theta}{\omega} \sin \tau]$  (2.14)

где  $k = \theta/\omega; \tau = \omega t.$

Уравнение (2.14) описывает процесс пульсации [19], в данном случае в периоде  $t_0 = 2\pi/(\omega - \theta)$ . Если  $\omega = 44 \text{ рад./с}, \varepsilon = 0,8 \text{ с}^{-1}$  и  $\theta/\omega = 0,98$ , динамический коэффициент равен  $K_d = 25,5$  и  $t_0 = 3,13 \text{ с}$ . Предполагалось, что только при значении  $T_{max} = 0,01$  происходят флуктуации температуры, поэто-



му суммарный (случаи 5 и 6) динамический коэффициент в данном случае равен:  $K_d = 2 + 0,01(25,5) = 2,3$ . Именно этот случай следует рассматривать применительно к аномальным пожарам, которые возникают сразу после сильных землетрясений (зоны 3 и 4).

## УЧЕТ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СИЛЫ ПОЖАРА НА СИСТЕМУ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Если константа развития пожара велика (табл. 2), можно ожидать значительного динамического воздействия на несущие конструкции и необходи-

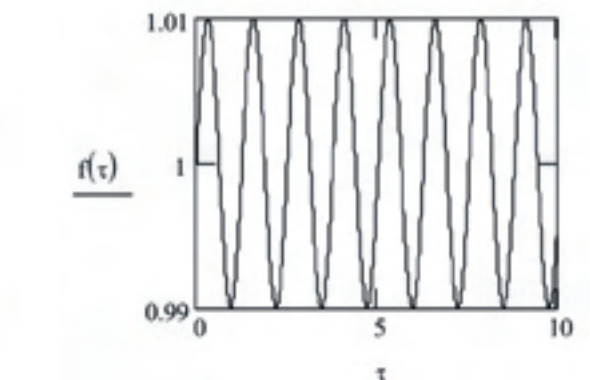


Рис. 2. Графики функций температура/время

Пожар в высотном здании Министерства транспорта Казахстана

Окончание.  
Начало в № 4-5.  
С. 112-119



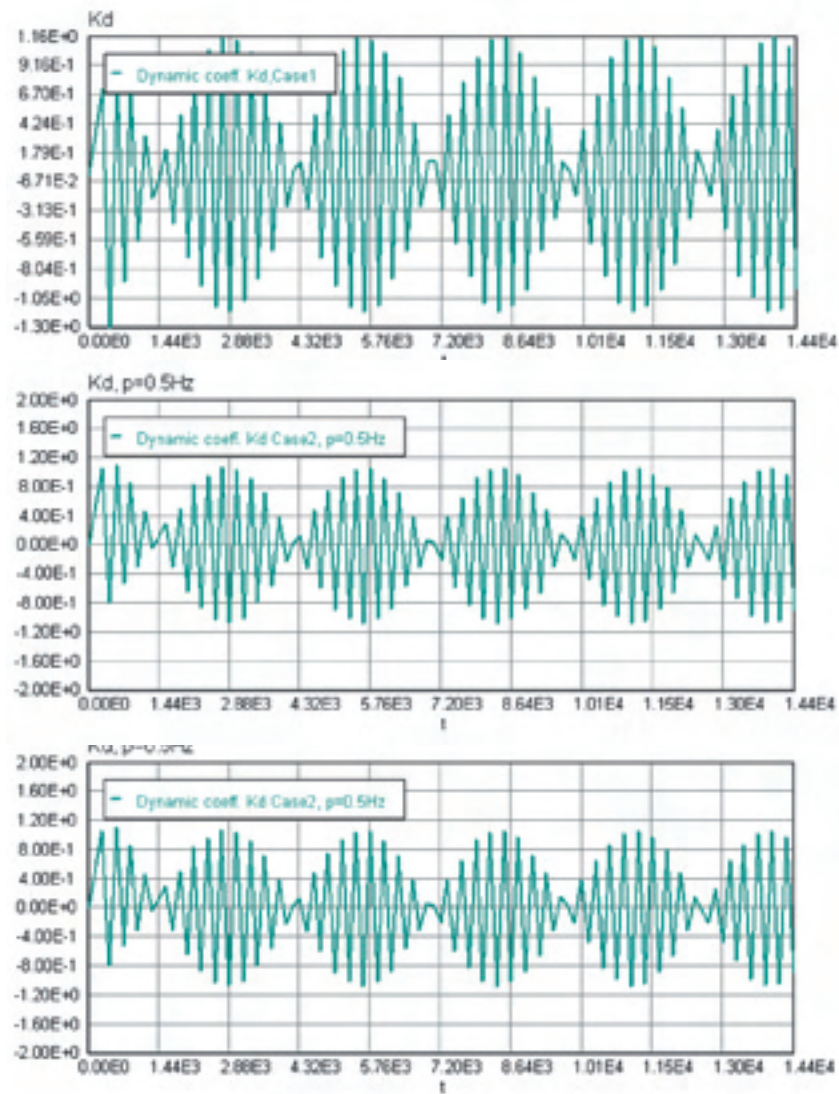


Рис. 3. Флуктуации параметра  $T_{max}$

Рис. 4. Пульсирующие колебания из-за динамического компонента кривой графика температура/ время,  $\omega = 0,5$  Гц. Очень скорый пожар

Рис. 5. Пульсирующие колебания из-за динамического компонента кривой графика температура/ время,  $\omega = 0,5$  Гц. Скорый пожар

Таблица 6. ДИНАМИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ  $K_d$

| Категория                             | $\omega = 0.5$ Гц | $\omega = 1.0$ Гц | $\omega = 1.59$ Гц | $\omega = 5.0$ Гц | $\omega > 5$ Гц |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| Очень скорый                          | 2,92              | 1,533             | 1,211              | 1,012             | 1,0             |
| Скорый                                | 2,15              | 1,288             | 1,122              | 1,012             | 1,0             |
| Умеренный                             | 1,64              | 1,175             | 1,072              | 1,012             | 1,0             |
| Медленный                             | 1,46              | 1,130             | 1,053              | 1,0               | 1,0             |
| Воздействие (температура конструкций) | –                 | –                 | 2,0                | 2,0               | 2,0             |
| Пульсация и воздействие               | –                 | –                 | 2,3                | 2,3               | 2,3             |

где  $y_d$  – динамический коэффициент общей величины смещения  $y$ :  $y = \Delta_{It} + y_d$  (2.20),

а  $\Delta_{It}$  – статический компонент общей величины смещения из-за температурного воздействия:

$$\Delta_{It} = \alpha T(t)L \text{ и } \Delta_{It} = \alpha \dot{T}(t)L, \quad (2.21)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения;  $L$  – линейные размеры элемента несущих конструкций;  $\omega$  – частота собственных колебаний (вертикальных или горизонтальных) системы несущих конструкций (или их элемента), которые могут быть подсчитаны с помощью любой из классических методик или приближенных формул из [16], применимых только к горизонтальным колебаниям.

Таким образом, динамический коэффициент определяется как:

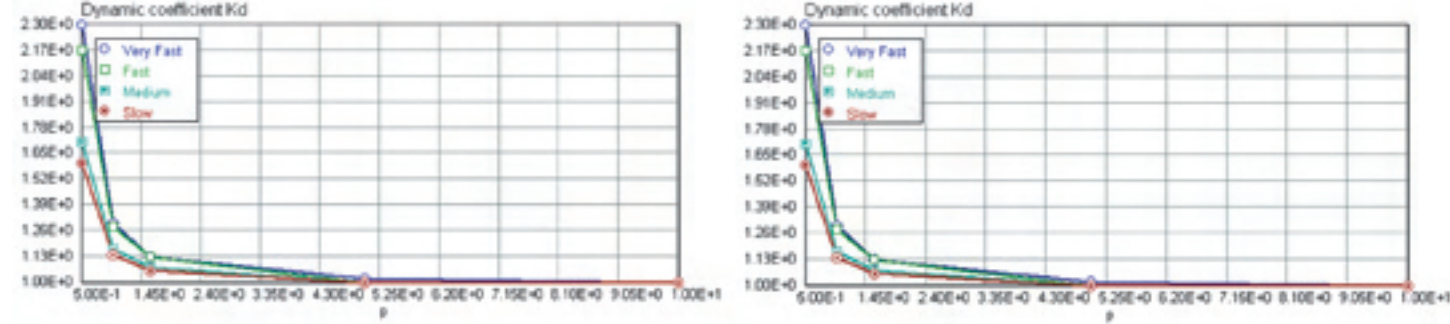
$$K_d = \frac{y}{\Delta_{It}}. \quad (2.22)$$

С тем чтобы получить динамический коэффициент, предлагается заменить функции (2.9b), (2.10b), (2.11b) и (2.12b) на (2.19) и далее на (2.22). В обобщенном виде результаты представлены в табл. 6. Наиболее значительное динамическое воздействие температурные нагрузки оказывают в случаях 1–3 (очень скорых, скорых и умеренных по темпу развития пожаров). Наиболее уязвимы гибкие конструкции ( $\omega < 1,0$  Гц) [16]. В случаях с пожарами категорий «очень скорый» и «скорый» могут возникнуть своего рода пульсирующие колебания (рис. 4 и 5) (ср. с «нормальными» осцилляциями в случаях с более жесткими конструкциями ( $\omega > 1,0$  Гц)(рис. 6)).

Более подробную информацию о пожарной нагрузке на несущие конструкции при проектировании стальных и железобетонных конструкций можно найти в источниках [17], [18]. Оценка температурного воздействия на конструкционную сталь и железобетон приведена в [17].

#### МЕХАНИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ «ПОЛЗУЧЕСТИ»

Термин «ползучесть железобетона» применяется к явлению деформации материала под нагрузкой при воздействии на него температуры, превышающей определенные значения. В нашем случае феномен «ползучести» следует принимать во внимание, когда стальная арматура разогревается до температуры выше 400°C. Медленные деформации, происходящие в течение длительного времени, имеют свойство накапливаться, что в конце



концов приводит или к неприемлемым изменениям размеров конструктивного элемента, или к его разрушению. Общая теория «ползучести» определяет функциональные закономерности между тремя переменными: сжатием, растяжением и временем. С ее помощью у проектировщика появляется возможность произвести анализ системы несущих конструкций, одновременно подверженной импульсивной, статической и динамической нагрузкам. Самая примитивная модель, которая приводится в данной работе, такова:

$$E\dot{\epsilon} = \dot{\sigma} + A\sigma. \quad (3.1)$$

В более общем виде это описывается интегральным уравнением:

$$E\epsilon(t) = \sigma(t) + \int_0^t \sigma(\tau)K(t-\tau)d\tau, \quad (3.2)$$

где  $K(t-\tau)$  – ядро интегрального уравнения (3.2).

Применимость теории «ползучести» ограничивается решением двух основных задач:

- 1) экстраполировать данные опытов о жесткости элемента (системы) несущих конструкций на период, превышающий продолжительность типовых испытаний (аномальный пожар может длиться значительно дольше, чем испытания, даже проведенные как положено);

- 2) определить темп ослабления жесткости элемента (системы) несущих конструкций исключительно как функции температурного воздействия. Поскольку теория «ползучести» весьма сложна, в статье даются не все промежуточные математические преобразования. Пример 1 иллюстрирует применимость общей теории «ползучести» в случаях аномальных температурных нагрузок на систему несущих конструкций.

#### Пример 1

Дано: Абсолютно жесткая железобетонная балка А-В-С опирается на два стальных подвесных кронштейна DB и ЕС. Аномальный пожар воздействует только на кронштейн ЕС. Сила  $P$  приложена к точке С. Оба кронштейна имеют одну и ту же площадь сечения.  $H$  – высота, причем  $a = b$ . После 4 часов пожара модуль упругости кронштейна ЕС равен 0,25Е, поэтому  $E_{ec} = 0,25E_{db}$ .

Найти: распределение внутренних усилий  $N_{ec}$  и  $N_{db}$  в данный момент, перераспределение усилий в любой из моментов пожара (предполагается, что пожар продолжается с постоянной температурой  $T = 600^\circ\text{C}$ ), и распределение усилий при  $t \rightarrow \infty$  (вероятность прогрессивного обрушения). С точки зрения статики система несущих конструк-

ций пребывает в неопределенном положении. Проведя сечение выше точки В, получаем два графика свободного тела с неизвестным усилием:  $X_1 = N_{db}$ .

Решение. Соответствующие уравнения (метод сил) таковы:

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1p} = 0 \text{ или } \delta_{11}\dot{X}_1 + \dot{\Delta}_{1p} = 0. \quad (3.3)$$

Чтобы рассчитать параметры  $\delta_{11}$ ;  $\Delta_{1p}$  &  $\dot{\Delta}_{1p}$ , используем уравнение ползучести (3.1). После всех математических упрощений, будет получено дифференциальное уравнение:

$$\dot{X}_1 + 0,5X_1 = A P. \quad (3.4)$$

Решение уравнения (3.4) с исходным условием:  $X_1(0) = P$  выглядит следующим образом:

$$X_1 = N_{bd} = -P[\exp(-0,5At) - 2] \quad (3.5)$$

$$\text{и } N_{ec} = P - 0,5X_1 = 0,5P\exp(-0,5At). \quad (3.6)$$

И наконец, ответы:

- 1) в исходный момент (через 4 часа после начала пожара)  $N_{bd} = P$  и  $N_{ec} = 0,5P$ ;
- 2) в любое мгновение после исходного момента усилия определяются посредством (3.5) и (3.6);
- 3)  $N_{bd} = 2P$  и  $N_{ec} = 0$ , при  $t \rightarrow \infty$ .

Следует отметить, что те же самые результаты получаются при использовании уравнения общего вида (3.2), поскольку главный член интегрального уравнения в данном случае равен А. Долгосрочная жесткость при применении теории линейной ползучести рассчитывается по следующей формуле:

$$H = \frac{E}{\infty} \cdot \left( 1 + \int_0^t K(\theta)d\theta \right). \quad (3.7)$$

Из уравнения (3.7) следует, что долгосрочная жесткость конструкции ЕС равна нулю, ибо ядро является константой, следовательно, усилие  $N_{ec} = 0$ .

#### Пример 2

Дано: Неразрезная железобетонная балка, свободно опертая с несмещающимися опорами. Конечный пролет  $L_n = 30'$ . (Данные взяты из [CRSI, 1984].)

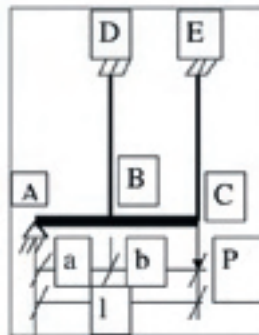
Рабочая нагрузка: D.L. = 87 фунт/кв. фут; 25% L.L. = 43 фунт/кв. фут. Интервал: 14–0". Полная рабочая нагрузка – 1,8 klf; полная предельная нагрузка – 6,4 klf. Бетон – 4<sup>ksi</sup>. Сталь  $f_y = 60^{ksi}$ . Сечение:  $w = 16"$ ;  $h = 30"$ . Арматура: вверху – 4 стержня  $\varnothing 11$ ; внизу – 4 стержня  $\varnothing 10$ .

Поперечная арматура  $\varnothing 5$  с шагом 13". Модуль

Рис. 6. Пульсирующие колебания из-за динамического компонента кривой графика температура/ время,  $\omega = 0,5$  Гц. Скорый пожар

Рис. 7. Динамический коэффициент  $K_d$

Рис. 8. Абсолютно жесткая железобетонная балка опирается на два стальных подвесных кронштейна





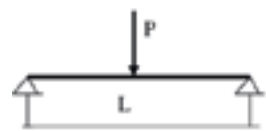


Рис. 9.  
Шарнирно-опертая балка

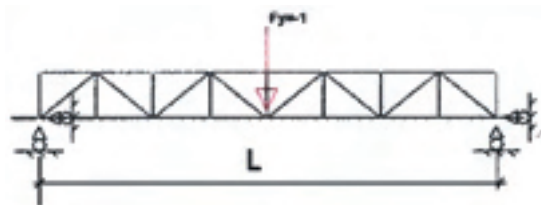


Рис. 10.  
Ферма перекрытия

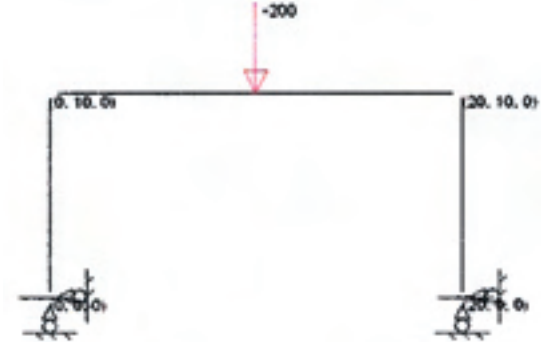


Рис. 11.  
Стальная рама

упругости  $E = 3600 \text{ ksi}$ . Максимальная температура:  $T_m = 600^\circ\text{C}$ . Случай 5. Частота собственных колебаний:  $\omega = 30,9 \text{ рад./с}$ ,  $t_o = 0,203 \text{ с}$ ,  $\epsilon = \alpha T_m = 0,0055 \Delta L = 1,98''$ . Балка провиснет вниз, а длина ее деформированной части (при нелинейной деформации):  $L_{tot.} = 361,98''$  с максимальным прогибом  $f = 18,9''$ . Горизонтальная реакция (распор:  $P = M / L \sqrt{2\epsilon}$  или  $P = 64,4 \text{ k}$ ) (см. рис. 7). Воздействию пожара подвергается только нижняя часть балки. Дополнительный изгибающий момент из-за перепада температур между верхней и нижней частями балки (часть, не подверженная воздействию пожара, имеет комнатную температуру) определяется как:  $M_o = EI\alpha(T_b - T_t)/h$ .

Дифференциальное уравнение для данного случая выглядит как:

$$EI(y'') + P_y = -M_o. \quad (3.8)$$

Решение уравнения (3.8) с граничными условиями  $y(0) = y(L) = 0$ :

$$y = \frac{EI\lambda(T_b - T_t)}{hk^2} \times \left[ \cos kx + \frac{\sin kx}{\sin kL} (1 - \cos kL) - 1 \right], \quad (3.9)$$

где  $k^2 = P/EI$ .

Рассчитываем прогиб  $y$  при  $x = L/2$ :  $y = 0,75''$ .

Добавочный момент:  $\Delta M = Py = 48,3 \text{ ft-k}$ . Динамический коэффициент (случай 5):  $K_d = 2,0$ , стало быть:  $H_d = 128,8 \text{ k}$  и  $\Delta M_d = 96,6 \text{ ft-k}$ . Полный момент и поперечная сила:  $M = 299,1 \text{ ft-k}$  и  $V = \sqrt{27^2 + 128,8^2} = 131,6 \text{ k}$ . Полный динамический коэффициент:  $K_{dm} = 1,48$  и  $K_{dv} = 4,87 > 2$ .

Теперь посчитаем время достижения предела огнестойкости. Примем его за  $t = 3,5 \text{ ч}$ . Ядро интегрального уравнения (3.2) выглядит так:  $K(\theta) = \exp(-b\theta)$ . Прочие типы ядер приведены в [19]. Рассчитываем коэффициент  $n$  на основании уравнения (3.7) для любого промежутка времени:

$$n = \frac{E}{H} = 1 + \int_0^t K(\theta) d\theta, \quad (3.10)$$

где  $H$  – модуль упругости в любое данное время  $t$ .

Считаем  $n$  следующим образом: если  $b = 0,333$ ,  $n = 2,07$ . Значит, предел текучести стальной арматуры окажется равен:  $F_y = 60/2,07 = 29 \text{ ksi}$ . Сравним результат с рис. 2.9 из [ACI 216.1-97]:  $n = 52\%$  или  $F_y = 31,2 \text{ ksi}$ . Затем, рассчитываем блок сжатого бетона:  $a = 5,08(29)/0,85(4)16 = 2,7$ , а номинальный изгибающий момент:  $M = [5,08(29)(28 - 2,7/2)] = 3925 \text{ k-in.} = 327 \text{ ft-k} > 299 \text{ ft-k}$ . О.К. Проверяем поперечную арматуру. Поперечная сила  $V = [27^2 + 128,8^2]^{0,5} = 131,6 \text{ k}$ . Поперечная сила, воспринимаемая бетоном и арматурой:  $V_c = 56,7 \text{ k}$ , и  $V_s = 74,9 \text{ k}$ . Рассчитаем шаг поперечной арматуры так:  $s = 0,62(29)28/74,9 = 6,72''$  (при использовании 14 стержней – Ø 5 связей с шагом  $s = 6,5''$  на обоих концах балки, а в середине – Ø 5 с шагом 13"). Изначально предполагавшихся Ø 5 с шагом 13" связей по всей протяженности балки оказывается недостаточно (балка расперта с обоих концов). Напоследок проверяем предел огнестойкости балки на случай, если пожар будет длиться намного больше, чем 3,5 часа, т.е.  $t \gg 3,5$  (цепная реакция, вызывающая прогрессивное обрушение, предотвращается). Для данного случая формула (3.10) имеет следующий вид:

$$n = 1 + \int_0^\infty \exp(-0,333\theta) d\theta = 4. \quad (3.11)$$

Следовательно,  $F_y = 60/4 = 15 \text{ ksi}$ , а сила цепной реакции  $T = 5,08(15) = 75 \text{ k} > 64,4 \text{ k}$ , т.е. все в порядке. (Для данного случая требование, касающееся предотвращения прогрессивного обрушения, соблюдено.)

#### Пример 3

Дано: Свободно опирающаяся железобетонная балка, закрепленная с обоих концов, с пролетом  $L = 20$  футов подвержена воздействию пожара с трех сторон, поэтому добавочный изгибающий момент прирастает исключительно из-за того, что концы закреплены. Сечение:  $w = 24''$ ;  $h = 48''$ . Основная арматура: 10 стержней Ø 9" (снизу). Сосредоточенная сила (рабочая нагрузка) расположена по середине пролета:  $P = 200 \text{ k}$ ;  $T_m = 600^\circ\text{C}$ . Случай 5. Частота собственных колебаний  $\omega = 44 \text{ рад./с}$  и  $t_o = 0,143 \text{ с}$ .  $L_{tot.} = 240,936''$  с максимальным прогибом  $f = 9,29''$ ,  $H = 566 \text{ k}$ . Добавочный момент:  $\Delta M = Hf = 438 \text{ ft-k}$ . Динамический коэффициент (случай 5):  $K_d = 1,9$ , следовательно:  $H_d = 1075 \text{ k}$  и  $\Delta M_d = 832,2 \text{ ft-k}$ . Исходный момент и поперечная сила:  $M = 1000 \text{ ft-k}$  и  $V = 100 \text{ k}$ . Полный момент и поперечная сила:  $M = 832,2 \text{ ft-k}$  и  $V = 1080 \text{ k}$ . Полный динамический коэффициент:  $K_{dm} = 1,83$ . Проверяем предел огнестойкости данной конструкции. Берем  $t = 3,5 \text{ ч}$ . Коэффициент  $n$  тот же самый, что и для случая 2:  $n = 2,07$  и  $F_y = 29 \text{ ksi}$ . Рассчитываем сжатие блока:  $a = 10(29)/0,85(4)24 = 3,55''$ . Номинальный момент:

$M = 1020 \text{ ft-k} \ll 1832 \text{ ft-k}$  – N.G. Берем  $t = 2,0 \text{ ч}$ . Вычисляем коэффициент  $n$  с помощью уравнения (14):  $n = 1,486$  и  $F_y = 40,38 \text{ ksi}$ . Номинальный изгибающий момент:  $M = 1397,3 < 1832,2$  – N.G. Предусматриваем добавочные 4 стержня Ø 9". Пересчитываем  $a$  и  $M$ :  $a = 6,93''$  и  $M = 1909,6 \text{ ft-k} > 1832,2 \text{ ft-k}$  – снова все верно. И наконец, проверяем предел огнестойкости балки в случае пожара продолжительностью более 2 часов. Коэффициент  $n$  и предел текучести  $F_y$  совпадают, поэтому максимальная сила цепной реакции  $T = 15(14) = 210 \text{ k} < 566 \text{ k}$  – N.G. Для данного случая требование, касающееся предотвращения прогрессивного обрушения, не соблюдено.

#### Пример 4

Дано: Свободно опертая стальная балка W24x55,  $F_y = 50 \text{ ksi}$ ,  $S = 114 \text{ in}^3$  (с несмещающимися опорами), закрепленная с обоих концов с пролетом  $L = 40$  футов, равномерно распределенная нагрузка  $w = 1,0 \text{ кип/фут}$ .  $T_m = 600^\circ\text{C}$ . Случай 2. Продолжительность пожара: 1 час. Частота собственных колебаний  $\omega = 16,2 \text{ рад./с}$ ,  $t_o = 0,388 \text{ с}$ ,  $\epsilon = \lambda T_m = 0,0039 \Delta L = 1,87''$ . Балка провиснет вниз, а протяженность деформированной части (что касается нелинейных деформаций)  $L_{tot.} = 481,87$  футов с максимальным прогибом  $f = 18,6$  футов. Горизонтальная реакция (воздействие цепных явлений):  $H = M / L \sqrt{2\epsilon}$  или  $H = 56,6 \text{ k}$ . Добавочный момент:  $\Delta M = Hf = 87,73 \text{ ft-k}$ . Динамический коэффициент (случай 2):  $K_d = 1,12$  (консервативно, см. табл. 6, скорый пожар), стало быть:  $H_d = 63,4 \text{ k}$  и  $\Delta M_d = 98,3 \text{ ft-k}$ . Момент и поперечная сила от  $w = 1,0 \text{ k/фут}$ :  $M = 200 \text{ ft-k}$  и  $V = 20 \text{ k}$ . Полный момент и поперечная сила:  $M = 298,3 \text{ ft-k}$  и  $V = \sqrt{20^2 + 63,4^2} = 66,5 \text{ k}$ . Полный динамический коэффициент:  $K_{dm} = 1,49$  и  $K_{dv} = 3,32 > 2$ .

Заключение: Деталь соединений не годится!

Согласно AISC Code, 50%-ное сокращение L.L. (полезная нагрузка) допускается при суммарных нагрузках. Предположим: D.L. = 0,5 k/фут и L.L. = 0,5 k/фут, следовательно, переводной коэффициент:  $r = 0,75$  и полный момент и поперечная сила:  $M = 223,7 \text{ ft-k}$  и  $V = \sqrt{20^2 (0,75)^2 + ((0,75)63,4)^2} = 50 \text{ k}$ .

Согласно табл. 5 при пожаре, длящемся 1 час, фактическая продолжительность реального пожара:  $t_e = 2,23 \text{ ч}$ .

Вычисляем коэффициент по формуле (3.10):

$$n = \frac{E}{H} = 1 + \int_0^{2,23} \exp(-0,333\tau) d\tau = 2,57$$

и приведенный  $F_y = 50/2,57 = 19,4 \text{ ksi}$ . Искомый момент сопротивления сечения равен:  $S_{req.} = 223,7(12)/19,4 = 138,4 \text{ in}^3$ . Берем W24x68 ( $S = 154 > 138,4$  – все правильно).

Смотрим, что у нас с цепной реакцией. По формуле (3.9):  $n = 4$ . Приведенная  $F_y = 50/4 = 12,5 \text{ ksi}$ , в то время как искомая площадь сечения составляет:  $A_{req.} = 47,55/12,5 = 3,8 < 20$ . Для данного случая

требование, касающееся предотвращения прогрессивного обрушения, соблюдено.

#### Пример 5

Дано: Свободно опирающаяся железобетонная балка W36x160,  $F_y = 50 \text{ ksi}$ , закрепленная с обоих концов с пролетом  $L = 20$  футов. Сосредоточенное усилие посередине пролета  $P = 200 \text{ k}$  ( $P_{D.L.} = 100 \text{ k}$  и  $P_{L.L.} = 50 \text{ k}$ , приведено согласно AISC Code).  $T_m = 600^\circ\text{C}$ . Случай 2. Длительность пожара: 1 час, частота собственных колебаний  $\omega = 44 \text{ рад./с}$  и  $t_o = 0,143 \text{ с}$ .  $L_{tot.} = 240,936$  футов с максимальным прогибом  $f = 9,29$  футов.  $H = 424,5 \text{ k}$ . Добавочный момент:  $\Delta M = Hf = 328,5 \text{ ft-k}$ . Динамический коэффициент (случай 2 – скорый пожар):  $K_d = 1,0$ , поэтому:  $H_d = 424,5 \text{ k}$  и  $\Delta M_d = 328,5 \text{ ft-k}$ . Исходный момент и поперечная сила:  $M = 1000 \text{ ft-k}$  и  $V = 100 \text{ k}$ . Полный приведенный момент и поперечная сила:  $M = 1,078,5 \text{ ft-k}$  и  $V = 431 \text{ k}$ . Так же как и в примере 4, смотрим в табл. 5 параметры пожара продолжительностью 1 час: фактическая продолжительность реального пожара  $t_e = 2,23 \text{ ч}$ , а из формулы (3.8) выводим  $n = 2,57$ . Приведенный  $F_y = 50/2,57 = 19,4 \text{ ksi}$ . Искомая площадь сечения составляет:  $S_{req.} = 1,078,5(12)/19,4 = 667,1 \text{ in}^3$ . Используем W36x194 ( $A = 57,0$ ;  $S = 664 = 667,0$ ).

### Упрощенные приблизительные аналитические решения, касающиеся пожарной нагрузки на несущие конструкции, пригодны для всех видов пожаров

По формуле (3.11):  $n = 4$ . Приведенный  $F_y = 50/4 = 12,5 \text{ ksi}$ , в то время как искомая площадь сечения составляет:  $A_{req.} = 424,5/12,5 = 33,96 < 57,1$ . Для данного случая требование, касающееся предотвращения прогрессивного обрушения, соблюдено.

#### Пример 6

Дано: Стальная ферма перекрытия (большепролетная):  $L = 40$  футов; высота  $h = 3$  фута; протяженность панели  $a = 5$  футов. Статическая нагрузка – 1,0 кип/фут (D.L. = 0,5 кип/фут и L.L. = 0,5 кип/фут);  $T_m = 600^\circ\text{C}$  (для всех элементов конструкции). Случай 2.

1.  $T_m = 600^\circ\text{C}$  (статическая нагрузка). Концевая панель (нижний пояс)  $N_t = -90,63 \text{ k}$ . Провес в среднем пролете:  $\Delta_t = 2''$ ;  $\omega = 14,0 \text{ рад./с}$   $= 2,23 \text{ Гц}$ .

2.  $P = 1 \text{ k}$ . (в области среднего пролета): провес  $\delta_{11} = 1,176''$ .

3. Динамический коэффициент (случай 2, табл. 6):  $K_d = 1,12$  (консервативно).

4. Внутреннее динамическое усилие (последняя панель):  $N_{td} = -(90,63)(1,12) (2)/1,176 = 172,6 \text{ k}$ . Для нестандартной конструкции без температурного воздействия:  $N_{td} = -12,0 \text{ k}$ .

5. Равнодействующая сила:  $N_{tot.} = -(90,63 + 172,6 + 12,0) = -275,3 \text{ k}$ .





**Заключение:**  
Последняя панель разрушена.

**Пример 7**

Дано: Стальной каркас:  $L = 20'$ ;  $H = 10'$ ;  $P = 200$  к.  $T_m = 600^\circ\text{C}$ . Случай 2. Балка: W36x160; колонна: W14x99.

Балка из примера 5 на этот раз опирается на пару колонн, поэтому она частично закреплена с обоих концов (по причине изгиба колонн). Элементарный компьютерный анализ дает следующие результаты:

- Начиная с усилия  $P = 200$  к. Момент в области среднего пролета  $M = 875,68^{\text{к}}$ ; провес в том же месте:  $\delta_{11} = 0,024'$ ;  $\omega = 36,6$  рад./с = 5,83 Гц.
- Динамический коэффициент (случай 2, табл. 6):  $K_d = 1,0$ .
- Начиная с температуры  $T = 600^\circ\text{C}$  (только балка):  $M = 540,6^{\text{к}}$  и провес  $\Delta_t = 0,014'$  (вниз).
- Динамический момент, начиная со смещения элемента ( $K_d = 1,9$ ):  $M_d = (1,0)656,8(0,014)/(0,024) = 383,1^{\text{к}}$ .
- Полный момент (при 50%-ном сокращении L.L.):  $M_{\text{tot}} = 656,8 + 540,6 + 383,1 = 1,306,8^{\text{к}}$ .
- Суммарный пожарный эффект (температура):  $K = 1306,8/875,68 = 1,5$ .

Подобные же расчеты производятся в отношении отрицательного изгибающего момента с наружной стороны колонны:

Начиная с усилия  $P = 200$  к.  $M^{\text{sup}} = 124,32^{\text{к}}$ .

Начиная с температурной нагрузки (то же самое):  $M = 540,6^{\text{к}}$ .

Динамический момент  $M_d = (1,0)124,32(0,014)/(0,024) = 72,52^{\text{к}}$ .

Полный момент  $M_{\text{tot}} = 124,32 + 540,6 + 72,52 = 737,44^{\text{к}}$ .

Динамический коэффициент  $K_d = 5,93$ .

**Заключение:** динамический момент – функция равнодействующей и кривой графика температура/время.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Шесть сценариев развития пожара (медленный, умеренный, скорый и очень скорый) служат для достоверного определения пожарной нагрузки на несущие конструкции. Таким образом выводятся параметры воздействия постоянной температуры (в устойчивой фазе пожара) в сочетании с влиянием сейсмических нагрузок, к примеру: воздействия температуры с небольшими (1%) синусоидальными изменениями (в устойчивой фазе пожара). Константа развития пожара ( $\alpha$ ) (NFPA 92B) для каждого варианта сравнивалась с соответствующими расчетными значениями ( $\alpha$ ), указанными в статье. Для каждого варианта установлена соразмерность расчетных и реальных показателей.

Для каждого варианта развития пожаров получено приблизительное решение: каждый график состоит из четырех частей, описывающих изменение температур во времени (раннее развитие, точка искрения, апогей и угасание). Кроме того, с

применением теории оптимального управления выведены безразмерные «неопределенные» параметры.

Для каждого варианта развития пожара (медленного, умеренного, скорого и очень скорого) определена точка искрения.

Поскольку максимальная температура (в каждом варианте развития пожара) является функцией «открывающей пропорции»  $K_v$ , кроме прочего прилагаются соответствующие формулы  $T_{\text{max}}(K_v)$ , а также графики и таблицы.

С помощью применения метода эквивалентного времени и метода оптимального управления графики функций температура/время были приспособлены (определена конечная точка временного промежутка) для дальнейшего анализа при проектировании несущих конструкций.

Пожарная нагрузка на несущие конструкции состоит из статического и динамического компонентов. Исследовано воздействие динамического компонента пожарной нагрузки на несущие конструкции. Вся система несущих конструкций (балки, траверсы, фермы, а также здания в целом) была заменена на систему «одна степень свободы», поэтому представлено значение частоты собственных колебаний  $\omega$ . Приводятся соответствующие формулы, графики и таблицы. Было установлено, что наибольшее динамическое воздействие (в вариантах – скорый и очень скорый) пожар оказывает на нежесткие конструкции (ASCE 7-05) – очень высокие здания, чья система горизонтальных и вертикальных несущих конструкций отличается значительной неоднородностью, а также широкопролетные легкие фермы перекрытий. Кроме того, подчеркивается, что динамический коэффициент может превышать 2 при расчете внутренних усилий (осевые усилия, нагрузки на срез и изгибающие моменты).

Наибольшее воздействие высокой температуры на жесткость конструктивных элементов исследовано с применением общей теории ползучести. Представлены формулы долговременной жесткости, а также требования по предотвращению прогрессирующего обрушения.

Даются примеры определения пожарной нагрузки на несущие конструкции с последующими расчетами вручную (пошаговый порядок).

**ВЫВОДЫ**

Упрощенные приблизительные аналитические решения, касающиеся пожарной нагрузки на несущие конструкции, пригодны для условий медленного, умеренного, скорого и очень скорого пожара.

Точка искрения определена для скорого и очень скорого пожаров.

При анализе системы несущих конструкций следует учитывать, что расчетная пожарная нагрузка на несущие конструкции обладает статическим и динамическим компонентами.

Все решения получены путем анализа безразмерных функций и параметров и, значит, могут быть применены к помещениям любых размеров, в которых может возникнуть пожар.

Динамическое воздействие на несущие конструкции является весьма важным фактором течения скорого и очень скорого пожара.

Динамический коэффициент температурного воздействия может превышать 2, если статическое состояние системы неопределенно, следовательно, это функция, где координатами являются относительная жесткость и кривая графика температура/время.

В статье рассматривается только система с одной степенью свободы, так как главной целью было проанализировать особенности пожарного воздействия на несущие конструкции (например, статический и динамический компоненты деформации под воздействием пожарной нагрузки).

«Общая теория ползучести» применена для исследования снижения жесткости стальных и железобетонных конструкций, а также системы в целом под воздействием высокой температуры. ■

**ЛИТЕРАТУРА**

1. NIST Special Publication 1018-5. Fire Dynamics Simulator (Version 5). Technical Reference Guide, 2008. Vol. 1: Mathematical Model.
2. ACI318-05. Detroit: American Concrete Institute, 2005.
3. FEMA Report on the World Trade Center. Appendix «A». N.Y., May 2002.
4. Dusenberry, D.O. Review of Existing Guidelines and Provisions Related to Progressive Collapse. Arlington: Progressive Collapse Workshop, 2004.
5. Razdolsky, L. Local Explosions in a High-Rise Building. Proceedings of the Structures Congress 2005 and the Forensic Engineering Symposium 2005. April 20–24. N.Y.: Metropolis and Beyond, 2005.
6. Razdolsky, L. Mathematical Modeling of Fire Dynamics. London: Proceedings of World Congress on Engineering and Computer Science 2009, WCE 2009.
7. Magnusson, S.E. Thelandersson, S. Temperature-Time Curves of Complete Process of Fire Development in Enclosed Spaces. Acts Polytechnica Scandinavia, 1970.
8. Society of Fire Protection Engineers. The SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design. December 1998.
9. Болтянский, В.Г. Оптимальное управление дискретными системами. М.: Наука, 1973.
10. Evans, L.C. An Introduction to Mathematical Optimal Control Theory. Version 0.2. Berkeley: Department of Mathematics University of California, 1983.
11. Lewis, B., Elbe, G. von. Combustion, Flames and Explosions of Gases. N.Y.: Academic Press, Inc., 1987.
12. NIST\_7563. Best Practice Guidelines for Structural Fire Resistance Design of Concrete and Steel Buildings. February 2009. Washington Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2009.
13. Rabotnov, Y.N. Some Problems of the Theory of Creep. Washington: National Advisory Committee for Aeronautics (NACA), 1953.
14. Magnusson, S., Thelandersson, S. Temperature-Time Curves of Complete Process of Fire. Development in Enclosed Spaces. Acts Polytechnica Scandinavia, 1970.
15. Society of Fire Protection Engineers. The SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design. December 1998.
16. ASCE-7-05. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE. N.Y., 2005.
17. Razdolsky, L. Extreme Thermal Load and Concrete Structures Design. CONSEC-07. Proceedings of Fifth International Conference on Concrete under Severe Conditions Environment and Loading. Tour (France), 2007.
18. Razdolsky, L. Fire Load in a Concrete Building Design, 2008. Proceedings of International Conference, Concrete: Construction's Sustainability Option. Dundee (Scotland), 2008.
19. Rabotnov, Y.N. Some Problems of the Theory of Creep. National Advisory Committee for Aeronautics (NACA). Washington, 1953.
20. Timoshenko, S., Gere, J.M. Theory of Elastic Stability. 2<sup>nd</sup> Ed. N.Y.: Mc Graw-Hill Inc., 1961.



**IN BRIEF**  
**(p. 6)**

**MOCO CENTER**

One of the more interesting shorter projects to go up in China is now under construction in Chongqing with the concrete frames of the three towers rapidly rising towards topping out. The MOCO Center is a triple tower project that Longhu Properties are working on as one of their star developments in a city they are very much involved with. Offering premium office space, hotels, and shopping facilities that will allow you to melt your credit card into a plastic lump, the scheme has towers of 38 and 25 floors with the tallest building set to top out at 60 storeys. Although the scheme still contains the pixilated facades the design originally promised, the shapes of the towers have been dumbed down to more regular rectangles that have vertically sheer sides rather than bends. Unfortunately now the structure has emerged, gone are the concave facades that angled outwards near the top of each building - perhaps a sign of economic reality meeting an eye-catching architecture feature. At the same time the short building that was planned next to the tallest tower has been increased substantially in height, given regular rectangular floor plates, and rearranged so it now stands perpendicular to its taller neighbour. With some of the pizzazz taken out of the scheme, much will now depend on the overall finish the towers have as the glass cladding almost fizzes with colour from red to blue as it rises. If the glazing works as well as promised they should still offer something a little different as well as million photo opportunities for passing tourists who wish to take advantage of the changing light on the nearly unique facades.

**Longhu Properties**

**TALLER THAN 400**

Groundbreaking began on a new supertall skyscraper to stand in the Chinese city of Wuhan. Imaginatively named the Wuhan Center, the scheme features a 428 metre tall, 87 storey commercial building with 256,000 square metres of floor space that's been designed by Chinese architecture firm, ECADI. To secure the scheme, ECADI won an international competition that was entered by a number of leading firms including finalists Skidmore, Owings and Merrill and CADREG. The Wuhan Center has been designed with a basic square footprint at its base with gentle curves. As the tower rises the floorplates gradually shrink causing it to gently taper in. Near the top of the building some 410 metres above ground level there will be a new public observation deck. The project is one of the first of the planned supertall skyscrapers to go up in what will be a new business district for the city, Wangjiadun. Wangjiadun has an eventual completion date of

2020 and once finished will have a further five supertall towers making it one of the densest collections of such buildings on Earth. This includes the outline approval of a 436 metre tall mixed use tower by the city authorities very recently. Detailed designs of the development are yet to be released.

**ECADI**

**BIOOCTANIC TOWERS**

The designers of Croatian architectural firm UPI 2M have designed a new tower to address just those problems. So successful has the design been from a theoretical point of view it has been placed on the short list for Future Projects at the World Architecture Festival which is to be held in Barcelona this November. Named Biooctanic, the 31 storey tower which will be located on already existing petrol stations around cities is square in shape, rising from the ground it tapers outwards as it rises giving it a small footprint at ground level while providing the space needed on upper floors. The facades of the towers are not fully glazed with a green tinted glass highlighting the towers eco-loveliness, but also feature an eco parasite tubular system for growth of algae, red in colour to contrast with the green glazing and seemingly growing randomly up the tower giving it an organic look. This literally organic look will be more prominent at night when the tower will be lit up, glowing like a beacon for eco-friendliness on the skyline.

The towers will be used as vertical farms to grow plants and algae to be used for bio-fuels and provide oxygen regeneration making city air that bit more nicer to breathe as well as freeing up valuable farmland which can be used for food production. Algae may be grown in water tubes that require minimal space maximising area usage throughout the tower whilst the water can also be re-circulated meaning minimal wastage. Food for the plants can also be produced from organic waste from around the cities which would reduce the amount of rubbish being deposited in overflowing landfill sites. The fuel produced by the towers would be distributed through pipe systems located beneath a platform at the base of the tower which would also serve as a green public space and bridge spanning over both sides of the road.

**UPI 2M**

**LIVING ON THE LAGOON**

Design World Partnership (dwp) has won a contract from Aabar Investments to provide the architecture, environmental and interior design services for a 41 storey luxury residential tower in Saraya Abu Dhabi. Saraya 1, as the tower will be called, will be situated near the Arabian coastline featuring private enclosed beach. dwp's UAE-based design team, led by Toufic Zaidan, have striven to reduce the effect on the operational energy

demands and emissions of the building as well as ensuring its occupants wellbeing and comfort. Located within the master-planned community development of Sorouh Real estate PJSC under the project SARAYA, the tower will respond to the local climate aiming to reach Gold LEED certification. According to Zaidan, "The smooth and slim undulating tower echoes the water it faces. Its curvilinear facade will vary in colours and shades according to the sun's location and intensity. This intensity of climate has also made us look at the energy efficiencies and sustainability of its design." The location was used as to coordinate the high performance, energy-efficient high-rise design, impacting on orientation and boundary and defining the building's shape. The overall façade utilises state-of-the-art glass curtain walls with thermal insulation and the use of green and low-VOC building materials. The design team incorporated further energy efficiencies through the use of enclosed balconies that can optionally open up.

Indoor air quality improvement with air filtration systems and natural ventilation. Another sustainable approach applied here is waste reduction and advanced recycling strategies. The sustainable use of water in such an arid environment is extremely important. The building collects and reuses rain water and façade condensation, it also has a grey water treatment facility for recycling and reuse.

**dwp Ltd.**

**TORONTO'S CHEESY TOWERS**

Approval has been given to a brand spanking new project for the city of Toronto. Coolly named the Ice Condos, the project consists of three skyscrapers and comes from the very efficient and not at all elaborate pens of Canadian architectural firm architectsAlliance.

The towers will stand at 65 storeys, 55 storeys and 40 storeys and are linked by a curving podium base which features a green roof intended to help with the alleviation of heat in the warmer months and to gather water all year round, this canopy style roof also partially covers a public courtyard. From here the towers rise skyward with the two taller towers sporting the same ovoid shape whilst the third, shorter tower is a simple box like structure. The two tallest towers despite being simple in form have two unique features to help them stand out from the crowd, approximately half way up each of the towers the floors appear to become slightly offset from the rest of the tower almost as if the two sections have been slightly mis-stacked. The peaks of the two towers are crowned by curving, holey canopies which give the impression some giant may have accidentally dropped a couple of larger than normal slices of Swiss cheese on top of them.

The third tower doesn't have any particular discerning features and almost seems like it's a quick add on to the project, the only thing tying it to the other tower being the fully glazed facades which all of the towers sport. The towers will be home to luxury condominiums varying from 1 to 3 bedrooms in size and have the usual features such as gym and spa to keep residents amused, if that's not enough though the podium base will house cafes, restaurants and other leisurely pursuits as well as having room for many shoe and handbags shops.

**architectsAlliance**

**ASCENT IN LAGOS**

Despite being one of the largest cities in Africa, Lagos is yet to have a single building over 100 metres in height with the current record holder being a mere 83 metres. All of this is changing however with the construction of the new InterContinental in the city. Developed by the Milan Group, the project features a 22 storey tower of 100 metres in height with 230 normal rooms each coming in at a whopping 42 square metres in size, the equivalent of some one bedroom apartments in London. There will also be superior rooms, 31 suites, with one sub-presidential and one presidential suite topping the tower.

As one would expect from a luxury hotel there will also be a health club with a pool, sauna, a new restaurant, complete with views that overlook a waterfall that's seven metres tall, two specialist restaurants, an outdoor garden café, and a bar.

Growth in and around Lagos has become ever more rapid since the country is being fueled by oil wealth, that is making it an improving venue for foreign investments. All of this has added up towards Lagos, a city with a current population of over eight million people, becoming a place where there is most definitely the demand for high-rise luxury hotels. With growth as fast as it is the only surprise is the plans are relatively modest.

**Milan Group**

**AMANDA LEVETE'S ZOOMORPHIC THAI TOWER**

Construction work is expected to begin early next year on a new tower project to be sited on what were formally the gardens of the British Embassy in Bangkok, Thailand. Located on the Ploen Chit Road, one of the cities main arteries, the project named Central Embassy will be 30 storeys at its highest point providing roughly 150,000 square metres of space. It comes from the drawing boards of British architectural firm Amanda Levete Architects. Despite being based on the very traditional eternity symbol the tower will be Bangkok's first landmark building to sport a thoroughly organic look. Rising from the ground the building coils snake like in a figure eight around the site and itself before rising skyward, culminating with the tower section of the project the façade

of which almost curves back into the rest of the structure. The texture and appearance of the facades which is intended to draw focus to the shape of the building vary throughout the project, looking very fluid in places and more textured in others - the patterning draws inspiration from traditional Thai architecture whilst being zoomorphically reinterpreted. This unique look is achieved by changing the gradients, orientation and spacing of the ceramic tiles used in place of the more usual glazed curtain wall.

The seven storey podium section of the project will be home to a shopping mall which will also feature a series of open and enclosed courtyards, the tower's shape also creates two vertical light wells within the podium which will allow natural light to flood in and reduce the need for energy consuming artificial lighting.

The tower section will house a 6 star luxury Ritz Carlton hotel which will no doubt have the usual amenities such as spa and gym but visitors will also be able to enjoy the roof gardens outside or if the weather is not up to much the terraces and vertical gardens inside the tower.

Construction is expected to be completed in 2013.

**Amanda Levete Architects**

**WORLD'S SECOND TALLEST BUILD STARTS**

At 640 m high, Digital Media City Landmark tower in Seoul, South Korea will be around 180 m shorter than the Burj Dubai, but it is projected to be the second tallest building in the world when it completes in April 2015. Having broken ground this week, the Samoo-designed tower costing €1.9 billion, will now rise 133 floors in height.

The Landmark is to be the visual 'light' for what could be the most technologically advanced district in the world, Digital Media Centre (DMC) which is becoming home to over 2000 companies. The Mayor of Seoul Oh Se-hoon regards the development as a place where the possibilities are 'limitless': "We believe that Digital Media City will generate the ideas via which the full potential of digital media's application to every aspect of business, personal and community life will be realized: a crucible of innovation".

Commanding pride of place of DMC Landmark Tower within the development will allow its residents a vista on which to peruse the activities below and the inevitable light spectrum created by digital displays at night. As well as residences, a department store, convention centre and hotel will be incorporated within the building.

DMC's technological spine is Digital Media Street, a 1.14 km street where interactive information booths, intelligent lighting and facades will guide you through the 'city'. There is no other development like Digital Media City, which integrates the latest technology with urban ecological reserves, in the world.

Oh Se-hoon added: "(Digital Media City) will provide the world with an entire community to use as a living laboratory of tomorrow's lifestyle. It will be set in an area of riverside parkland encompassing ecological gardens, lakes, hills and streams - providing heartening evidence that 21st century urban man can co-habit with nature, to the mutual benefit of both.

"It is an exciting development; a development with a vision of the harmonious co-existence of technology and ecology, culture and commerce, investment and innovation."

**Samoo Architects & Engineers**

**A FLOATING BOROUGH**

Kevin Schopfer, heading up Ahearn Schopfer architects practice, has developed this unconventional solution to ecological living, specified for use in New Orleans.

Together with Tangram 3DS, a firm specializing in visualization and computer animation, Schopfer has designed and presented New Orleans Arcology Habitat (NOAH) as a proposed urban Arcology (architecture and ecology), whose philosophic underpinnings rest in combining large scale sustainability with concentrated urban structures, in this case a floating city.

NOAH's structure is designed for concentrated use with around 20,000 housing units at an average of 1,100 sq ft, three hotels, 1,500 time-share units and 500,000 sq ft of retail space. Also incorporated are three casinos, 500,000 sq ft of commercial condominiums, parking for 8,000 cars, a school, 100,000 sq ft of cultural facilities and a 20,000 sq ft health facility, making the structure socially self-sufficient. All fitting together with public amenities and administrative offices into an estimated 30 million sq ft.

Asked about why NOAH took this form, the architect responded: "The Pyramid shape is the strongest, most able shape to guarantee structural stability when considering the size and height to width ratio of the entire structure". Transportation through the structure would be made possible by the implementation of staggered 'zone elevators' and a mini electric 'subway' system.

Chosen as the 'city that needs it most' the design of NOAH is not created to complement the fabric of New Orleans but as a 'sustainable icon' which would be forever anchored by its coastline.

**Ahearn Schopfer**

**NAUTILUS AT THE WATERFRONT**

**Project Areas:**  
**Office: 344,650 sq.m**  
**Retail: 17,820 sq.m**  
**Hotel No. of keys: 404**  
**Convention centre: 13,025 sq.m**  
**CLIENT:**  
**Barwa Real Estate Company**  
KEO International Consultants have released their monumental designs for BARWA's prestigious Financial District Project in Doha, Qatar. The

comprehensive designs for the mixed use complex will create a new business community within Doha and a new landmark for the city.

Raj Patel, Principal Designer at KEO describes the design as: "Two nautilus forms spiraling in opposing directions which create dynamic flow of mass and space. The opposing spiraling geometry builds up the movement of the towers to create the pinnacle at the southwest corner of the site creating a landmark tower visible from the West Bay Area as well as the main road arteries west of the site".

The project has an outer ring of 6 office towers ascending in a clockwise direction from 20 to 35 storeys in height. The 4 inner ring of towers, comprising of 3 office towers and a hotel tower, ascends in a counter-clockwise direction from 31 to 50 storeys in height. The placement of the 9 office towers and their opposing movement of heights help maintain maximum views as well as ensuring that all the buildings have access to natural light.

The office towers are connected by a two story enclosed atrium lined on either side with retail space on both the ground and first floor to create an intimate and lively boutique mall. The plaza at the main retail level will be open to air and lined with restaurants and cafes. The axis from the main street to the northeastern corner of the site culminates with the Prayer Hall providing geometric order to the development.

The towers clad in glass and terracotta emerges from a solid plinth of clad in travertine stone. The glass facades of the towers are protected from the sun's rays by a metal screen inspired by the traditional mashrabiya. The facades of the project juxtapose the natural materials of terracotta and stone with man made materials of glass and metal screens.

**KEO International Consultants**

**AWARDS**  
**Greens are**  
**Winning**

**(p. 18)**  
**INFORMATION PROVIDED BY**  
**CTBUH**

**The CTBUH named Linked Hybrid by Steven Holl Architects erected in Beijing the "Best Tall Building Overall - 2009". The Award was bestowed at the 8th Annual Awards Dinner and Ceremony held October 22nd at the Illinois Institute of Technology campus in Chicago, USA. As usual, the shortlist consisted of four designs, which appeared to be the best in Americas, Europe, Middle East & Africa and Asia & Australasia.**

The nominees were selected with regard to tight interlacing of architectural and engineering components of the designs, green features and safety points. In addition, the structure should be facilitating the quality of life not just of individual, but of borough/city as a whole, also contributing business activity and fitting well into the environment.

The best building, or to be more precise - complex, worldwide meeting these criteria appreciated by the Jury is by no means the tallest. The height of Linked Hybrid is just 68 m. Its eight towers create ovoid linked by sky bridges with swimming pools, fitness facilities, cafes, art gallery, auditorium and night club.

Inside the ring of taller buildings there are some lower structures with rooftop gardens and landscaped ponds in between. All establishments situated here - school, shops, multiplex - are connected by green spaces.

The complex is cooled and heated by geothermal system encompassing 660 wells. Grey water is being collected in the central pond, which transforms into skating rink in winter. The ensemble accessible from every quarter serves as a recreational area for city dwellers.

In opinion of the CTBUH Awards Committee Chairman, Gordon Gill of AdrianSmith+GordonGillArchitecture, the project is "rich in thought, both programmatically and architecturally, presenting an advanced typology for dense urban living."

The Manitoba Hydro headquarters in Winnipeg, Canada, designed by Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects / Smith Carter Architects and Engineers Incorporated became the best in both Americas. It is evident that sustainability was at the forefront of the design considerations for Manitoba Hydro Place. Energy consumption of this 115 m tall and 22 floor building is one of the lowest throughout North and South Americas. The project serves as a model of excellence internationally for how a project can be developed from the onset with sustainability in mind and utilize natural passive systems to create dramatic efficiencies in energy usage and human comfort. It is an excellent example of a truly integrated design process, and represents a very high standard of design that will serve as a great example for future energy-conscious projects.

The visually striking line of the solar chimney on the north façade adds drama to the design and makes this an instant landmark for the city of Winnipeg. The designers had a clear agenda that went beyond just the building itself, implementing many strategies that would work to enliven and reinvigorate downtown Winnipeg. Designed to be completely site specific, this building could not be transplanted to another city in the form we see here; making it the perfect response to the seeming



homogenization of the world's skylines. Manitoba Hydro Place points the way to finding an architecture that is intended for its site, and only for its site.

The 178 m in height Broadgate Tower (London, United Kingdom) by Skidmore, Owings & Merrill LLP holds the first place in Europe. This is a project that fully integrates use, context and sustainability. The dramatic and highly visible structural system employed on the Broadgate Tower is an innovative solution to the challenge of spanning the pre-existing railways that run under the site. Glass and aluminium façade is speckled by vertical, horizontal and diagonal ribbons of stainless steel emphasizing the structural features. An efficient solution structurally, the designers also took advantage of the spaces created under the dramatic diagonal columns to create an energetic public space where the pedestrian realm is rich in spatial experiences. Forming a pathway through the site, it makes a strong connection to the surrounding urban context. Further, the building overall finds itself fitting into the greater context of the city through exhibiting a certain level of restraint in the building's overall aesthetic and massing. The building also shows respect towards the historical context of the City of London, allowing this modern work to sit comfortably within a historic area. As always with the work of SOM, the attention to detail is impeccable, with space, envelope, structure and services combining into an effortless, seamless whole. The building most definitely holds its own amongst numerous architectural additions of note in the City in recent years.

The tallest of the regional winners is Tornado Tower, the most interesting building in the Middle East & Africa. This 200 m tower by CICO Consulting Architects & Engineers / SIAT Architekten + Ingenieure München GmbH has been built in Doha, Qatar.

Tornado Tower stood out amongst the limited number of nominees in the Middle East & Africa region, as a striking and well-resolved form. The use of the diagrid as an appropriate structural system for high rise buildings seems to be gathering pace around the world, and Tornado demonstrates its advantages perfectly - both in aesthetics and the structural and space-saving efficiencies.

Doha is rapidly establishing itself as a serious city for high-rise buildings and, perhaps having avoided some of the more extreme form-finding experiments typical of other cities in the Middle East, exudes a calm confidence about its future, especially in the midst of current global economic uncertainties. Tornado Tower seems to epitomize Doha in this quiet confidence, bringing to the city skyline a new, dramatic but well-resolved icon. ■

## STYLE

### The Sapphire of Istanbul's High-rise Crown (p. 30)

INFORMATION PROVIDED BY TABANLIOGLU ARCHITECTURE

**Istanbul is an amazing city. It extends 150 km along the sea and it is 50 km wide being located over two continents – Europe and Asia at the same time. The streets of Istanbul run down the hills toward the Marmara Sea, Bosphorus Strait, and Golden Horn harbour, which splits the European boroughs of the city. Istanbul is not just a part of two continents, but a cradle of some of the most storied civilizations: Greek, Roman Turkish... Contemporary Istanbul is evolving quite vigorously. Its annual growth include about 30 streets, down its west-east axis some new blocks are being built. The downtown is furnished by such gems as skyscrapers. And soon Maslak will be featuring the 270-metre Diamond, whilst the crown of Levent will be shining with the new Sapphire.**

The 261-metre Istanbul Sapphire owned by Biskon Construction company, which is a subsidiary of Kiler Group, is designed by Tabanlioglu Architecture. The tower is located in the fastest appreciating district of the city, the Maslak - Levent Corridor, which runs along Buyukdere Caddesi, which is Turkey's most important economic zone, not only the crossroads of the international expressways linking Europe and Asia but also the home to the headquarters of top Turkish and international banks, the Istanbul Stock Exchange and top multinational brands, as well as the glittering shopping malls where Istanbul's affluent enjoy sampling the offerings of the world's most elite brands. The Sapphire will be the tallest in Levent and second in Istanbul and all over Turkey. Moreover, it will be holding silver amongst the European residential high-rises, which is lower the only Moscow-based 264-metre tall Triumph Palace. As an elegant, transparent structure the tower is a graceful addition to the city's skyline. When viewed from outside, the building narrows almost imperceptibly as it goes up. Starting at the fourth floor, the building widens as it descends, the glass cladding of its exterior gently curving to embrace the horizontal expanse of the cafes, bars, restaurants, and shops located at the base of the structure. An original space designed to push the envelope of world shopping trends, the impression created is of a

single, lively, multi-level space.

The building consists of 64 floors: (54 on surface 10 underground), communal living floors, carpark, shopping malls, and 47 floors for residences. 6 of total 64 floors (1000 vehicle) is left as carparks and 4 of them are for usage of shopping mall visitors, 2 are exclusively for residence inhabitants.

Transport accessibility is ensured by strategic location close by LRT station, furthermore, the 6 level parking will eliminate all private vehicle issues. There will be specialized floors which have private gardens each 3 floors, and every 9 floors are separated from each other by an communal living area or mechanical floors. The unique golf practice range will be located at 163 m height, whilst the swimming pool will be 30 m above the ground.

The project will be 11,339 m<sup>2</sup> land and 157,800 m<sup>2</sup> construction area, including 35,000 m<sup>2</sup> shopping mall consisting of cafe, bar, restaurant, shops and a hypermarket. Excavation for the Istanbul Sapphire is 42.5 m deep, which is the first Turkish experience of such a scale. The basic construction works were completed in summer, 2009. Retail mall is set to open in February, 2010, whilst the apartments are expected to be sold out in the third quarter of next year.

In the course of erection the hoist, running off a central mast fixed to the side of the building, was used to transport men and materials to all stages of the tower working in conjunction with a tower crane that has also been fastened to the side of the building and which lifted materials as the structure rises story by story.

The combination of a single tower crane and a dual-cage hoist would meet the requirements for covering the relatively small footprint of the building, even though we were going up to 54 stories. The hoist has therefore been used to lift materials and men to all stages of the structure. It has a maximum lift speed of 40 m/min, and this, combined with the two independent cages. The installation made full use of the mast-sharing potential offered by the drive unit that occupies only one side of the square mast, leaving the opposite side free for another independent platform to operate.

Each of the two cages has a two-ton load capacity, and measures 1.5 m wide, 3.2 m in length, and 2.55 m high. The hoist not only proved to be suitable for bulk materials such as bags of cement and pallets of tiles, it was also able to handle lengths of ducting and piping.

Apropos, in this structure, rather than echo predominantly mirrored glass cladding of the buildings around it, the choice was made to use clear glass, creating a sense of transparency, connectivity and wholeness, in addition offering the inhabitants the most stunning sweeping views.

Istanbul Sapphire's exterior consists of two independent facades, meaning that the building's interior is fully shielded both from unfavorable weather conditions and from disruptive noise pollution. This transparent shell also creates a buffer

zone between the interior and exterior atmospheres, which has a positive impact on physical solutions. Thanks to its special ventilation system, the climatic conditions inside the building can be continuously maintained at specified levels, and double skin facade protection means that no matter what the weather is like outside, you'll be able to make the most of your apartment's balcony or garden. This system ensures that you enjoy the unrivalled pleasure of living in a smart building capable of cleaning its own air. The high tech double skin facade also has a positive impact on ecological balances within the building, including blocking the harmful rays of the sun, while still letting in natural light, protecting residents' health while still ensuring them the benefits of natural light. The double skin facade also provides maximum energy and heat savings thanks to its superior insulating properties.

There will be specialized floors which have private gardens each 3 floors, and every 9 floors are separated from each other by an communal living area or mechanical floors. Design of the gardens are proposed with few alternatives and the consistency of garden maintenance is under residence management company's responsibility. Sapphire Istanbul is the very first ecological building of Turkey whose two special glass shells can take the outside air naturally by holes located at every 3 floor. This provides that residence inhabitants will not be affected by negative weather conditions and noise. Absorption of the sunlight and ultraviolet gleams will be ensured by a special curtain system automatically controlled depending on seasons, day hour. In fact, such design approach is a global trend, that's why the Turkish tall practices are not an exclusion.

This high-rise living complex makes a point of preserving its human scale. Windows that open and natural ventilation mean residents don't have to change their habits. Environmentally friendly touches, like vertical gardens, provide green spaces on every floor, ensuring that even at the building's highest elevations, there is a welcoming and natural environment. Indoor gardens, located every nine floors, not only provide an aesthetically pleasing touch but also help to balance the sense of height.

Planned with four residential zones, each featuring residences of different sizes, the building is designed to feature common spaces and internal gardens linking the zones. These common spaces will be used as the site for a range of uncommon and exciting events.

22 living plans designed to fit every lifestyle. Living spaces ranging from 120 m<sup>2</sup> to 550 m<sup>2</sup> that give you the space you need to create the lifestyle you want. In the forth residential zone, elevators that open directly into your apartment. Separate guest and service entrances in every apartment. All bedrooms feature en suite baths.

The apartments are arranged the way, which combines spaciousness and natural lighting, pleasant views, and

also numerous other functional and aesthetic features.

Common areas include the whole range of amenities, such as spas, massage suites, bars, lounges etc., most of which are surveying Istanbul's greenest and most inviting woodlands.

Istanbul Sapphire understands and appreciates the special needs and expectations of its residents. It also has the capabilities and professionals it takes to ensure that those needs are fully met. It's reassuring to know that your home comes fully equipped with 5-star service. In fact, service is the clearest statement about your lifestyle. Service designed not only to meet but also to anticipate your needs, ensuring that convenience and quality are things you can take for granted.

To maintain one's standard of living, to consistently improve one's quality of life means being selective. And Istanbul Sapphire is keenly aware of the importance of living spaces as reflections of their inhabitants' lifestyles. In everything from fixtures to lighting and from cleaning to maintenance, Istanbul Sapphire takes an exclusive high-quality approach to meeting and exceeding all your expectations.

The objective was to create "natural environment" at the most prestigious address in the most exciting district of Istanbul, a city that has held the world's attention since history began. This project is a physical manifestation of the Biskon Construction vision and an innovative architectural statement that will add important value to Istanbul's economy. Istanbul Sapphire is elegant and distinguished, a leader in design and technology, a standard-setter in content and service.

#### ISTANBUL SAPPHIRE

- Height – 261 m (238 m superstructure + 23 m spire)
- Number of floors – 64 (54 overground, 10 underground)
- Location – Istanbul, Levent business district
- Sapphire Istanbul is the very first ecological building of Turkey
- Site area – 157,800 sq. m
- Retail – 35,000 sq. m
- Living plans – 22 options with area from 120 up to 550 sq. m
- Vertical gardens located at levels from 40 up to 200 m ■

## VIEWPOINT

### Channel One Russia VS Okhta Center. Belief or Talking Heads a la Carte? Judge for Yourself

(p. 36-43)

TEXT BY PHILIP NIKANDROV, DIRECTOR OF RMJM, THE CHIEF ARCHITECT OF THE PROJECT

#### In the 2009 Issue 2 of the Tall Buildings Magazine

### I’ve thoroughly portrayed the concept of the Okhta Center project emphasizing its unique and advanced features. There’s no doubt, we - the RMJM staff - are proud of the output produced by our numerous and multinational team of architects, designers, visualizers, everybody, who worked out the design meeting diverse aesthetical, layout, design and engineering challenges and solving problems. This is truly unique project both for Russia and worldwide.

Working hard for three years we’ve brought to perfection volumetric and layout solutions in close integration with structural design and unprecedentedly complex engineering systems of the future building. In collaboration with dozens of the best Russian, British and German design companies we are generating the future of Petersburg, the structure, which is set to become a perfect boast of townspeople for many decades. The concept of the tower was published by numerous periodicals and in 2008 became an entry of Antonio Terranova’s “New urban Giants: The Ultimate Skyscrapers”, which have been released in Russian too. The design was highly appreciated by international industrial expert community. Me and my associates participated in several international conferences on invitations of foreign professional associations. And whereas last year I reported on aesthetical and technical aspects of the design at the conference on high-rise construction in Moscow, this year the Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) is international not-for-profit organization celebrating its 40th anniversary this year) took an interest in political component of our project. This October at international anniversary conference in Chicago Tony Kettle, my colleague and co-author of the concept, presented his paper honoured with the highest appreciation of audience as exciting the most. His report “The Politics of High-rise” is rather symptomatic and urgent to the utmost for further developing (high-rise and else) of European cities, which preserved the historical urban core. UNESCO repeatedly uttered its concerns dealing with high-rise practices in London, threatened to eliminate Cologne from the list of “World Heritage” and recently Dresden was really washed out for constructing (that was not a skyscraper!) a bridge over Elbe.

However, notwithstanding planned tall component, the Okhta Center is located much farther from the historical urban core and its traditional vertical dominants (if compared with preceding erection of skyscrapers in such cities of Europe, included into

“World heritage” of UNESCO, as, Paris, London, Vienna, Barcelona, Madrid, Brussels, Milan, Lyon, Berlin, Amsterdam, Warsaw, Prague, Vilnius, Riga, Tallinn and, certainly, Moscow) information warfare against the project, provoked and supported by custodian communities and organizations, is unprecedented for global urban planning concerning the scale of their obstructionist activity. And this oppositionist broadside is being conducted using devices reminding the Goebbels' propaganda: media are multiplying the deceitful statements of our antagonists and reproduce bogeyman images faked-up by means of Photoshop by anonymous artisans. The signers of different kind of untruthful petitions and manifestos are extemporizing the theme of how the future tower “will deface”, “will be foul”, oh, no! it even “will merely destroy” the historical core of Saint Petersburg, knowing perfectly well that it is set to be built in the industrial outskirts of the city and at a respectful distance from the ensembles of central historical dominants. However, for four years the heads of fellow citizens and international community are being permanently stuffed with obvious frenzy expressed by hysterical but stark naked slogan: “Save Petersburg from that damned Gazprom Tower!”.

The Okhta Center initiative came across resistance immediately after in 2006 Gazprom had unveiled the plans of building of its headquarters in Saint Petersburg in Okhta area as public and business scheme with the tall dominant. Then this project was titled Gazprom City, but in a short while it was renamed into Okhta Center apparently assuming, that such a rebranding would help to relieve the pitch of fever. Fight against the project was being deployed first at local, then at federal and finally at international level. Pretty soon both parties launched information warfare using all available mechanisms of influence and tools to manipulate public conscience. All kinds of media - television, radio, press, Internet - were getting intensively involved into this face-off. There was a real-life hunting for “talking heads”: opinions of renowned bohemians, people of science, sport and politics both “pro” and “con” flooded pages and screens of the mediasphere. Except for few, almost all more or less celebrated figures of Saint Petersburg were drawn into the campaign either of supporters or enemies of this development featuring among signers of various proclamations addressed to the City Governor or the President of Russia. The chorus of opponents was soon joined by the UNESCO officials, and their dramatic discord with the city authorities dealing with revision of the boundaries of conservation zone, which had sprang up long before Gazprom's intentions, only aggravated this conflict.

Summing up the results of the infowar we have to face the present dissidence of the city into two irreconcilable

camp. The opposition even came down to attempts of organizing a referendum and thus to seal the fate of the project by popular vote. The Saint Petersburg's public mind has never been polarized so, being concerned with architectural and city planning issues, because these arts have been long way neglected by SPb residents (even a cognizant townsman seems to be unable to name even few outstanding contemporary architects, not just fellow-townsmen, but Russians at all). Therefore this polarization induced due to politicization of the problem by our opponents is of rather artificial nature, extrinsic to any aesthetic and culturalogical values, which bother an average individual very little. Opposition parties, small marginal political movements and various funds proceeding custodian activities took a chance of transforming the tower into a kind of reliable springboard, political lightning rod and clearly visible target for their attacks, actually directed against Russian managerial class, those city and state authorities, which actually respected by voters, in contrast to unpopular leftist or right-wing opposition parties unable to poll 7% of votes necessary to get represented in the State Duma. Criticism of the project is the core of election campaigns and political programs for Petersburg branch of “Yabloko” (Apple), communists, Just Russia..., And even Nationalist Bolsheviks are playing the same game. Around this single and indivisible ideological platform for all political exiles based on acrophobia in particular city, in the course of “battles” at the fronts of information warfare gradually emerged a crystallized layer of social support consisting from ill-informed (and therefore pondering) intelligentsia (first of all, bohemians), suffering from bad head for heights for such simple reason, that Okhta Center - this is obvious and indisputable - is the project of Russian political establishment, meanwhile Russian intelligentsia is a priori against the authority of any kind. And precisely therefore for well many public persons the Okhta Center became bullet-proof occasion to remind everybody of himself, to to gather a bit of political wealth or to bask proudly in his glory of cool warrior of some virtual guerrilla against “the regime of merged state and corporate capitalism” craving to be perpetuated in this architectural monument. Although, the criticism of architectural solution doesn't matter at all. In this war of “experts” and votes the concerned parties are permanently calculating the number of celebrities declaring in favour of the tower or not, how many supporters or enemies represents one or another sponsored polling (depending on the attitude of a client). Here the parties were acting just out of a sporting interest, people were divided into two “teams”, which is unusual for the city, where one and all are the Zenith's fans. There are five Moscow football clubs playing in the top division, and



therefore Muscovites are originally tolerant to the sport heterodoxy of fellow-townsmen, not to mention aesthetical dissent. Metropolitans are unable even to perceive the sorrows of some SPb dwellers related with lack of unanimity in terms of architecture and city planning dealing with the fact that not all compatriots share their views on the issues of town planning and architecture. Moscow as the capital of world eclectics is unscrupulous, polygamic and indiscriminate, able to digest any aesthetics and any style. Petersburg, as the city of three revolutions and the embodiment of monarchical city planning whims, is intolerant to opposite opinion chronic one-woman man and maximalist, it has been on "architectural diet" for a long time, it's yoga-like contemplative, decadent-like intoxicated by its slow fading and senile wrinkles, and it hates reparative surgery even more furiously than Brigitte Bardot does.

Both in sporting competitions and in cultural and art matters (the architecture is also dealing with them) unanimity and public consensus is absolutely unachievable. The concept of tower became the matter of new symbolism of the city, but in Russia there's never been and never will be general public consent on basic symbolism: neither on National Flag, nor on National Emblem, nor on National Anthem. In Russia all these were always introduced by an order, without any referenda or other democratic procedures. Right since the Baptism of Rus, questions of selection of religion, beard-dressing, transferring of capitals and renaming of cities were always nobody's but elite's business. Each feeble effort to solve the problems of symbolism by democratic voting turns into sequential split of society. How is it possible to fancy of unity and solidarity of townspeople concerning urban aesthetics, if the very renaming of Leningrad into Saint Petersburg was squeezed through with such a trifle advantage (54% "pro"), which discouraged the authority from venturing referenda or anything of that kind?

The ghost of the Okhta Center has stirred up the deepest fundamentals of local Petersburg mentality stratifying the society into those, who boldly see ahead, and those, who live in the past. The concept of the tower is the new symbol of Saint Petersburg of the period. Each epoch leaves the artefacts of its own incarnated in vertical icons within the city skyline. In the 18th Century this was the spire topped with a toy-like boat - the symbol of navigation and trade; in the 19th Century - the cupola of St. Isaac's Cathedral with the cross - the symbol of the Orthodox Empire; in the first half of the 20th century - the chimneys, industrial and power plant, as the attributes of industrialization; in the second half of the 20th century - the tele-tower as the symbol of media power. The tower should become an icon of the 21st Century symbolizing the Energy, and not just as basic

article of Russian export, but also as mainspring of advance and evolution of any kind.

It would be nevertheless rather naive to suppose that the public opinion just underwent a kind of dichotomy. The matter is slightly more sophisticated, and it is necessary to clear up the situation with such a dissonance.

Well, there is a camp of supporters, who consider that the project is really outstanding and it is worth realization, that it will hi-ping business operations, it will inspire essential energy into rather sluggish existence of the Northern Capital, it will become something like that "waking up kiss" for this "sleeping beauty" (if compared with "never sleeping" European megapolises or Moscow).

There is also a camp of enemies, but here's we have a perfect deadlock:

- some like the tower, but they would like to relocate it to some other city district, somewhat farther on, as they believe, from the historical core, or even into the suburbs;

- others assume that Okhta Center should be erected after all, but the tower must be a bit shorter;

- the third faction is convinced that established by the city laws height limitations (being revised almost each year, apropos) must be observed. So, one may dare to build 40 m, 48 m, 100 m high structure (underline the desired value). Moreover, everything depends on regulations of particular law or by-law, which is being addressed to;
- the fourth (this group has emerged quite recently and it consists, in essence, of the archaeologists, whose contract for diggings with Okhta Center is already completed) consider that nothing at all may be built at this site, and it is necessary to establish historical and archaeological conservation area with total reconstruction (consider: modern replica) of once existed, but long ago demolished Swedish earthy fortresses (I just wonder, which of three or all of them at the same site: thus far we haven't seen any drafts, but everything found here is, so to say, "nonrestorable").

Between these two hostile camps there lies enormous "buffer zone" of several layers: those, who have no idea of the matter; those, who don't care; and those, who haven't made up their minds yet. The information warfare at present stage is aimed at winning these particular strata. And the experts fairly assume that this segment is much greater than ideologists of both camps fancy. Height issues and further featuring of the city in that notorious UNESCO World Heritage lists are out of the lists of real vital problems for the majority of townspeople. And the numerical strength of this inert part of citizens is that would not secure appearance sufficient for the would-be referendum, which the opposition is trying to summon. Here is exactly that case, when laziness, ignorance and social apathy are close to the thing called "popular wisdom", in the sense that masses are rather difficult to be encouraged to protest against

the obviously farfetched threat to integrity of historical skyline of the city. These "masses" by their (once peasant, three generations ago) inward nature feel falsity and cheap exaltation in jabber of the opposition about "deflowering of the cultural space of Saint Petersburg". The persistency of the best minds of opposition to name the design ingeniously and disparagingly the most, having already exhausted the theme of popular botany and masculine anatomy, tens of caricatures and agitation posters..., prove only that the initiative has long ago overgrown the agenda of esthetic disputes about architecture and it is becoming an object of symbolism and ideology. I'd like to remind, that the discussion so far deals only with the concept of a tower, and not at all with its building! Not a real structure, but the very idea, some scenario perceived by opponents somehow "specifically" is being criticized without comparing with the author's vision.

Meanwhile, with silent connivance of local community, Petersburg is being systematically "developed" around its perimeter by hundreds of square kilometers of faceless and antihuman ferroconcrete jungle, and in the very historical core there are tens of existing buildings and those, which are being underway, unanimously acknowledged as "city planning errors". But even taking into account their monster-like appearance, irrelevance and incompatibility with the scale of the city core these buildings do not provoke any special public protest or anxiety of UNESCO, are not honoured with labels of public disgrace and biting epithets of architectural critics, and the authors of these buildings do not have fun of harassment and ostracism of associates. Moreover, the architect, who had hand to the crying rapid design of the Mont Blanc high-rise building right in front of Summer Garden, is one of the most active defamers of the Okhta Center. Another well-known architect and, that's remarkable, the former head of governmental architectural monument conservation committee still in 2006 declared in his interview that "if the tower of Gazprom is erected, the terrorists should be called to explode it". Most likely the concept of the tower appears to be as symbolic as the New York twin towers of WTC identified by Al-Qaeda as the symbol of the American imperialism. It seems that the concept Okhta Center performed as a single spire-like dominant in line with the Emprial Baroque principles of Petersburg's city planning was involuntarily perceived by many people as the symbol of Russian imperial renaissance, that's why it is opposed so furiously, to be shattered into 48-meter shards. Some opponents admit that the tower's architecture too clearly symbolizes in their view the vertical line of command, so hated by any opposition (until, it goes without saying, it is not built-in).

A skyscraper as an icon of a city (the emblem of Moscow Olympiad as

generalized image of Stalin Talls) or a country in whole (let's turn to the Eiffel Tower) as enormous "human anthill" embodied in thousands of tons of glass, metal and concrete is too strong city planning undertaking for those, who suffer from acrophobia, and this category of opponents don't miss any occasion to express themselves using strong language against the idea of tall building in Petersburg at all. The same category of marginal politicians, who fight and pettifog against this yet not constructed building at the point of observance of legislation and high-altitude regulations will always have odds at least, because skyscrapers in Petersburg were not at all featuring in the master plan, legislation changed during the last three years repeatedly, but according to the last law, accepted in 2009, the cyclorama from the colonnade of St. Isaac's Cathedral is to be protected in whole. I.e., in fact, any building taller than 30 m will be well visible within this panorama, and therefore it is a priori lawless.

For three years the all warfare was limited by trench operations with periodic skirmishes and occasional shellings during election campaigns. However, only recently, when the city authorities after all made long ago felt decision to satisfy the request of the developer about changing height limitation for this particular site, the shellings turned into concentrated and incessant attack involving more solid federal-level agents. Both speakers of parliament and several State Duma deputies declaimed against the project.

After two and a half years of silence and complete indifference to the project the Channel One Russia out of the blue arranged a perfect persecution of the Okhta Center. In the middle of October the program "Sunday Time" featured extremely tendentious (and, in all likelihood, sponsored) 10 minute reporting flashing the only enemies of the project, presenting to wide Russian audience cheap fake anonymous paste-ups and footages. A week later the same media advanced again, but this time by mouths of its tele-clowns of "ParisHiltonSearchlight". In November this attack was strengthened: in the Channel One Russia "Judge for Yourself" program featuring both supporters and enemies of the project there was no civilized discussion too. All possible means were enabled, up to deliberate dissociation of obviously prejudiced anchorman from the role of fair arbiter, in order to transform the dialogue into a slanging match and low farce. And here it's worth to reveal in more detail the methods employed by the federal media to promote such a custom-made counter propaganda. Following preliminary settled agreement with the editorial staff I arrived to the studio two hours before in order to hand over some professional computer clips and images of the tower, which would illustrate its actual appearance from the historical core. However, the editorial staff refused to take our authentic material asserting

that all pictures to be displayed were downloaded from the project's site. This was, of course, just a mere lie. My request to verify the presentation before filming was also rejected. After a "master of puppets" in the control room switched off my microphone, everything I uttered was no longer recorded. During all this 50-minute debate, dedicated to Okhta Center I, as the chief architect of the project, was speaking not longer than two and a half minutes, which is only 5% of airtime. It appears, that the line of reasoning of designers not at all interested neither that anchorman nor opponents. Another participant of the program from Saint Petersburg and passionate supporter of project, Vladimir Bortko, as a talented film director, has long ago constructed in his imagination the skyline of Petersburg with the new high-rise dominant and in the course of discussion, looking at the screen, immediately, without any prompts, he identified those anonymous "Photoshoppings" as fake and distorting the real picture.

The background periodically was flashing the sinister title on the screen: "THE TOWER AGAINST THE CITY". Extras in the studio at the command of "cheerleader" stormily applauded and, it's worth noting, only to enemies of the project. The screen time after time was overlapped with those clumsily faked images of urban panoramas with ill-fitted aggressive dark-blue tower. That images have nothing in common with our architecture, and I'd be the first to protest against such views and such a tower in Petersburg! That distorted 3D model, perverted silhouette, strange color, absence of air perspective, view as if through paparazzi lens... By the way, in our city the law protects panoramas, but not the views through binoculars, let alone telescope vision.

As it was repeatedly declared, the tower won't be visible at any "post card view", and the opponents are well aware of it. If it were not so, we would have enjoyed a perfect gallery of the chrestomathic views of SPb performed by the opponents, "befouled" (in their terms) by the tower at distant background. But there's no any tower at any "post card view"! That's why the number of twice demonstrated by Channel One Russia "horror views" was limited by three paste-ups: binocular view from Tuchkov Bridge, the view of the same kind from Lieutenant Schmidt Quay and the side view of Smolny from Proletarian Dictatorship Square. These "binocular" views are the points lying at a distance of 6,5 and 7,5 km from the tower; however, the Saint Petersburg Law N 820-7 defines the depth of visual perception of significant components of urban landscape as 6 kilometers. Also the law protects the classical panorama of Smolny along Shpalernaya Street (from where the tower won't be visible at all), but not the view represented then. None of those "horror views" of Petersburg, is of "post card" significance. But I am convinced that

they all would acquire such a value, if the tower is built, moreover in the scale we are planning, but not that, in which is depicted by the opposition in their anonymous fakes.

Four of fellow-townsmen and supporters of that anchorman were also somehow, but since the topic was not much familiar to them, their feedstock sounded rather absurdly and simply insulting being a mere slander or commonplace lie: lie about the tower "in the centre of historical city", lie that the tower will destroy Petersburg like the Taliban destroyed Buddha's statue...

For example, Mr. Bokov, the leader and marshal of architects' trade union, who replaced his senile predecessor, proclaimed from the housetops that did not know me and had never seen me before. Another "sweet little lie". Some years ago, when we collaborated with Mosprojekt-4 (Institute for Planning of Housing and Civil Engineering Construction in the City of Moscow) in development of master plan and architectural-planning solution of enormous complex in the center of Khodynka Field in Moscow. The client drew our company, RMJM, to search for possible solutions, and precisely then, in the composition of the National Museum of Aviation and Cosmonautics I sketched the 200-metre high-rise dominant, which resembles the silhouette of a rocket. Then Mr. Bokov didn't perceived this solution as "naive, aggressive, stupid and archaic", having in mind his present impartial judgements about the Okhta Center. He even, as I remember, quite sincerely praised our proposals. Moreover, his team quite successfully adapted some of our ideas to their concept, but without permission, in fact.

By the way, I'm positively touched by the recent appeal of the Architects' Union of Russia to President Medvedev accusing us of "technological obsolescence" - the absolute pearl of categorical lie applied to the project, which is actually works as the locomotive of innovation design and building technologies in the Russian Federation involving all leading scientific organizations of branch (NIISF, NIIOSP, TSNIISK, NIIZhB, VNIIG, TSNIIEP and many others).

It's necessary to note that the Architects' Union had started its "crusade" against the project still in summer of 2006 (i.e. long before the competitive proposals of six leading world architectural firms were presented). The campaign was conducted in the spirit of our totalitarian past, like: "I've never read Pasternak, but I condemn...". In 2006 after the competition had been announced the presidium of the St. Petersburg Architects' Union recommended to its members to boycott invitations to the Jury or partaking professional expertise. Moscow architectural swells in October 2006 also supported this position at the Fifth Plenum of the Architects' Union of Russia, even without seeing the drafts of the applicants, among whom there were two Stirling laureates and four Prizker

Prize (a kind of architectural Nobel never won by any Russian architect, moreover, Russians have never been even nominated) winners. And only in November 2006 those six drafts were unveiled.

So, that criticism of this part of the opposition from the very beginning was by no means addressed to architectural merits or demerits of the project itself. The professional honor of Russian architectural shop was at stake, since the richest domestic client, selecting the competitors had not invited any compatriots. That was a smart stroke at the cheek of entire Russian trade union of architects displaying distrust to professional fitness and competence of those, who (with rare exception) disfigured during recent decades the tissue of many cities and towns of our country so, that for average citizens the word "contemporary architecture" has long ago ceased to be associated with the words "harmony" or "music of stone". That negative attitude of conservative part of population to the Okhta Center is not so much connected with the height (you may recall the protests against quite low-rise modernist project of the new Mariinka). It is rather dictated by general disappointment dealing with features and quality of contemporary architecture in general, based on example those talentless and often simply ugly buildings, by which the Russian architects "clog" streets and squares of our cities. When I said that during the last 80 years no architectural masterpieces appeared in Petersburg, I kept in mind, first of all, the tall dominants. During the Soviet Era numerous remarkable buildings were built, some of which became real icons, but neither society nor UNESCO recognize them as masterpieces of world heritage, and tourists come to Petersburg not for these buildings. Neither touring buses nor limousines with newlyweds stop at Moscow Avenue in order to take pictures of the monuments of Soviet constructivism or Stalin architecture. Among these buildings there is no real high-rise dominant, adequate to the neighbourhood in scale. Here's implied the buildings, which height prevail, being higher than surrounding urban context not less than 2-3-fold. Compared with definite high-rise dominants of historical core, which are 4-6-fold higher, there are no such examples in modern history of the city's architecture besides the purely utilitarian structures: the smoking chimneys and cooling towers, port and construction cranes, tele- and radio masts etc., more than a hundred of them in toto (30 of these are taller than 100 metres). Neither in Rome, nor in Venice, nor in Washington you can see anything of that kind. Therefore it is not necessary to pretend that Saint Petersburg is at the cross-roads: to be a museum city like Venice, or grow upward as Dubai or Shanghai. Saint Petersburg is on the path of its own, it will be developed as other historical megapolises of Europe

(Paris, Vienna and Madrid), which have steady historical core not diluted by new structures.

Another argument, recently frequently utilized by the Channel One Russia and the opposition: how can you explain that distinguished architects. the members of the Jury (Foster, Kurokawa and Vinoli) publicly left the commission as a protest against the scheme, which defines the development as high-rise? (Two of five architects participated nevertheless). In this fight of authorities (stars against stars) one Prizker laureate - Sir Norman - against four laureates, participants in the competition (Nouvel, Koolhaas, Herzog, de Meuron), who consider possible to construct high-rise dominant in 5 km distance away from the historical core. With entire respect for obvious talents of those "protestants", being the judges they behaved rather unprofessionally and immorally, publishing their statement right the day of the final meeting, but not months before, when they had been invited being well-aware of the matter of the competition. They had pretty enough time to study the scheme, and if that would have appeared unacceptable, they could leave the Jury the civilized way. Or to turn to the client or, at the worst, to the professional association of architects with substantiated request to introduce corrections into the project statement. However, we've seen nothing of that kind. So, the reasons are quite obvious - they were invited to participate in this competition, and probably, they yielded to the political pressure of the Architects' Union of Russia, which called to boycott the competition (Kurokawa and Foster had large projects for Russia, and needs of city planning harmonization required them to pay respects to aboriginal architectural association). Let's note, that Norman Foster somewhere in time designed the 386-metre skyscraper 1 (one) kilometer away from St. Paul's Cathedral in London (the second largest cathedral in the world and the iconic feature of London's skyline), and Kisho Kurokawa constructed in Melbourne the skyscraper footed with a glass cone enveloping the historical 19th Century 50-metre tower. However, let us return to the Channel One Russia broadcast. The discussion on the project of Okhta Center evolving in presence of tens million of viewers was represented in the studio, putting it mildly, by rather poor-performing party of opposition. It's strange why the show producers did not take care to invite any SPb dwellers to support the opposition! Five Muscovites attacked three guests from North Venice and a guy from Dolgoprudny with a question "to build or not to build a high-rise landmark in Petersburg?" Is it possible to imagine that the Petersburg TV would suddenly venture to arrange a similar discussion, apropos, to build 600-metre Russia Tower in the Moscow City just 5 km away from Kremlin (monument from that UNESCO list) and 3 km from the Convent of the Maidens or not? Is it



possible to fancy that such a discussion in Petersburg would be proceeded by three Muscovites, including customer and drafter, and five SPb inhabitants would mouth off these “unreasonable” Muscovites, that this tower will spoil... no... simply it would literally destroy all the skyline of the capital, they would speak that it were low and immoral to build the skyscraper in the course of economic crisis, from which upper levels oligarchs would observe those passers-by from inside their panoramic WCs etc...? They would speak that, they do sympathize with the Moscow Mayor Luzhkov in his efforts to draw the big business in the Moscow City, but why the tower?.. and why should it be 600 metre high, because it would be visible from Zamoskvorech'ye being the background of the belfry of Ivan the Great?.. Indeed, Moscow is not only the city of Muscovites, and the residents of Saint Petersburg are also concerned with its destiny... “Moscow, so much is encompassed in this word for the Russian heart ...” - an anchorman would be reciting enthusiastically... Yes, it is very difficult to imagine such a spectacle... In this direction, from Moscow to Petersburg, that won't work.... But for some reason it wonderfully works the way back: the ancient capital, as before, being eager to command all and sundry in Russia, would never tolerate any rivalry, furthermore in the sphere of high-rise building, let alone the resettlement of the Gazprom headquarters. While in the Moscow City the projects of the highest skyscrapers in Europe have been put on hold, the threat of losing Gazprom with its multibillion taxes has become clear like never before. That's why it is the best thing to convince the country that it is not the budget issue and the interests of building industry of the capital, but the threat for integrity of architectural appearance of Saint Petersburg, about which, actually, Moscow doesn't care since the times, when the capital of Russia was last time relocated! And now everybody have realized it out of a sudden, At the moment, when the plans of modernization and reconstruction began to disturb the patriarchal status of city with a slight “provincial touch” with so dear to the heart of well-off Muscovites, who visit on holidays their Petersburg apartments far and away from the metropolitan fuss and throngs, and former SPb residents, who intruded several years ago into the big Moscow politics and business. Whoever stands behind the curtain of this “custom-made” campaign of the Channel One Russia against the scheme, they'd better understand, that the client, the authors and other people involved into the project, and also the city authority supporting it are also well-educated people, who love Saint Petersburg and sincerely wish to promote further development of the city following the European way, and they by no means desire to transform it into Shanghai. And the solutions dealing with re-registration of Gazprom Neft in Saint

Petersburg, construction of the Okhta Center as the new headquarters of Gazprom were approved in the name of common good. The government of Petersburg and authorized committees examined and approved the appropriate directives and city laws in order to carry out this project. Suppose, the SPb dwellers should henceforth decide themselves, what and where to build in the city. These decisions may not and and shouldn't be made in Paris by UNESCO officials, by architectural critics in Moscow or by anchormen of the federal TV channel. The city planning concept of the Okhta Center offers decentralized development of downtowns, creation of separate business blocks with single tall landmarks. These dominants must be of some special performance. These should be the genuine masterpieces of contemporary architecture, which undergo the most exacting selection through international competitive procedures. The silhouettes of these high-rise structures must be well-fitted into the skyline and panoramas of the city. This way, as it seems to me, is quite natural for Petersburg, which city planning tradition is based on juxtaposition of separate spires and domes to horizontal background urban tissue. And in line with this vision Petersburg may and should be developed to keep the architectural integrity of its historical panoramas. If, of course, Moscow allows this ... One should understand that after completion of this project the city will enjoy arrival of dozens of developers with their own concepts of high-rise structures. No doubt, they would try to “conquer” the skyline of Petersburg, attempting “to line up” as close as it is possible to the boundaries of conservation zone in order to sell the stunning views of the historical core's ensemble. Many of these may turn to be the structures of dubious architectural performance - similar to those offensive buildings, expanding like metastases around the Leningrad Hotel as the instances of implantation of “dormitory architecture” into the tissue of historical core. This is the most crucial concern of townspeople and world community (including UNESCO), and the Okhta Center symbolizes in their view a hazardous precedent, that is quite understandable. I completely share these suspense, but I'm convinced that “struggling against the precedent” will not solve the above mentioned problem: if these present influential opponents of the Okhta Center in the capital, who ordered that frantic counter-agitation by means of the Channel One Russia, wrecked realization of the tall component of the Okhta Center, after a lapse of several years some other developers with another projects of skyscrapers would appear in the city. Because it is unwise to confront the economic prerequisites for high-altitude building, and these prerequisites in Saint Petersburg are apparently brewing. With lack of constructible surface the real estate rates have grown close up to European. Saint Petersburg is not

Venice - the dead museum-like city with 60-thousand population. This is one of the largest megapolises of Europe, industrial, financial, cultural and tourist centre of the Northwest Russia. Petersburg is simply doomed by history itself to go along the way of much more ancient European megapolises: Paris, London, Madrid, Vienna, Barcelona, Milan etc., where the historical cores coexist with dynamically developing new tall business districts. In contrast to the majority of high-rise structures located in these European cities, the Okhta Center is rather nonprofit scheme, since it is set to be built not for sale: Gazprom builds this unique iconic complex for the brand new Saint Petersburg, fitting business function into the sculptural composition of the tower looking like obelisk or spire. The client is not inclined to save on performance of his own headquarters, and thus the Gazprom is the most outstanding client for Petersburg, which for the first time after the Romanovs' Epoch, intends to erect a genuine architectural masterpiece within the city skyline. Task is ambitious and rather irrational at the first sight. But the goals of this particular kind were being set and solved in Petersburg during two initial centuries of its existence. And the fruits are the things, which we call now the “World Heritage”. Realization of the Okhta Center as the pilot project of high-rise building in Petersburg, is sure to raise the architectural performance standards for new urban landmarks up to the most giddy height, preventing any subsequent attempts of developers “to push” second-grade architecture and low-performance construction. The city has monitoring mechanisms to control the process of departure from legal height parameters, granting “right to be tall” only to the most unique projects, which would constitute Petersburg's contribution to the world heritage in the 21st Century. Those representatives of cultural and political elite of Russian society, who have joined the irreconcilable opposition against the Okhta Center project, being well-intentioned, but not mercantile or politically engaged, should better look at this initiative by the eyes of the generations to come: what memory of contemporary culture are we going to leave in Petersburg of ourselves, if we do regard architectural ambitions as criminal and judge the contemporary architecture unworthy to co-exist in one cityscape together with the monuments of the past? ■

## PROJECT MahaNakhon, The Metropolis (p. 44) INFORMATION PROVIDED BY OMA

**The Thai capital is always called Bangkok in Europe, whilst Thailanders often name it Krung Thep Mahanakhon – the city of**

**angels, the metropolis. MahaNakhon is the name of the project developed by renowned German architect Ole Scheeren, Partner of Office for Metropolitan Architecture (OMA). 77 floors of this skyscraper will be elevated in Bangkok.**

The architecture of this city is rather intricate. There's an intricate interlacing of ultramodern tall buildings of glass and concrete, splendid palaces and temples glittering with myriad of little mirrors and shabby bamboo huts; European gloss and Asian crowding of narrow and tight side streets... Bangkok competes with New York in number of skyscrapers. It's rather difficult to invent anything really original for this city. Initially, the volume of MahaNakhon is a kind of traditional modernistic prism, whereas its distinctive sculptural appearance is carefully carved to introduce a three-dimensional ribbon of architectural ‘pixels’ that circle the tower's full height. The dissolving of elements vertically through the building reintegrate the disengagement between skyline and streetscape. Slim and glaring MahaNakhon outline, terraces and projections somehow look like computer graphics as well as remind the chaotic arrangement of ancient maps. Its as if excavated portions of the elegant glass curtain wall reveal the inner life of the building. This creates an indelibly arresting profile for MahaNakhon, which rearranges the conventional notion of skyscraper. This “ribbon of pixels” encompasses projecting glass skyboxes with sweeping views and generous indoor/outdoor spaces with plunge pools and oversized terraces – uncommon to high-rise living in global capitals but well-suited to the tropical climate of Bangkok. The ‘pixels’ have been designed to maximize unobstructed panoramas for the residences, offering rare bird's eye views of the city and the Chaophraya River. At the same time, residences located in the non-pixilated area of the tower enjoy a parallel innovation never before seen in a skyscraper: single-level and duplex units offer grandly scaled double height living spaces equipped with multiple bays of full-height operable bi-fold balcony windows – sections of curtain wall that literally fold inwards to open up homes to fresh breezes and cityscapes, allowing living areas to become indoor/outdoor environments. MahaNakhon - a visionary new complex located on a 3.6 acre site in the heart of Bangkok's Central Business District between Silom and Sathorn Roads. MahaNakhon will be the most ambitious complex of contemporary architecture and urbanism in Thailand and the tallest building in Bangkok. It is not just the tower itself. The development, more than 150,000 square meters, will be

comprised of: MahaNakhon Square, a dramatic outdoor landscaped public plaza; MahaNakhon Terraces, a 10,000 square meter upscale retail centre with lush gardens and terraces spread over multiple levels for restaurants, cafes, and a 24 hour marketplace; The Ritz-Carlton Residences, Bangkok with 200 extraordinary apartments, each offering the atmosphere of a skybox penthouse, managed by the The Ritz-Carlton with five-star amenities for all residents; The Bangkok Edition, a signature boutique hotel with 150 hotel rooms, a collaboration between Marriott International and renowned hotelier Ian Schrager; and a multi-level roof-top Sky Bar and restaurant with dramatic double-height spaces, private dining facilities for entertaining, and a rooftop outdoor bar with sweeping 360° views of the skyline and river, floating 310 meters above the city. Bangkok's high water table makes underground parking impractical. This urges a standard model of a plinth of parking beneath an extruded tower, disengaging the building from the street, killing the area around it. Parking is placed at the rear of the site and crumbling the building into a series of terraces linking with the adjacent Skytrain (mass transit) station to create a public realm of cafes and restaurants.

The design of MahaNakhon dismantles the typical tower and podium typology, creating not a tower in isolation but instead a skyscraper that melds with the city in both literal and cultural ways by gradually ‘dissolving’ the architecture as it flows downward to meet the ground and upward into the sky. This is achieved through a series of generous cascading indoor/outdoor terraces at The Hill – the area of tower's base housing the luxury retail and entertainment centre – where the architecture is articulated to evoke the shifting protrusions of a mountain landscape. The Hill Terraces fit keenly into lush cultivated gardens that give way to the city's own green swaths.

MahaNakhon also features an adjacent freestanding 7-storey building known as the Cube, with multi-level indoor/outdoor terraces corresponding to those of the Hill Terraces across the expanse of an outdoor atrium. The outdoor atrium forms a natural valley, offering a network of social spaces with an extensive and carefully selected mix of dining and leisure facilities that serve the general public via a direct above-ground pedestrian link to the main CBD Skytrain station and plaza-level access, The Ritz-Carlton Residences in the main tower of MahaNakhon, as well as guests of The Bangkok Edition Hotel. MahaNakhon Square, located in front of the tower, is also intimately connected to the space between The Hill and Cube. This dynamic public plaza – intended as a meeting place, a spot for planned and spontaneous cultural events - will be a landscaped retreat for the city's inhabitants, a gathering place, a rare venue for

cultural and social interactivity, with direct connection to the Chongnonsi Skytrain station and future rapid bus transit system: in sum, an urban oasis that provides refuge from the intense daily clamour of greater Bangkok while offering constant easy access for reconnection to it. ■

## PERSPECTIVES Shenzhen Energy Mansion (p. 50) INFORMATION PROVIDED BY BIG

**Conclusion.  
Beginning in the Issue 4-5**

**The proposed development consists of two towers of approximately 200m and 100m height linked together at the podium level. The towers are of a relatively rectangular form, with a play on the external surface through a micro-folded facade which “warps” to create the dynamic architectural building form.**

**STRUCTURAL SYSTEM**  
An efficient and uncomplicated structural system is proposed for the towers. The structural system for the towers has been proposed to include a reinforced concrete central core and a perimeter beam-column frame, forming a “tube-in-tube” system. The major advantages of this structural system are: safety, efficiency and robustness of structural form integrating with the architectural expression and planned floor layout and usage. Appropriate serviceability performance for various architectural spaces and functions. Floor system shall be of reinforced concrete. Reinforced concrete construction is cost effective compared to structural steel floor plate, both with respect to the floor plate cost itself, and with regards to foundations bearing in mind the heights of the towers in this instance. Bored piles are recommended for the tower foundations, after consideration of the heights of the towers and loading. Hand-dug caissons can be an alternative solution for consideration. Gravity and lateral stability system comprised of the internal service core system, and the external beam column frame. Cost effective use of material – reinforced concrete is the main structural material. Grade C60 concrete is proposed for structural efficiency. The relatively large column spacings at 11.7 m require substantial column sizes to match. SRC (steel reinforced concrete) columns may be adopted in place of reinforced concrete columns to reduce the column size. Maximizing usable area with minimum disruption from

structural system (e. g. perimeter columns are carefully integrated into the architectural design without compromising floor space and layout). The proposed structural system integrates well with the architectural design, and provides value and efficiency in terms of architectural integration, structural design and construction.

**TOWER FLOOR SYSTEM**  
The typical floor system utilizes reinforced concrete beams spanning radially between the core and the external frame. Beams are maximum 750 mm deep for the longer span of 13 m. The general floor beams shall be maintained at 700 mm deep. A perimeter ring beam system (900 mm deep) linking the external column provides robustness and forms the external-column beam frame in contribution to lateral stability of the tower. The floor framing layout and element sizes take into consideration architectural and building services integration to achieve the desired high floor-to-ceiling zones befitting the high standard office conditions.

**WARPING AND CURVATURE OF THE BUILDING FACE**  
Swathes of the tower faces are curved or warped as part of the architectural form. The structure is arranged to cleverly cater for these curved and warped areas by treatment of the perimeter columns at the concerned areas through one of the following methods: Column follows the curvature to suit the architectural form. Columns are located either side of the “warp” and therefore unaffected by the induced curvature. These arrangements have been carefully considered in order to deliver the dynamic architectural tower forms, without disruption to the floor layout and usage arrangements, and at the same time not adding complexity to the structural system. Preliminary modeling and analysis of the taller of the two buildings is carried out. Basic results are summarized below. The results demonstrate the proposed structural system is adequate and is effective.

The east and the west façade shall have a shape adapted to blind out most of the direct radiation on transparent parts. On the other hand opaque areas shall be used for solar energy purposes and thus oriented to maximize solar irradiation on the surface. The proposed façade has the transparent areas directed to the north – northwest or northeast and therefore blinds out most of the direct solar radiation. With regard to total reflection of the glazing an orientation in north direction with ± 10 – 20° will blind out the direct solar radiation entering the building most of the time, with exception of some weeks around midsummer, however, in the very early morning and in the late afternoon (see as an example for the west façade Figure 8 and Figure 9). The overall irradiation on the opaque areas of the west façade is reduced

by the self shading of the building geometry and of course the high sun angles. However, a total irradiation of around 700 kWh (m²a) available for solar thermal use. The use of high efficient collectors with high transmission glazing will ensure that no undesired reflection of direct solar radiation towards the transparent parts of the façade will occur.

**CLIMATIC CONTEXT**  
Shenzhen is located on the border of the tropical belt of our planet. In the Koppen-Geiger climate classification model the area is described as a humid, sub-tropical climate. The temperatures are warm, but especially the humidity is high in the area most months. Due to the proximity to equator the solar angles are high, up to 90°, and the solar movement during a day is close to direct east to west all year round. To achieve a comfortable working environment in these conditions an office building in these conditions would especially need two things: Shading from direct exposure to sunlight, and dehumidification of interior air. A sustainable approach to environmental control starts with attention to existing conditions. When approaching a site with potential sustainable design alternatives, a thorough understanding and sensitivity toward ecosystems and natural processes is needed. Specific site conditions are analyzed to determine which possible sustainable solutions are most pragmatic and cost effective. Thus not only challenges to comfortable climate conditions can be identified but also the most direct, non-invasive ways to meet them. The most challenging climatic problems are often solved by adapted means, using other complimentary aspects of the climate for instance the use of solar energy for the summer climatization. An analysis of the local weather conditions shows:

- a fairly high solar radiation over the year with a total of 1509 kWh/(m²a) on horizontal plane
- a high fraction (about 64%) of solar diffuse radiation
- sun angles of more than 90° at midsummer conditions with sunrise /sunset in summer in direction northeast / northwest.
- a fairly high ambient temperature with summer peaks up to 35°C and only moderate day/night swing of 7 – 10 K. The annual mean temperature is 23°C, around 4000 h per year the temperature is 25°C or higher, temperatures in winter hardly fall below 15°C.
- a high absolute and relative humidity throughout the year. More than 5500 hours per year the absolute humidity is 11.5 g/kg or more.
- moderate wind speed with prevailing wind directions east and northeast.

From the weather analysis the following conclusions may be drawn:

- high building mass is recommendable in order to cut temperature peaks in the summer months.



• intelligent shading concepts for the buildings are required due to the high radiation values. The shading device geometry shall aim on blinding out (direct) solar radiation while diffuse light is redirected to the interior without generating glare effects.

•solar radiation shall be used for energy generation (solar thermal energy).

• high solar irradiation incident angles have to be taken into account in the design of shading devices and solar plants.

• air handling will be necessary most of the time with a focus on dehumidification of the air due to high humidity of the ambient air.

• outdoor spaces in the surrounding of the building for nearly whole year use can be created by providing shading and by preventing from downdrafts from the high rise building (e.g. by overhangs on ground floor level).

#### SUSTAINABLE DESIGN

The term 'sustainable design' has many interpretations. The Bruntland Report, which illustrated the widespread concern for the state of environment and popularized the phrase 'sustainable development', defined it as a way to 'meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. 'For building design to embody this ethic of sustainable development, it ought not only to enable reduced resource consumption but also foster environmental awareness on the part of building occupants and society at large. With demand for natural resources steadily increasing, the need for sustainable design has never been more urgent. The new Energy Mansion is an exceptional opportunity to contend with our collective social and environmental consciousness within a dense urban context. Being a new lighthouse from an urban planning and architectural point of view it will be a best practice example for a sustainable development not only for the employees working on site but also for the citizens and it will have a vibrancy beyond the city limits. The comprehensive energy concept developed for the building shall provide most comfortable conditions for the building users but at the same time it aims on a reduction of the overall energy demand of at least 60% compared to a today standard building.

#### ENERGY EFFICIENCY

The aim of the energy concept is to achieve optimal environmental comfort conditions with a minimized primary energy demand. This is structured in three steps: meeting as much of the demand as possible with passive means, meeting remaining demands with high-performance building-integrated systems and sourcing those systems as much as possible with renewable sources. Consequently the energy concept for the Shenzhen Energy Mansion Building is focusing on the following main elements:

• an optimized facade design with a high insulation and sealing standard as well as an optimized geometry with

respect to shading and daylight needs.

• high-performance, building integrated systems with slab-embedded radiant cooling and a 100% outdoor air displacement ventilation

• the use of natural resources by a solar thermal desiccant cooling system for air handling.

#### SOLAR THERMAL ASSISTED AIR HANDLING SYSTEM

Following the weather data analysis the most important challenge with regard to air handling is the fairly high humidity of the outdoor air. On the other hand the high amount of solar radiation on the site imposes the use of solar energy for the climatisation of the building. A liquid desiccant cooling system is based on an absorption process which desiccates the fresh outdoor air by passing a concentrated salt dilution (LiCl).

The most important elements of the system are the absorber unit, the storage unit and the regeneration unit. The thermal energy used in the regeneration unit is produced by high efficient solar thermal collectors (flat plate or evacuated tube collectors) mounted on the facades of the building.

Outside air passes the absorber unit where the absolute humidity of the air is reduced to the desired value. Downstream a high efficient ventilation/chiller unit is used to provide the sensible cooling of the air. In this way the necessary capacity of the ventilation / chiller unit can be reduced by at least 60 % as only sensible cooling has to be provided. Both, dehumidification (absorber) unit and ventilation unit can be centralized or even decentralized depending on the needs of the different building zones. The liquid desiccant process comprises a nearly loss-free energy storage which allows for a certain time shift between air conditioning and regeneration. Thus solar energy can be used in the most appropriate time periods.

The comprehensive energy concept for the Shenzhen Energy Mansion is combining the optimization of the façade design, the application of high efficient building integrated systems and the utilization of solar thermal energy for the building climatization. As a result comfortable indoor conditions will be created, but at the same time energy savings as well as operation cost savings of up to 60% compared to a standard building of the same size can be obtained. The building therefore perfectly meets the requirements of a future oriented, sustainable building. ■

#### ASPECTS Between Heaven and Earth (p. 64) INFORMATION PROVIDED BY NIKKEN SEKKEI

#### Chinese cities keep on skyrocketing despite the global crunch. A new sky-

#### scraper office building Ningbo Global Shipping Plaza designed for Ningbo Port Group will be built in the new eastern urban area, Eastern Xincheng District, Ningbo, China. The 256-metre tower of 52 floors designed by Nikken Sekkei will accommodate Ningbo International Shipping Service Center to serve as basic platform for global overseas transport, logistics and port manage- ment operators, and also for trading companies. Estimated project costs make up 1.5 billion yuans.

The concept is to build a gate serving as a new landmark of Ningbo, a prosperous seaport. The office building is designed to look like a «gate» open to the north and south, in accordance with the north-south axis of the new city. The atrium of the building will be open to the public, thereby enhancing the public nature of the high-rise office building. Retail space and a public garden occupy first five floors. The sixth floor is assigned for International Shipping Service Center, whilst floors from 7th up to 50th will house offices surrounded by access balconies. 51th and 52th floors will be featuring international shipping club.

The Ningbo Global Shipping Plaza adopts a twin-core system using superframes as its structural system, instead of the most common center-core system in China. This 250 meter high-rise building is designed as a steel framed, concrete shear wall mega-structure. The lateral system consists of two concrete, partially composite, cores on either side of the building coupled by four blocks of one or two story-height steel trusses.

Since the structure is rather tall, the strength of cores themselves is not enough to resist wind load. Based on the quake-resistance standards that were revised after the Sichuan quake of May 2008, the building is designed to have an aseismic capacity to resist earthquakes with three times more force than in the previous assumption. While the building is quite long in one direction, the decoupled core walls in this direction are not stiff enough on their own to resist against wind and earthquake forces. Three lines of trusses are located at floors 6-8 (a two-story truss), 19-20, 30-31, and 39-40, in order to "link" the two cores together and substantially increase the lateral stiffness of the building. The trusses also serve as to transfer the gravity load of the middle areas to both sides, which create a large open space below 6FL.

On the 49th floor, the building steps back and the structure changes from reinforced concrete shear walls to steel bracing. Steel bracing was used as the lateral system for this portion of the building to provide the architecture with the most flexibility and to decrease the structure's seismic weight. This contributes to resistance performance

and stability against an extremely strong horizontal force of wind load and earthquake load, which is the result of the slender form of the building with its width to height ratio of 7.7.

The building is the core form on both ends, creating an open section for a pleasant office space on the south-north side. This gives maximum flexibility to office layout and suits various industries and various needs in terms of size.

In addition, the office space and the perimeter zones of the entrance hall and elevator halls of each floor have natural air vents, so that the outside air can be felt and air-conditioning load can be reduced. Furthermore, horizontal louvers are installed north-south on the standard floor part of the office so that sunshine can be shielded in the summer, thereby preventing a rise in the temperature of the office areas and reducing heat load. The horizontal louvers also function as a reflective plate for facade illumination.

A setback area on the 49th floor and above, which is used as a lounge, adopts a large-structure system to ensure a large wind path and enable more freedom in design.

As a new landmark open to the city, three gardens will be created within the «Gate». The first one is the «Urban Garden» on the ground floor. It serves as an entrance space and shows continuity with the Central Park located on the urban axis of the Eastern Xincheng District. The second one is the «Glass Garden». It functions as an air vent to mitigate the force of winds blowing through tall buildings. Visitors can look up the «Sky Garden» on the top of the podium and look down at the «Atrium» through a glass floor. «Sky Garden» serves as observation area on an upper part of the symbolic tower where visitors can go outside. The three gardens are linked with a vertical line of staircases and elevators and are open to the public. The two floors of the upper part of the «Sky Garden» are occupied by an international shipping club, offering a platform for interaction with the city of Ningbo in various ways. An eco-system using sunlight and rainwater and a greening project are also planned.

The landscape tower has a hexagon pergola that covers the whole area on the ground level. It breaks down the boundary between the inner and outside space and guides the circulation of visitors. With its superior feature of being in an abstract form, the hexagon creates a rhythm of continuity and change. It adds a semi-organic accent to the vertical and linear tower and other elements. Such scenery gives the impression of the tower breaking through the clouds. It is a filter to the sky and a metaphor for the clouds and nature, whereas the green of the ivy that appears at various places on the pergola turns into the softness of nature and wraps around people directly.

The landscape design of the tallest

tower in Ningbo, firstly aims to create a smart line and support people who come to gather here. Secondly, it aims to form an impressive scene that makes people conscious of their connection with the sky and the earth. The pergola continuously and horizontally links outside to inside and opens up a space vertically in the «Urban Atrium» on the ground level. The pillar of falling water at the valley of the cloud emphasizes the linkage between the ground and the sky and guides visitors to look upward to the sky.

The rooftop garden named the «Glass Garden» is located within a cantilever bridge on the fifth level. It acts as a terminal of the Atrium and a junction to the upper levels. The «Glass Garden» forms a boundary between the sky and the earth. People face Ningbo's townscape and skyline, feeling both the horizontal extension and the air.

At one of the highest levels, where visitors are exposed to the real outside air, at around 250 meters above the ground, there is the «Sky Garden». It presents a purified white space and is an unexperienced world for many visitors. They can enjoy feeling like they are floating up in the air. However, as they feel they are floating while looking down far below, the wind, flowers and other small elements of design reminds them of the linkage to the ground.

**PROJECT NAME: NINGBO GLOBAL SHIPPING PLAZA**  
**Location: Ningbo, China**  
**Major use: Commerce, offices**  
**Building owner: Ningbo Global Properties Limited**  
**Structure: Steel-frame reinforced concrete (SRC), reinforced concrete (RC), Steel-frame (S)**  
**Number of floors: 51 floors above ground and 3 underground floors**  
**Site area: 9,800m<sup>2</sup>**  
**Building area: 5,880m<sup>2</sup>**  
**Total above-ground floor space: 117,600m<sup>2</sup>**  
**Height: 256.8m**

**PARTNER DESIGN COMPANIES:**  
**Landscape design - Mindscape Ltd.**  
**Lighting design - Izumi Okayasu**  
**Lighting Design ■**

**MATERIALS**  
**Antirust Protection of Ferroconcrete**  
**Constructions of High-rise Buildings (p. 88)**  
**TEXT BY VALENTINA STEPANOVA, DR. OF TECHNICAL SCIENCES, PROF. NIKOLAI ROSENTHAL, DR. OF TECHNICAL SCIENCES, GALINA CHEKHNIY, CAND. OF TECH. SCIENCES, GVOZDEV NIIZHB (SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE)**  
**Conclusion. Beginning is in #3 p. 94-99, #4 p. 92-101.**

**Table 15.**  
**DESIGN CALCULATION SPECS FOR FERROCONCRETE CONSTRUCTIONS, WHICH ARE BEING OPERATED WITHIN GASEOUS AND SOLID AGGRESSIVE MEDIA**

| Rebar group | Rebar classes*  | Fracture resistance category and maximum permissible width of short-term and prolonged crack opening (mm) * |                                |                                | Minimum thickness of concrete protective layer **, mm, (above-the-line), watertightness grade of concrete (below-the-line) |                             |                         |
|-------------|---|---|--------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|
|             |   | Weakly aggressive media   | Moderately aggressive media    | Highly aggressive media        | Weakly aggressive media  | Moderately aggressive media | Highly aggressive media |
| I           | A240**<br>A300**<br>A400**<br>A500 <sup>(rx)</sup> **<br>Bp-I <sup>***</sup>                | $\frac{3}{0,25\ (0,20)}$  | $\frac{3^{***}}{0,20\ (0,15)}$ | $\frac{3^{***}}{0,15\ (0,10)}$ | $\frac{20}{W4}$  | $\frac{20}{W6}$             | $\frac{25}{W8}$         |
|             | A540 <sub>B</sub><br>A600<br>At600K   | $\frac{3}{0,25\ (0,20)}$  | $\frac{3}{0,15\ (0,10)}$       | $\frac{2}{0,15(0,10)}$         | $\frac{20}{W4}$  | $\frac{20}{W6}$             | $\frac{25}{W8}$         |
|             | A400C <sup>(tm)</sup> **<br>A500C <sup>(tm)</sup> **<br>A500C <sup>(vg)</sup> **<br>B500C** | $\frac{3}{0,25(0,20)}$  | $\frac{3}{0,15(0,10)}$         | $\frac{2}{0,15(0,10)}$         | $\frac{20}{W4}$  | $\frac{20}{W6}$             | $\frac{25}{W8}$         |
| II          | At800K,<br>At1000K  | $\frac{3}{0,15(0,10)}$  | $\frac{2}{0,10}$               | $\frac{1}{-}$                  | $\frac{25}{W4}$  | $\frac{20}{W6}$             | $\frac{25}{W8}$         |
|             | B-II, Bp-II<br>K7, K19  | $\frac{2}{0,10}$  | $\frac{2}{0,05}$               | $\frac{1}{-}$                  | $\frac{25}{W6}$  | $\frac{25}{W8}$             | $\frac{25}{W8}$         |
| III         | A800<br>A1000<br>At800<br>At1000  | $\frac{2}{0,10}$  | 1                              | Not allowed                    | $\frac{25}{W6}$  | $\frac{25}{W8}$             | $\frac{25}{W8}$         |
|             | B-II, Bp-II<br>K7, K19 – if diameter of wires is less than 3,5 mm                           | $\frac{2}{0,05}$  | 1                              | 1                              | $\frac{25}{W8}$  | $\frac{25}{W8}$             | $\frac{25}{W8}$         |
| IV          | Nonmetal reinforcement<br>АСП<br>АБП  | Width of crack opening is not regulated, if corroded  |                                |                                | $\frac{25}{W6}$  | $\frac{25}{W6}$             | $\frac{25}{W6}$         |

*\*Above-the-line - fracture toughness category; below-the-line - permissible width of short-term and prolonged (in brackets) crack opening.*  
*\*\* Thickness of protective layer for precast ferroconcrete constructions. For monolithic constructions the thickness of protective layer should be 5 mm more.*  
*\*\*\* Allowed to be applied, if stands corrosion fracture toughness tests according to ALL-UNION STATE STAN.10884-94 and ALL-UNION STATE STAN. P 52804-07 during not less than 40 hours. Prestressed reinforcement, steadfast against corrosion cracking (with "K" index), must withstand tests for resistance to corrosion cracking during not less than 100 hours.*  
*\*\*\*\* The class A500 includes reinforcement according to ALL-UNION STATE STAN.P 52544, A500CП and Ac500C.*

#### PRIMARY PROTECTION

The means for primary corrosion protection of concrete and ferroconcrete constructions were mentioned above. Let's elaborate this particular point.

*Design calculation specs*

Considering the impact of aggressive media calculation of ferroconcrete constructions should be based predominantly on second and first

group of marginal states taking into account fracture toughness requirements and maximum permissible width of crack opening, which depend on the degree of aggressive action of medium and class of reinforcing steel to be used.

The thickness of concrete protective layer is equal to the minimum distance from the surface of construction to the surface of the nearest reinforcing

bar. The thickness of protective layer must be not less than indicated in SNIP (Construction norms and regulations) 52-01-2003 and not less than parameters given in Tables 15 and 16.

Design calculation specs for ferroconcrete constructions dealing with fracture toughness category, width of crack opening, thickness of protective layer and permeability of concrete are given in Tables 15 and 16.



Table 16. REQUIREMENT FOR FERROCONCRETE CONSTRUCTIONS OPERATED WITHIN AGGRESSIVE LIQUID MEDIA

| Rebar group | Rebar classes*  | Fracture resistance category and maximum permissible width of short-term and prolonged crack opening (mm) * |                              |                              | Minimum thickness of concrete protective layer **, mm, (above-the-line), watertightness grade of concrete (below-the-line) |                             |                          |
|-------------|---|---|------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|
|             |   | Weakly aggres-sive media  | Moderately aggressive media  | Highly aggressive media      | Weakly aggres-sive media   | Moderately aggressive media | Highly aggres-sive media |
| I           | A240**<br>A300**<br>A400**<br>A500 <sub>(rK)</sub> **<br>A540 <sub>(a)</sub><br>A600<br>Ar600K<br>Bp-I,** | $\frac{3}{0,20(0,15)}$  | $\frac{3^{***}}{0,15(0,10)}$ | $\frac{3^{***}}{0,10(0,05)}$ | $\frac{20}{W4}$  | $\frac{20}{W6}$             | $\frac{25}{W6}$          |
|             | A400C <sub>(rK)</sub> **<br>A500C <sub>(rK)</sub> **<br>A500C <sub>(a)</sub> **<br>B500C**                | $\frac{3}{0,20(0,15)}$  | $\frac{3^{***}}{0,15(0,10)}$ | $\frac{3^{***}}{0,10(0,05)}$ | $\frac{20}{W4}$  | $\frac{20}{W6}$             | $\frac{30}{W6}$          |
| II          | Ar800K,<br>Ar1000K  | $\frac{3}{0,15(0,10)}$  | $\frac{2}{0,10}$             | $\frac{2}{0,05}$             | $\frac{20}{W6}$  | $\frac{30}{W6}$             | $\frac{30}{W8}$          |
|             | B-II, Bp-II<br>K7, K19  | $\frac{2}{0,10}$  | $\frac{2}{0,05}$             | $\frac{1}{-}$                | $\frac{20}{W6}$  | $\frac{30}{W8}$             | $\frac{30}{W8}$          |
| III         | A800<br>A1000<br>Ar800<br>Ar1000  | $\frac{2}{0,10}$  | 1                            | Not allowed                  | $\frac{25}{W6}$  | $\frac{30}{-W8}$            | -                        |
|             | B-II, Bp-II<br>K7, K19 – if diam-eter of wires is less than 3,5 mm  | $\frac{2}{0,05}$  | Not allowed                  | 1                            | $\frac{30}{W8}$  | -                           | -                        |
| IV          | Nonmetal rein-forcement<br>ACП<br>ABП   | Width of crack opening is not regulated, if corroded  |                              |                              | $\frac{20}{W6}$  | $\frac{30}{W8}$             | $\frac{30}{W8}$          |

*\*Above-the-line - fracture toughness category; below-the-line - permissible width of short-term and prolonged (in brackets) crack opening.*  
*\*\* Thickness of protective layer for precast ferroconcrete constructions. For monolithic constructions the thickness of protective layer should be 5 mm more.*  
*\*\*\* Concrete watertightness grades are given for insulated constructions. If there's no coating the concrete watertightness grades must be higher and are assigned in each specific case depending on the form of constructions and conditions of the medium.*  
*\*\*\*\* Allowed to be applied, if stands corrosion fracture toughness tests according to ALL-UNION STATE STAN.10884-94 and ALL-UNION STATE STAN. P 52804-07 during not less than 40 hours. Prestressed reinforcement, steadfast against corrosion cracking (with "K" index), must withstand tests for resistance to corrosion cracking during not less than 100 hours.*  
*\*\*\*\*\* The class A500 includes reinforcement according to ALL-UNION STATE STAN.P 52544, A500CП and Ac500C.*  
*Footnote: If filtration through the cracks is possible the liquid media are considered as medium and highly aggressive towards steel reinforcement. Corrosion protection of ferroconcrete constructions is achieved by prevention of filtration by joint application of primary and second protection methods. Permeability of concrete is labelled by W6 -W20 grades. Managing without secondary protection for highly watertight concretes is indicated hereunder. Constructions, which are exposed to humid gaseous media, the maximum permissible value of carbon dioxide diffusion factor is given in Table 17.*

Table 17. MAXIMUM PERMISSIBLE VALUE OF CARBON DIOXIDE DIFFUSION FACTOR FOR VARIOUS THICKNESS OF PROTECTIVE LAYER

| Carbon dioxide concentration, mg/m³ | Thickness of protective layer, mm | Maximum permissible diffusion coefficient D·10⁴, cm²/sec, of carbon dioxide in concrete of reinforced concrete constructions with operating life (years) |          |           |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|----------|-----------|
|                                     |                                   | 20 years   | 50 years | 100 years |
| Up to 600                           | 10                                | 1,14   | 0,45     | 0,23      |
|                                     | 15                                | 2,57   | 1,03     | 0,51      |
|                                     | 20                                | 4,57   | 1,83     | 0,91      |
| 600-6000                            | 10                                | 0,26   | 0,10     | 0,05      |
|                                     | 15                                | 0,46   | 0,18     | 0,09      |
|                                     | 20                                | 0,71   | 0,28     | 0,14      |

*Footnote: Diffusion permeability of concrete for carbon dioxide is determined according to ALL-UNION STATE STAN. P52804.*

Table 18. OPERATING CONDITIONS FOR CONCRETE AND RECOMMENDED TYPE OF CEMENT ACCORDING TO ALL-UNION STATE STAN. 31108

| № | Operational environment             | Type of cement                 |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Dry inert media                     | ЦЕМ I, ЦЕМ II, ЦЕМ III         |
| 2 | Aggressive gaseous media            | ЦЕМ I, ЦЕМ III                 |
| 3 | Open and ground water               | ЦЕМ I, ЦЕМ II, ЦЕМ III, ЦЕМ IV |
| 4 | Outer air and negative temperatures | ЦЕМ I, ЦЕМ III                 |
| 5 | Brines and negative temperatures    | ЦЕМ I                          |

Thickness of protective layer of the shelves of composite ferroconcrete ribbed slabs and wall panels in aggressive, gaseous and solid media should be not less than 15 mm, and at butts of transverse and axial rods - not less than 10 mm. In external wall panels inset components must not be located in the zone of water vapour condensation, that is essential for upper levels of buildings. To ensure design thickness of protective layer there should be locks for reinforcement from alkaline-resistant materials (polyethylene, dense cement-sand grout and other materials). For load bearing structures exposed to influence of aggressive media it is allowed to use structural lightweight concrete with comparable with heavy-aggregate concrete indices of permeability and protective action on steel reinforcement. For construction operated under influence of aggressive media it is allowed to use reinforcing-bar steel of Classes B -I and BP-1 with diameter not are less than 4 mm in structures of Category 3 of fracture toughness. In the reinforcing cables of prestressed constructions the wire diameter must be not less than 2,5 mm in the external and 2,0 mm in the inner cable layers. Welded joints of reinforcing rods, which are exposed to aggressive media, must be arranged in a staggered order. The cross-sectional area of abutted rods must not exceed 25% of overall section area. With the impossibility of the arrangement of joints in a staggered order (in the bodies of bored piles and slurry walls joints tare arranged at grade) calculation should contain reducing coefficient.

*Process requirements*  
To ensure corrosion resistance of concrete and ferroconcrete constructions of high-rise buildings it is necessary to select concrete grade the way assuming application of cements according to ALL-UNION STATE STAN. 10178-85, ALL-UNION STATE STAN. 22266-94, ALL-UNION STATE STAN. 30515-97, ALL-UNION STATE STAN. 31108-03. Additives increasing corrosion resistance of concrete should be also applied. Water for mixing of concrete grouts and concrete curing must meet the requirements of ALL-UNION STATE STAN. 23732-79 - i. e.

be free of harmful impurities. Using technological methods - selection of concrete composition, mixing conditions, transportation, piling in form (planking), compaction and of the hardening concrete it is necessary to ensure to increase its watertightness up to design grade. The grade of cement should be determined depending on operating conditions of concrete (Table 18). For media of several kinds the following cements are recommended:

- in the pure water, which causes the corrosion of the first type (leaching), Portland, sulfate resistant cement, puzzolana Portland and Portland blast-furnace cement. With exacting requirements on frost resistance, and also for constructions exposed to periodic action of water and desiccation, puzzolana Portland cement is not allowed;
- in the sulfate media, depending on degree of their aggressiveness, portland cement, portland cement with standardized mineralogical composition, sulfate resistant cement, including puzzolana and Portland slag cement should be used. The groups of cements with regard to sulphate resistance are given in Table 19;

- in aggressive gaseous media Portland cement and Portland slag cements should be used. It is not allowed to use pozzolana cement;
- for concrete of constructions exposed to periodic freezing and thawing portland cement should be used;
- for production of concretes, which are operated under simultaneous influence of brines and minus temperatures, Portland cement without mineral additives should be used. It's crucial to consider that using cements with high content of tricalcium aluminate (more than 8%), alkalis (more than 0,8%) and mineral additives (more than 10%) the frost resistance of concrete may appear to be less. To increase this parameter it is required to apply a complex of plasticizing and air-entraining (micro-gas-producing) additives;
- if filler contains reactive silica, the Portland cement with the containing not more than 0,6% of alkalis, Portland slag cements, pozzolana cements should be used (the latter should be used if concrete is operated in aqueous medium);
- cements on the basis of fine milled Portland cement (BHB, TML etc.) are allowed to be used in the aggressive

media after experimental justification. For mixing of concrete for constructions intended for aggressive media fillers must meet requirements of ALL-UNION STATE STAN. 8267-93, ALL-UNION STATE STAN. 8269-97, ALL-UNION STATE STAN. 8736-93, ALL-UNION STATE STAN. 9757-90. They must not contain harmful impurities, subjected to a disintegration or bulking in alkaline medium of concrete, and also causing the corrosion of steel reinforcement.

it is not allowed to apply dolomites and dolomitized limestones without special checkout of stability in alkaline medium of concrete. The fillers for structural lightweight concretes should meet ALL-UNION STATE STAN. 9757-90 requirements. As a rule, crushed stone from ejected rocks of stamp not lower than 800, gravel and crushed stone from volcanic rock of Дp12 grade or higher meeting standard requirements should be used. Concrete of the constructions, intended for operation in the gaseous, solid and liquid weakly-aggressive media it is allowed to use homogeneous crushed stone, which does not contain weak layers from sedimentary rocks, if its water absorption does not exceed 2%, and its strength grade is not lower than 600. Application of crushed stone from sedimentary rocks for medium- and the highly-aggressive acid media is not allowed. For concrete of constructions, which are exposed to simultaneous action of brines and alternating temperatures, one should use crushed stone from volcanic rock. The fillers for concretes, which are subject to frost resistance requirements, must have frost resistance grade not lower than that of concrete. As a fine filler for concrete it is recommended to use quartz (elutriated particles component not more than 1% of total mass according to ALL-UNION STATE STAN. 26633-91\*), or open sand, which meets the requirements of ALL-UNION STATE

Table 19. GROUPS OF CEMENTS WITH REGARD TO SULPHATE RESISTANCE

| Cement group                     | Cement data  | Purpose   |
|----------------------------------|--|---|
| I. Sulfate vulnerable            | Portland according to ALL-UNION STATE STAN.10178-85, beyond Group II   | Sectional and cast-in-block construction within sulfate-free media                  |
| II. Moderately sulfate resistant | Portland according to ALL-UNION STATE STAN.10178-85 with C3S content in clinker up to 65%, C3A – up to 7%, C3A+ C4AF – up to 22% and Portland blast-furnace cement | Sectional and cast-in-block construction within moderately aggressive sulfate media |
| III. Sulfate resistant           | Sulfate resistant cements according to ALL-UNION STATE STAN. 22266-94  | Cast-in-block construction within moderately and highly aggressive sulfate media    |



Table 20. Aggressive actions, nature of corrosion and recommended additives

| Aggressive action                                  | Corrosion pattern  | Recommended types of additives  |
|--|--|---|
| Humid gaseous media (carbon dioxide, water vapour) | Corrosion pattern  | Plasticizers  |
| Liquid sulfate media                               | Corrosion pattern  | Plasticizers<br>Composite (Plasticizers + Mineral additives)  |
| Liquid acid media                                  | Sulfate corrosion  | Plasticizers  |
| Chloride media                                     | lack of protective effect on rebar, corrosion of steel reinforcement | Plasticizers<br>Composite (Plasticizers + Mineral additives)<br>Rust inhibitors<br>Composite (Plasticizers + Mineral additives)<br>Composite (Plasticizers + Mineral additives) |
| Capillary suction and evaporation                  | Salt corrosion   | Composite (Plasticizers + Water-repellents)   |
| Frost action                                       | Frost destruction  | Composite (Plasticizers + Air entraining additives)   |
| Biotic   | Biological degradation   | Composite (Plasticizers + Biocide)  |

STAN. 9757-90. For concrete of high frost resistance sand, which does not have carbonate impurities with lowered frost resistance, should be used. Occurrence of such impurities is to be detected by frost resistance tests of concrete and is exhibited in the form micros-shooting on concrete surface.

To increase corrosion resistance and protective action of concrete on the steel reinforcement additives should be used depending on type of aggressive action according to Table 20.

The greatest protective effect may be achieved by application of complex additives specific for this type of corrosion, which reduce permeability of concrete. To obtain protective effect the plasticizing additives are used together with reduction in water-cement ratio of concrete grout (equally creeping mixtures).

Carbonization protection of concrete urges application of plasticizing additives together with reduction in water-cement ratio of concrete mixture down to 0,4 and even less.

The sulfate and chloride resistant concretes are those, which water-cement ratio is lowered to values close to those of cement paste of normal density, with simultaneous application of mineral additives (micro-silica, fly-ash, milled granulated slag) composing up to 20% of cement mass. Such concretes are characterized by low diffusion permeability for sulfates and chlorides

and by high durability in these media. The modifier of concrete МБ-01 increases watertightness, decreases intrusion of chlorides, increases sulphate resistance.

Application of these plasticizing (water-reducing) additives with reduction in water-cement ratio increases durability of concrete in acid media, however, rather less than sufficient. Secondary protection is required. This relates also to operating conditions of concrete and ferroconcrete constructions in hydrogen sulfide media under influence of biogenic sulfuric acid. To reduce capillary suction rate and height of capillary infiltration in concrete exposed to capillary suction and evaporation the water-repelling and water-reducing additives should be used together.

To increase frost resistance of concrete air-entraining and micro-gas-producing additives are applied. Less strength of concrete due to entrained air should be compensated by application of plasticizing additives with reduction in water-cement ratio. To obtain concrete of increased frost resistance (F200 and more) application of air-entraining and micro-gas-producing additives in combination with plasticizing additives is a must.

It is not allowed to use chloride additives in load bearing constructions of high-rise buildings. Total chloride

component in concrete, which is composed by impurities of cement, fillers, water for mixing and additives (background quantity of chlorides in the additives), must not exceed values indicated in Table 21.

Table 21. Maximum permissible content of chlorides in concrete of concrete and ferroconcrete constructions

| Type of reinforcement              | Chloride content grade | Maximum permissible chloride content, % |
|------------------------------------|------------------------|---|
| Plain concrete                     | Cl 1,0                 | 1,0                                     |
| Reinforcement without prestressing | Cl 0,4                 | 0,4                                     |
| Prestressed reinforcement          | Cl 0,1                 | 0,1                                     |

Electrolyte additives should not be used in structural concrete, if there is a danger of leakage and stray currents. Electrolytes (sodium and potassium salts) used as hardeners and antifrost additives increase alkali content of concrete. Hereupon, the inclination of concrete toward formation of saltings. Accumulation of salts in evaporation zone of outer layer causes frost destruction of outer layers of concrete (peeling). With application of electrolyte additives after

carbonization of protective layer the corrosion rate of steel framework rises manifold, whereas the fillers capable to react with alkalis cause progressive internal corrosion of concrete, which in turn reduces its frost resistance. Overall

than 60%, if the filler contain silicon fractions, which may react with alkalis; - ferroconcrete constructions for electric transport and industrial enterprises, which consume direct electric current; - structures, which are located variable water level areas exposed to capillary sucking and water evaporation, and also freezing of concrete together with capillary suction and evaporation. Polymer and metal fibres increase tensile strength of concrete, consequently decreasing and even excluding formation of cracks caused by shrinkage of concrete, and also make it more frost resistant.

Additives used in high-rise practices must be tested in terms of entire complex of indices according to ALL-UNION STATE STAN. 24211-03, ALL-UNION STATE STAN. 30459 - 03 and ALL-UNION STATE STAN. P 52804 - 07. The additives for ferroconcrete constructions, must not render corrosive action on concrete and reinforcement, including corrosion cracking of high-strength reinforcement.

Reinforcement steel indicated in Tables 15, 16 should be used for ferroconcrete constructions.

Before concreting reinforcing steel must be free of corrosion in form of laminar rust and ulcers. It is allowed to apply nonprestressed reinforcement with the attack of rust by the thickness not of more than 100 m. Rebar with thin coat of rust with thickness up to 300 micrometers should be processed by rust modifier.

If rust is thicker than it is prescribed, the reinforcing steel is subject to physicommechanical tests, whilst high-strength steels also should be checked in terms of corrosive fracturing.

High-strength reinforcement bars may be left in atmospheric media with humidity of more than 75%, if stressed without protection before concreting not longer than:

- 1 month for high-strength wire and steel reinforcement,
- 2 weeks for cables.

Any raw material must be checked in terms of correspondence with standard requirements. Periodicity (frequency) of tests sessions of raw material, concrete grouts and concretes is determined by appropriate normative documents for materials taking into account probable performance shifts in the course of operation.

Compositions of concretes should be selected taking into account ALL-UNION STATE STAN. 27006-86. concrete composition is to be selected following all design characteristics of the concrete: strength, watertightness, frost resistance. Along with this, concrete must have all controlled indices not lower than design ones.

Quality control of concrete grout must be conducted at concrete mixing plants and on-site before grouting into planking. Flowability of concrete is also controlled on-site. Mixing of concretes with increased frost resistance using air-entraining additives (F150 grade and more) the volume entrained air

Table 22. Conditions of aggressive action of medium depending on position of inset components and fittings in structures with external walls made of three-layered wall panels

| Группы сред | Medium pattern and its degree of aggressiveness  | Types of inset components and fittings   |
|-------------|--|--|
| I           | Air humidity and temperature indicate full exposure; moderately aggressive   | Joints:<br>a) Stanza suspended partitions;<br>b) Stanza plates and wall panels at ceiling level                  |
| II          | The same, with decelerated corrosion due to concreting; weakly aggressive  | Concreted joints:<br>a) Stanza suspended partitions;<br>b) Stanza plates and wall panels at ceiling level        |
| III         | Moistening depends on performance of joints, temperature is positive; inert  | Concreted joints with inset components and fittings embedded into internal concrete layer of external wall panel |
| IV          | Moistening depends on performance of joints, temperatures from positive interior to climatic outer, phase film at dew point; moderately aggressive | Concreted joints with inset components and fittings embedded throughout the thickness of three-ply wall panel    |
| V           | Air humidity and temperature meet requirements for heated structures; inert  | Joints of interior constructions regardless of their proximity to external walls                                 |

should be monitored by compression type instruments.

Compaction of concrete must ensure removal of large air bubbles to achieve monolithic structure. Typical defect of monolithic constructions is lowered density of concrete along the seams of concreting, which leads up to water filtration, deep carbonization and corrosion of steel rebar. In the course of concreting of construction after interruption contact surface should be prepared by removing of pastematrix, incision and adhesive coating.

Conditions of concrete hardening, strength control, watertightness and frost resistance should be provided as ut supra. Thickness of protective layer is controlled by magnetic testers and control punching-out of protective layer assay.

Protection of inset components

Corrosion protection of steel inset components and connecting elements of ferroconcrete constructions, which are not concreted should be provided in:

- premises with dry and normal humidity regime in nonaggressive and weakly-aggressive medium by paint-and-lacquer coating;
- premises with humid and wet regime in nonaggressive and weakly-aggressive medium by metal coatings;
- weakly and moderately aggressive media - by zinc-based coatings;
- media of moderate and strong degree of aggressive action by composite coatings (varnish-and-paint over metallized layer).

Inset components and fittings for joints, which are exposed to atmospheric humidity, condensate, industrial waters regardless of degree of medium's aggressive action, must be protected by metal or composite coatings. Surface protection of fittings and inset components accessible for refreshment of coatings in the course of operation, it is allowed to use paint-and-lacquer coatings.

In highly aggressive medium (for example, chloride) composite coatings are nonpersistent, therefore inset

components and fittings, which are not concreted, should be made of steel grades corrosion-resistant in given particular medium.

In terms of environmental effects fittings and inset components are subdivided into five groups (Table 22). Protective measures are specified in Table 23.

Corrosion protection of steel inset components and fittings depending on operating conditions should be produced by varnish-and-paint, metal or composite (varnish-and-paint over metallized layer) coatings. Depending on aggressiveness of medium one should use:

- paint-and-lacquer coatings for nonaggressive and weakly-aggressive dry and normal medium;
- metal coatings for humid and wet weakly-aggressive and dry moderately aggressive medium;
- combined (varnish-and-paint over metallized layer) coatings in moderately aggressive normal, humid and wet medium and in



TABLE 23.  
CORROSION PROTECTION FOR DIFFERENT GROUPS OF INSET COMPONENTS AND FITTINGS

| # according to Table 22 | Protective measures   |
|-------------------------|---|
| Group I                 | 1. 60 micrometer thick hot galvanizing.<br>2. 120 – 150 micrometer thick composite cold galvanizing (of ЦИНОЛ or ХВ-31 type)<br>3. Composite coating - cold galvanizing (ЦИНОЛ or ХВ-31) 60 - 70 micrometer thick and air resistant varnish-and-paint coating of IIa or IIIa groups (80 - 100 micrometer thick) |
| Group II                | Concreting or monolithing together with protection of following types:<br>1. 50 micrometer thick hot galvanizing,<br>2. 60 – 70 micrometer thick cold galvanizing (of ЦИНОЛ type).  |
| Group III               | Concreting without any requirements to surface protection   |
| Group IV                | Monolithing together with protection of following types:<br>1. 60 micrometer thick hot galvanizing,<br>2. 80 - 100 micrometer thick cold galvanizing with ЦИНОЛ composition.  |
| Group V                 | Protection is not required.   |

highly aggressive medium with any humidity level. Operational conditions of inset components out-of-doors under influence of atmospheric precipitation are equated to operational conditions in moist and wet media.

Zinc-based protective compositions with high-molecular thermoplastic polymer ЦИНОЛ according to ТУ 2313-012-12288779-99 and ЦИНОТАН according to ТУ 2313-017-12288779-2003 is applied on surface of steel inset components and fittings.

Protection by composite or paint and varnish coatings is applied after erection welding of inset component and weld dressing. Restoration of destroyed coating over weld seam and adjacent area of inset component or fitting should be carried out using the same coatings, which applied for protection of facing part.

#### SECONDARY PROTECTION

Secondary corrosion protection of constructions is prescribed by design in addition to primary protection, if the measures of primary protection do not ensure design operating life of constructions. Secondary protection presumes surface application of protective materials. Protective options are to be selected select taking into account technical and economic effectiveness. Duration of protection, expenditures for its realization and restoration, possibility or impossibility of protective coating restoration during operating life of constructions is also to be considered. If the surfaces of constructions are inaccessible for restoration of protection, the protective coatings should be as durable as the structure in whole. Varnish-and-paint, thick-layered mastic coatings, backlining and facing materials (roll and tape) are used for renewable protection. Impregnating and tamping crystallizing penetrating materials are used for the nonrenewable protection.

The external lateral surfaces of underground constructions of buildings, and also enclosing constructions of basement accommodations (walls, floors), are to be protected from aggressive underground waters by mastic, backlining and facing materials. If cracks open in concrete monolith within the limits, indicated in Tables 15, 16, there should be used crackproof coatings. The application technology is to be provided by developers of materials. The surface of the driven and drilled piles must be protected by mechanically durable coatings or impregnations, which preserve protective properties while sinking. The watertightness grade of concrete for such piles must be not lower than W8. The application of bituminous coatings for the piles to be embedded into sandy, semi-gravel and other soils with gravel component is not recommended.

Drilled piles and constructions in aggressive soils and ground waters arranged as slurry wall should be made from concrete persistent in aggressive medium of this kind, or with secondary protection. For liquid aggressive media concrete and ferroconcrete foundations under metal columns, and also the surface areas of other constructions must overhang floor level not less than 300 mm, or concreting of lower sections of columns one should not less than 300 mm higher floor level.

Isolation of foundations and floors must be continuous and one-piece, and its safekeeping is provided by temperature compensators. Movement joints are arranged, as a rule, in lift joints. Their airtightness is ensured by elastic compensators or padding with elastic chemically persistent materials. It is recommended to process surfaces of constructions of basement accommodations with high air humidity, and also with possible condensation of moisture with biocide solutions in order to avoid fungi lesion. It's also recommended to apply biocide

solutions over surfaces of rubbish chutes and garbage rooms. Protecting lateral surfaces by roll isolation, the latter must be tucked under the bottom of foundation. The bottom of concrete and ferroconcrete foundations should be isolated by materials persistent to action of aggressive medium. To protect bottom of foundation located at grade with aggressive ground water, taking into account the possible rise of water level, it is necessary to provide for:

- weakly and moderately aggressive acid media a kind of crushed stone cushion 100-150 mm thick from the dense igneous rocks with subsequent laying of acid-resistant asphalt;
- highly aggressive acid media replacement of aggressive soil by inert and additional gluing of two layers of roll isolation over acid-resistant asphalt with subsequent laying of another layer of acid-resistant asphalt;
- weakly and moderately aggressive sulfate media a crushed stone 100-150 mm thick cushion with further pouring with hot bitumen with the subsequent cushioning from concrete or cement-sand solution or layer of hot mastic asphalt;
- highly aggressive sulfate media besides ut supra cushioning from concrete or cement-sand solution over sulfate resistant Portland cement or with the addition of modifier on the basis of super-plasticizer and micro-silica.

Reliable waterproofing of floors of multi-storeyed parkings, which protects ferroconcrete constructions from aggressive action of anti-icing reagents brought with vehicles should also be provided.

If primary protection appears to be insufficient (Tables 4, 5, 6, 12) the surface of the driven and drilled piles must be protected from vibration by mechanically durable coatings or impregnation that preserve protective properties in the course of sinking. The cohesion value of coating with concrete must be not less than 0,4 mPa. Coatings for the piles to be embedded into sandy,

semi-gravel and other soils with gravel component is not recommended. Bearing capacity of piles with the surface protected by varnish-and-paint (mastic) coatings or impregnation should be defined by tests.

Underground constructions, which surface is rather inaccessible for arrangement of protection (drilled piles and constructions in aggressive soils arranged as slurry wall) should have primary protection including specific cements, additives, selection of concrete composition increasing its durability. Protection of sewerage conduits must be carried out with application of concretes with extremely low permeability (more than W8) and sulfate resistant cement or cements of the second group with simultaneous use of concrete modifier of МБ 01 according to ТУ 5743-073-46854090-98 or similar. If the degree of aggressive action of medium is moderate or strong, the secondary protection defined in some special design section should be additionally used.

Ferroconcrete constructions of balconies and stanzas, canopies over entrances, parapets and other constructions, which undergo the action of atmospheric precipitation, condensate and negative temperatures, should be made of concrete not lower than F200 frost resistance grade.

Highway constructions (road surfaces, collapsible pavement plates, curbstone and others), including garage driveways, which undergo the action of anti-icing reagents and minus temperatures, must made of concrete of not less than F300 frost resistance grade, determined using the second method specified in ALL-UNION STATE STAN. 10060 (in brines).

To prevent the damage of facade surfaces of high-rise buildings made from concrete, which are exposed to aggressive gases, dust, slanting rains (including acid), the surface should be processed water-repelling solutions. Taking into account heterogeneity, low density and high water permeability of sand-clay concrete, it is recommended to reinforce soil-cement posts with composite rebar (ТУ 5769-248-35354501-2007) or with metal frames and rolled shapes protected by metallic or varnish-and-paint coatings. The specs of applying sand-clay concrete must be coordinated with specialized organizations. ■

## ENERGY EFFICIENCY Energy Efficient Solutions by CARRIER

(p. 98)

TEXT BY MIKHAIL TEREKHOV,  
PHOTOS BY CARRIER

Today, when the situation over global energy market is often unpredictable, the owners of buildings have

to seek permanently for the new ways to abridge operating costs and methods to use maximally the available resources in order to provide leaseholders with reliable, profit-proved, effective and environmentally-friendly energy sources.

A task solution dealing with above-mentioned issues is application of cogeneration, trigeneration systems or hybrid schemes. Co-Generation (Combined Heat & Power) is the process of joint production of two different types of useful energy by a single source. This technology makes it possible to decrease generating costs by more efficient use of fuel and utilization of expendable heat. It allows to manage by less energy to buy, which contributes to decreasing of operating costs.

Generation may include any combination of two different types of useful energy (for example: production of electricity and heat, mechanical and thermal energy, electricity and cold). Advantages of cogeneration systems: • Cogeneration installations are cost-beneficial (\$/kilowatt). They are capable of providing high power efficiency in the course of combined generation of heat and electric power, frequently their efficiency factor exceeds 80%. This is substantially higher, if compared with similar indices of commercial and industrial gas boilers.

- Cogeneration systems are environmentally-friendly. Their application is one of the methods to resist greenhouse effect (reduced emission of greenhouse gases).
- Failsafe gas-turbine units (GTU) provide lessors with reliable electric power sources and, depending on needs, with steam of various pressure for industrial needs or hot water with standard temperatures (hot water supply).
- Unit's capacity may be customized for certain needs of a client.

The office building 65 Broadway (area - 350 000 m<sup>2</sup>) in New York downtown is an instance of hybrid circuit of refrigeration supply\*.

Carrier deployed here the cogeneration system based on microturbine and two 16JB absorption chillers plus highly effective 19XRV chiller equipped with centrifugal compressor with frequency adjustable electric drive.

In the present case, the power system is installed in parallel with the reduction valve into already operating steam-water circuit of the building. Depending on operating conditions in the newly constructed systems the microturbines can completely substitute steam reducers, utilizing thus steam pressure excess. The unit is made up of a unique patented radial outflow turbine, mounted on an epicyclic speed reduction gear, which in turn is mounted on an induction generator. The vertical package is equipped with controls that synchronize the operation of the power reducing valve, turbine, and induction

generator to provide for a smooth transition of power to the grid.

65 Broadway, an office building in New York City, buys steam from Con Edison under two modes, "Normal Day" and "New York Independent System Operator Day (NYISO).". The facilities management team sought a cooling system that would maintain comfortable conditions for building tenants in the most cost effective, energy efficient manner while adapting to both Con Edison operating modes. During "Normal Day" operation at 65 Broadway, two Carrier low pressure absorption chillers provide 600 tons of cooling. The power system takes 150 psig steam from the Con Edison line, generates 275 kilowatts of electricity and reduces steam pressure to 10 psig to feed the absorbers. The electricity generated can run the 250 ton 19XRV chiller as needed.

During "NYISO Day" operation, the two absorption chillers handle the building's cooling load, while the electricity generated by the unit is returned to the facility's electrical distribution system, which is estimated to save management \$75,000 per year in utility costs. The package also secured the facility over \$400,000 in utility rebates under a New York State Energy Research and Development Authority program.

"The micro-turbine really gave us a competitive platform around which we could build a high performance system," said Ernest Biron, Sales Manager, Carrier Commercial Service, Manhattan. "The customer chose the Carrier solution because we offered a system that can make electricity and provide more cooling tonnage with a longer life expectancy and lower maintenance costs."

Mark Faith, Chief Engineer, 65 Broadway, confirmed that the equipment's expected longevity was an important factor. "The Carrier package gave us the efficiency of a double-stage absorber without the problem of the double-stage's short lifespan."

The optimal technical solution in the presence of high cost or scarcity of electric power according to all accounts is employing of absorption refrigerators. Features and advantages • Refrigerator is environmentally-friendly. It uses as a coolant the aqueous solution of lithium bromide instead of Freon-containing products. Insignificant quantity of movable parts contributes to low-noise operation without vibration.

- Absorption refrigerators is an alternative option, which makes it possible to economize, in contrast to electric-driven refrigerators. Because of utilization of low pressure steam, hot water or waste heat Carrier absorption refrigerators not only decrease or completely exclude power consumption, but also allow the owner to turn to advantage of discount and incentive programs offered by many municipal establishments.
- Standard control system of solution concentration facilitate stable operation in partial load mode

at temperature of cooling water reduced to 15°C, without bypassing cooling tower pan. It is achieved by unique coolant consumption control system, patented by Carrier (US Pat. № US6.260.364-B1), which ensures reliable control with smooth variation of productivity in the range from 100% to 10%.

- Easy to operate touch-screen, perfect algorithms ensure precise productivity adjustment and optimize functioning of refrigerator. The function of automatic introspection contributes to convenient and reliable operation. There is an option of reliable interaction with the dispatcher system and steadfast telephone network connection.
- Carrier system of automatic blowdown makes the machine more durable, ensures optimum energy-effectiveness and performance characteristics. It protects the machine from hazards connected with continuous emission of noncondensable gases in the course of operation, contributing to long-term durability and energy-effective functioning.

- Reliable and trouble-free operation of Carrier absorption refrigerators is ensured also by the system of automatic limitation of solution concentration, which is achieved by several methods preventing both solution crystallization and excessive dilution.

- Application of airtight pumps significantly decreases maintenance costs. The coolant pumps proved by long-term fleet testing are completely autonomous and airtight devices. This eliminates the need of deploying separate, fairly complicated system, which does not ensure actual airtightness, guaranteeing at the same time reliable airtightness and long-term operating life.
- Effective rust inhibitor utilized in Carrier equipment ensures the highest possible protection from internal corrosion.

- Application of nonclogging and rust-proof injecting caps contributes to prolonged and reliable operation. The design of refrigerators successfully withstands the most severe operational conditions in terms of comfortable cooling and in the course of workflow.

Carrier Evergreen™ chillers make it possible to reach the highest productivity under actual operational conditions without detrimental environmental effects. It is officially confirmed that Carrier Evergreen chillers have the lowest coolant leakage factor, if compared with similar equipment. Furthermore, the design of this chiller allows to store all coolant volume inside the installation minimizing the risk of its leakage during maintenance. Environmentally-friendly coolant, the highest productivity and effective monitoring system make Carrier chillers ideal both for new buildings and existing facilities under reconstruction.

One more system, which makes it possible to save operating costs

is trigeneration. This is combined production of electricity, heat and cold. Cold is manufactured by absorption refrigerator, which consumes not electrical, but thermal energy. Trigeneration is quite profitable, since it allows to use effectively the heat not only in winter for heating, but also in summer for conditioning of accommodations or for technological needs. This approach makes it possible to use the generating utility the year round.

- Characteristic fatures
- High energy-efficiency
- Ultra-low emissions into environment
- Internal/external installation
- Scaled configuration
- Minimum movable parts
- Advantages
- Minimum electricity bills
- Environmentally-friendly solution
- Effective utilization of heat not only in winter for heating, but also in summer for conditioning of accommodations or for technological needs.
- Maximum energy saving
- Highest reliability
- Long vital cycle of equipment

Automation and dispatcher system WebCTRL plays significant role in saving of operating costs. It consists of two levels: management and automation. At each level there is a possibility of selection of appropriate performance protocol: management - bacnet/ip or bacnet/ethernet, automation - bacnet/

arcnct or bacnet/mstp. WebCTRL by Automated Logic is the system of building automation, which offers insightful user interface and powerful controls.

Its navigation tree, smart colouring for displaying temperature in premises and its fluctuations, plus excellent graphics make WebCTRL very informative and usable. It may be illustrated by example of retail and entertainment complex "Yevropeisky" (European).

The WebCTRL makes it possible to control the parameters of building from any point throughout the globe by means of standard web browser, eliminating the need for special work station software.

Web browser makes accessible all managerial functions of a building, including:

- customization and overpatching of schedules;
- correction of default settings and other controlled parameters;
- visualized scanning of archived records of parameters of featuring systems;
- scanning and confirmation of alert signals;
- compiling of reports on energy consumption, occupation of premises, billing for leaseholders etc.
- (using the WebCTRL Report Generator you can easily create your own reports.)

Developed on proved and open source web technologies, the WebCTRL server is compatible with many basic platforms and databases, including Windows, Sun Solaris, Linux, MS SQL Server, My SQL, Oracle.

The basic characteristics and



advantages of WebCTRL are:

- insightful dynamic graphics for overall monitoring of a building
- consistent and open source based package
- appliance of http web protocol for connection via the Internet or local network without additional software
- compatibility with various platforms, including Windows, Linux and Sun Solaris
- improved processing of alert signals, sending of messages via SMS or e-mail
- complex security system with multilevel access and 128-bit secure sockets layer encryption
- monitoring and control of power and HVAC equipment by off-site producers via the browser

Open system architecture of WebCTRL

- supporting majority of commercial standards makes integration with the systems of third hand producers simple and easy. The WebCTRL is capable of supporting many protocols in terms of TCP/IP network, allowing to connect directly wide range of devices within the WebCTRL network.

The equipment, which utilizes the BACnet ® protocol, may be connected by means of IP, ARCNET, MS/TP or PTP (point-to-point) procedures.

In addition to this, the open system called Automated Logic makes it possible to organize joint operation of the equipment, which uses BACnet, Modbus, N2, JBUS, LonWorks and numerous other protocols.

Combination of complex measures offered by AHI Carrier ensure maximum savings of operational costs. The package encompasses cogeneration and trigeneration systems, cutting edge chillers, and also automation and flow control of engineering systems on the basis of advanced monitoring technologies. All this allows to reach maximum affordability.

(\*Refrigeration system based on different types of chillers - absorption and steam compression) ■

## TECHNOLOGY

# Mass Emergency Evacuation Rescue System

(p. 104)

TEXT BY MIKHAIL FARBER, CAND. OF TECH. SC.

Erection and operation of high-rise buildings become today the basic directions of urban practices. Shortage of vacant constructible sites in city centres urges to make buildings taller. Hundreds of offices and establishments are moving from old buildings into new contemporary skyscrapers, which are being attended or visited by thousands of people.

The more people work or live in high-rises, the higher risk of technogenic hazards in such buildings. Emergencies and fires in skyscrapers may lead to the most lamentable consequences, taking into account the density issues. Moreover, it is impossible to discount such a terrible social phenomenon, as terrorist threat.

Engineer thought searches to meet these challenges, trying to create reliable high-rise habitat. The systems of power supply are becoming redundant, automatic fire extinguishing systems are being implemented, egress and emergency evacuation procedures are being developed.

This sort of means includes the unique mass evacuation emergency rescue system intended for high-rise buildings, which is being described in this article. It is developed in Israel and aimed at rescuing people in case of any emergency: fires, earthquakes or terrorist attacks.

This system is originally designed for collective, mass evacuation. To be independent on building's condition, it is positioned and operates externally, has autonomous power sources and controlled by dashboards. Emergency rescue system ensures rapid simultaneous evacuation of up to 135 people of any age and even disabled persons. Along with this the system delivers rescuers, firemen or snatch squad on-spot.

Emergency rescue system effective operation presumes brand new design approach. Creating of rescue procedure requires the original engineering solution - application of Matryoshka (Russian Dolls) principle to arrange multiple escape capsules stored compactly folded to be open up promptly in case of emergency. This solution is protected by several patents acknowledged in the USA and EU.

Mounting and installation of the system require customization for each case, which includes arrangement of immediately accessible escape paths. Rescuers should be able to open these exits from the outside and shut them on leaving. It is necessary to provide ramps for wheelchairs leading from the building right into the escape capsules. Some additional concealed cable guides may be arranged outside to make the installation more reliable. In fact, the emergency rescue system is to be mounted on the roof of both existing buildings and ones being underway. The major elements of its design are the base, welded to the ferroconcrete body of building, the mechanical enabling and motion system, two autonomous generators (power source), two dashboards at different points at ground level and the set of convertible rescue capsules. To resist critical conditions of fire the capsules and hardware are made from refractory materials.

It's important to consider that the first dashboard may be located in the building itself, inside the control room, and the second (standby) one -

Table 1

| Parameter                            | Standard version                                     | Compact version                                      |
|--------------------------------------|--|--|
| Maximum building's height            | 200–300 m  | 300 m  |
| Number of capsules                   | Up to 5  | 2  |
| Folded capsule dimensions            | 300x150x250 cm                                       | 250x150x200 cm                                       |
| Width of entrance/exit path          | 75 cm<br>120 cm                                      | 80 cm<br>120 cm                                      |
| Maximum number of evacuees           | 135 persons  | 35 persons   |
| Weight                               | 14 000 kg  | 8000 kg  |
| Dimensions of folded system          | Width – 467 cm<br>Height – 493 cm<br>Length – 514 cm | Width – 340 cm<br>Height – 450 cm<br>Length – 400 cm |
| Agility                              | 80–70 m/min  | 130–120 m/min  |
| Cable's safety margin, not less than | x10  | x10  |

in some adjacent building or in some special accommodation.

Let us examine the system's operation in more detail. In case of emergency the installation is enabled upon command from the dashboard and gets down. Several Matryoshka-like capsules move downward to be unfolded and let rescuers and firemen inside. Then all the stuff is elevated up to escape exits of several floors at the same time. On opening of exit from outside (it may be automated) the team enters inside - into the holding cell for evacuees.

People are being evacuated from several floors simultaneously. After capsules are loaded the system delivers the passengers down to the ground. Each upper capsule inserts the lower after people are out. System unfolds in the reverse sequence letting in the new group of firemen. After this, the capsules are ready to rise again to evacuate the following group. The most prolonged evacuation cycle from upper levels of the highest buildings lasts 8-10 minutes.

To adapt better to certain building, the two basic configurations of emergency

rescue system were developed. The most important technical parameters are given in Table 1. The basic distinctive features of the versions are size, number and agility of capsules. The data from Table 1 proves that the standard version features the system able to carry 27 persons, in comparison with 17 in the compact version. Whereas the compact version is twice as more agile. These two parameters greatly influence the duration of evacuation cycle and number of evacuees.

Calculation of both indices during given period depending on height of building and number of floors, system's version and quantity of capsules are given in Table 2. The analysis shows that standard configuration ensures approximately 50% more evacuees for the same period of operation. Meanwhile, evacuation cycle of the compact system is half as shorter than for the standard one. Density analysis of some certain building makes it possible to select the system appropriate the most taking into account the number of visitors and extent of escape paths. There may be

Table 2

|   |     |      |      |      |     |
|---|-----|------|------|------|-----|
| Number of floors                              | 40  | 50   | 50   | 60   | 60  |
| Height, m                                     | 180 | 225  | 225  | 270  | 270 |
| Number of capsules                            | 3   | 4    | 5    | 5    | 2   |
| Agility m/sec                                 | 1,2 | 1,1  | 1,0  | 1,0  | 2,0 |
| Duration of evacuation from upper floors, min | 6,4 | 8,6  | 9,6  | 11,1 | 5,6 |
| Duration of total evacuation, min             | 50  | 61   | 57   | 79   | 98  |
| Number of evacuees                            | 972 | 1215 | 1188 | 1485 | 986 |

installed several compact systems or standard and compact system at the selected points. This allows feasible selection of the system configuration, since the compact configuration is approximately by 40%, and sometimes twice as cheaper than the standard one. Anyway, the cost of rescue system is less than 1% of total building cost and would be not a circumstance to victims compensation, if there were no any protection.

Emergency evacuation rescue system for high-rise buildings is developed in accordance with the American standard ASTM E2513-07, Specification for External Emergency Evacuation Platforms for High-rise Multistory Buildings. It satisfies the requirements of affirmed a year ago Federal Law on Technical Regulations of Fire Safety Requirements. As the system is the means of collective rescuing from the height in fire conditions (Articles 47 and 80), it is designed with regard to such crucial requirements as width of emergency exits (Article 89, Paragraph 6.5) and minimal sizes of folded system. Thus, it occupies less area than it is assigned on the roof, according to the law, for transport-rescue cockpit of helicopter (Article 90, Paragraph.17). For the first time in the world the operating system of mass evacuation is deployed in Tel Aviv (Israel) on one of the highest skyscrapers of the region and it still functions. It is usually used as a hoist for out-of-gauge cargo, If it is necessary to elevate some new equipment for repair works. There are about 10 more systems underway in different stages of production and installation in different cities worldwide.

In future this and similar emergency rescue systems are set to become the integral part of engineering equipment to be considered by design and maintenance schemes for high-rise buildings. Only this kind of equipment ensures escape of so many people in far shorter time, if compared with emergency rescue helicopter or using individual means of evacuation. This system is capable of saving people of any age, able or disable, it is compact and economically feasible.

To discuss design and delivery points just turn to: Colored Glass Printing & Building Innovative Solutions  
phone: +972- (0) - 54-3113267  
fax: +972- (0) - 77-5161415  
e-mail: printonglass@013.net  
www.coloredglassprinting.vivity.com ■

## MONITORING Monitoring Systems

TEXT BY ANDREY SHAKHRAMANYAN, CAND. OF TECH. SCIENCES, GM OF SODIS, NIIMOSSTROY HEAD OF DIVISION OF COMPLEX DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGIES PROVIDING SAFETY OF HIGH-RISE AND UNIQUE STRUCTURES,

## NIIMOSSTROY CHIEF OF EXPERT DIVISION FOR EXAMINATION OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS INDUSTRIAL SAFETY

## Technological basics of architecture of monitoring systems for high-altitude and unique structures

Unfortunately, recently there have been more and more accidents on construction sites. Yearly we have to face the need for carrying out the independent analysis of collapses, dilapidation of buildings and facilities. These structures are, as a rule, the places of gathering of large number of people, which emphasizes the significance of the problem and the importance of seeking for methods of its solution to avert irreversible consequences. The urgency of this problem and the latest industrial tendencies in Russia and intensity of large-scale units erection determines the need for development of new structural safety elements. One of which is the automated structural deformation monitoring systems. The need for such systems is reflected in the existing normative and guideline basics and is considered in the course of development of new normative documents on building safety.

## STRUCTURAL MONITORING SYSTEM DEVELOPMENT STAGES

The usual practice and regulations presume development of structural monitoring system at the design stage, harmonization at the building stage and application in the course of erection and operation of buildings and facilities to control structural adequacy (Fig. 1).

At the design stage the hazard model of probable dilapidation is to be outlined. Such model is developed on the basis of location (climatic and geological conditions), design features, purpose of a structure.

Based on the hazard model one should determine the list of parameters to be monitored, processing procedures and technical state evaluation criteria. Using contemporary finite-element analysis tools (ANSYS, "Lyre", MicroFe etc.) a mathematical and computer model of a structure to determine estimated (permissible) values of parameters should be developed.

On the basis of parameter list a set of certain physical quantities (deformation, fluctuation, pressure and of others) and monitoring equipment should be composed.

At building stage the monitoring equipment - strain, pressure, temperature, acoustic emission, vibration sensors (accelerometers, velocimeters), tachometers - are to be installed and enabled. In the course of building the monitoring results obtained using this equipment is compared with previously simulated or estimated values. On building completion the adequacy of mathematical model is to be validated (if necessary, it should be adjusted), and also monitoring result processing

procedures and decision making criteria are to be fine-tuned.

## STANDARD SOLUTIONS OF STRUCTURAL MONITORING SYSTEM ARRANGEMENT. COMPOSITION AND STRUCTURE

The structural monitoring system can be represented as set of following functional blocks (Fig. 2): 1) primary sensors and equipment;

2) data collection and recording system;

3) mathematical and software tools. Primary sensors and equipment are intended for registering of different parameters, which characterize the stress-strained state of separate constructions or group of them. Sensors record such parameters as inclination, sediment, deformation, pressure, space coordinates, frequencies and fluctuations (acceleration, speed), temperature, humidity.

Data collection and recording system is intended for consolidation of primary data according to the results of measurements, digital transformation of signals from sensors and storing of obtained data.

Mathematical and software tools is the intellectual nucleus of monitoring system consisting of the following systems:

- 1) structure's mathematical model;
- 2) software set (special processor) for complex processing of monitoring results, estimation and forecast of structural technical state;
- 3) monitoring system management software pack, which creates reports on results of monitoring.

Mathematical model of a structure is created to determine design values of parameters for monitoring system (for example, calculated deformations in base plate, piles, load earing constructions, dynamic characteristics, such as frequency and oscillation amplitude, transfer functions etc.). Fig. 3-5 represents some results of mathematical simulation for the monitoring systems of the building of legislative and executive city authorities in the Moscow City and the headquarters Siemens and AFK Sistema (Moscow, 39, Leningradsky Avenue), the high-rise building within the scheme called "New Ring of Moscow" (54, Altufevskoe Highway).

Our experience proves that the mathematical model should be created independently from design model of a structure developed by designers. Firstly, these models have different purpose – they are developed to determine and select certain constructive solutions. Monitoring model is intended for initial determination of controlled parameters and further operation of monitoring system after the structure is completed and put into operation. Secondly, the independent model makes it possible to estimate its adequacy and correspondence of a structure to design solutions with more reliability. Monitoring system mathematical models are fine-tuned in the course of building and obtaining of real indices from sensors. As a result, on building completion

the mathematical model of the object of monitoring (after all refinements) corresponds to its real features and is used in operated structure to analyse the results of monitoring, estimation and forecast of defects progressing and it ensures the objectivity of monitoring results analysis.

Monitoring system software is intended for:

- management of monitoring system;
- collection and storage of the information, obtained from sensors and equipment;
- data processing and analysis to determine structural technical state;
- tuning and operating procedures of monitoring system's special; processor to automate determining of structural technical state;
- specifying of managerial decisions and recommendations regarding further most effective operation of a structure;
- integration of monitoring system with other internal dispatcher systems external systems of urban infrastructure.

The examples of specialized structural monitoring sustem software SODIS Building M operation (designed by SODIS, the RF Patent № 2009612830) are shown in Fig. 6 and 7.

Mathematical and software tools allow processing of field measurements along with comparative analysis with design values, obtained in the course of mathematical simulation. This gives the possibility not only to estimate the current structural state, but also to make reliable forecast. Thus, for instance, developed by SODIS in association with NIIMOSSTROY the software pack SODIS Building M and the set of mathematical models on the base of finite-element analysis tool ANSYS 11 makes it possible to determine the trends of controlled parameters (for example, uneven sagging) for the forecasted period and to evaluate using computer simulation the influence of forecasted values of controlled parameters for the future technical state of a structure. Monitoring system does not just report of unfavorable factors to the maintenance service, but also is able to make assumptions, for example, that if in five years prospect no any measures are applied, the technical state of the building would be reckoned as invalid. Fig. 8 renders the graph, drawn by monitoring system showing forecast of the structural technical state.

## REFERENCES

1. RF Patent for useful model № 66525 Monitoring System of Technical State of Buildings and Facilities
2. Eurasian Patent № 006970 Methodology and System for Determining of Stability of Buildings and Facilities
3. Certificate of the RF Committee on Patents and Trademarks № 2009612830 Automated Monitoring System of Technical State of Buildings and Facilities based on Geo-information Technologies (SODIS Building M2.5)". ■



SAFETY

# Structural Fire Loads in a High-rise Building Design

(p. 112)

LEO RAZDOLSKY, PH.D., P.E., S.E.  
LR STRUCTURAL ENGINEERING, INC.

**INTRODUCTION**

The purpose of this study is to obtain a simple approximate analytical expression of structural fire load that can be subsequently used in structural analysis and design on a day-by-day basis.

It has been recognized long time ago that the performance of structural members in a real fire can be very different to the fire resistance of single element of the structural system in a standard furnace. This is important because structural analysis of the whole building (or part of it) subjected to the structural fire load can provide information regarding robustness of the structural design or point out to the weaknesses in the structural system. This is particularly important in innovative structural systems and iconic buildings which are generally much taller, have longer spans and many vertical and horizontal irregularities.

The Structural Engineer is responsible to check the building structure subjected to the structural fire load and to quantify the response of the originally proposed structural system, in realistic fire scenarios, in order to determine if this response is acceptable. Strengths and weaknesses can then be clearly identified and addressed within the structural design, as appropriate. The performance-based structural fire design methods are gaining more and more recognition in recent years in Europe, New Zealand and Australia. The effectiveness of this method was clearly demonstrated in the NIST report (August 26, 2008) regarding investigation of WTC 7 building collapse. The fires in this case were simulated using Fire Dynamic Simulator (FDS). This very complex and comprehensive software allows to get the temperature-time relationship for any given fire model that then passed on to the Structural Engineer for the structural analysis and design of the building. In general the input data (in the FDS software) regarding physical properties (such as thermal conductivity, specific gravity, density, mechanism of chain chemical reaction etc.) is very approximate. For example, the NIST report [1] is commenting on that: "...Indeed, the mathematical modeling of the physical and chemical transformations of real materials as they burn is still in its infancy" and "...In order to make progress, the questions that are asked having to be greatly simplified. To begin with, instead of seeking a methodology that can be applied to all fire problems, we

begin by looking at a few scenarios that seem to be most amenable to analysis... Second, we must learn to live with idealized description of fires and approximate solutions to our idealized equations". In this study few major steps are taken in the direction of simplification and approximation: all differential equations (thermal and mass transfer coupled with Navier-Stokes hydrodynamic flow equations) are written in the dimensionless form. This drastically reduces the total number of parameters in the input data; the equations are simplified to such a degree that solutions will be acceptable and easy to use by the Structural Engineer;

for all practical purposes it will be assumed in this study that the structural system is robust enough and doesn't induce any measurable interior forces (moments, shears etc.), when the maximum gas temperature in the compartment is below T= 300°C and therefore the earliest stage of fire (initial burning) is not important (from structural fire load point of view!) and the chemical reaction of burning process can be drastically simplified and presented as a 1st order chemical reaction (see equations 2.1 below); structural fire load should be viewed the same way as any other environmental load (such as wind load and earthquake load). It means that the design temperature load should also include the structural response factor (similar to the gust effect factor for wind load), force factor (similar to the turbulent effect of wind load); dimensionless solution of differential equations will allow the Structural Engineer to analyze and use the standard fire test results (for example, by using the time equivalence method) as well as to apply the results to the real live fires. It will allow the Structural Engineer to use the standard fire test data in applications of performance-based design methods. The structural fire load has seven major characteristics from structural design loads point of view.

**First**, the incident flux is very high; therefore the dynamic impact on the structural system should be taken into consideration (for example, in Fires after Earthquakes, when the reinforced concrete structure has fully developed cracks).

**Second**, the fire could be localized and act on individual structural members, as well as a fully-developed fire, that

acts on the major part of the whole structural system. From structural design load point of view it means, that the thermal load is a function of coordinates and time.

**Third**, the duration of such fire could be much longer than prescriptive recommendations given by the standard fire test, and the question is how to extrapolate the standard fire test data in this case in order to prevent the progressive collapse of the whole high-rise building structure.

**Forth**, much more elevated temperatures in this case causes the rapid decrease in concrete and steel strength, stiffness of structural elements and the system as a whole, which in turns requires consideration of large deformations with the catenary's action of structural members in case of progressive collapse prevention structural calculations.

**Fifth**, the existing fire test facilities have some size limitations (3.7m X 2.7m ), therefore the extrapolation of fire tests results of structural elements (beams, slabs etc. ) on the real-world high-rise building elements and systems raises a potential concern.

**Sixth**, in a high-rise building the incident flux on the structural elements or major portions of the whole structural system is expected to fluctuate with the time causing the dynamic stresses on top of static stresses created by temperature load application.

**Seventh**, sustainability of a high-rise building at the design stage under abnormal structural fire loading conditions is a very important subject in structural design. There are two primary means to address global stability of a compromised high-rise building structure: direct design and indirect design approaches. The indirect design provides general statements to enhance structural system as a whole by increasing robustness, ductility etc. without specific consideration of abnormal thermal load due to fire event [2]. The direct design approach considers abnormal thermal design loading combination and develops structural system sufficient to arrest a progressive collapse. Structural analysis in this case are sophisticated, complex and costly [3]. However they are very sensitive to small changes in assumptions. For that reason the approximate analysis of a global stability of a compromised structure has been developed [4, 5].

In order to achieve all this goals the general theory of creep deformations has been employed, since it allows a structural engineer to analyze the structural problem from the very beginning of a fire development to the very end. Obviously, in today's computer- oriented world most of these problems should be solved by using very sophisticated and complex structural engineering software. Approximate structural analysis in case of thermal load are very useful in weeding out the less important parameters required for structural design and, on the other hand, they are very helpful in establishing the group of parameters that are critical for structural analysis and design. Any structural system in this study will be substituted by One Degree of Freedom (ODOF) for dynamic analysis. The temperature load in case of fire is presented by non-dimensional approximation of the curve from the ASTM E 119 Standard [2].

From mathematical point of view both the thermodynamic process of multiple fire propagation in tall buildings and the theory of non-steady combustion (part of explosion theory) are described by similar system of differential equations. For this purpose first, let's examine some differences and amalgamations between combined effects on structural system from multiple fires and "local" explosions. They are as follows:

Both of them are thermo-positive chemical reactions that can be described by similar differential equations. Both of them have periods of ignition ("growth period" in case of fire). However, non-dimensional parameters are different.

Both of them have a self ignition period ("flash-over" in case of fire). However, again, non-dimensional parameters characterizing self ignition are different.

Thermodynamics (combination of conduction, radiation and convection) can be described by similar parameters in both cases.

Hydrodynamics of both processes are described by using so-called "opening factor F" in case of fire and similar parameter "K<sub>v</sub>" used in this article. This is the most important parameter in both cases.

The type of fire that may occur is defined by the amount of combustible materials and the size and locations

TABLE 2. STANDARD FIRE EXPOSURE CURVE DATA

| Temp. °F | Temp. °C | Temp. °K | Time "t" (fire rating) (hours) | Dimensionless Time "t" | Dimensionless Temp. θ | Dimensionless Area AR |
|----------|----------|----------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1000     | 538      | 811      | 0,083                          | 0,00305                | 3,5                   | –                     |
| 1300     | 704      | 977      | 0,167                          | 0,00615                | 6,28                  | 0,01534               |
| 1550     | 843      | 1116     | 0,5                            | 0,0184                 | 8,6                   | 0,11616               |
| 1700     | 927      | 1200     | 1,0                            | 0,0368                 | 10,0                  | 0,28359               |
| 1850     | 1010     | 1283     | 2,0                            | 0,0736                 | 11,38                 | 0,68780               |
| 2000     | 1093     | 1366     | 4,0                            | 0,1472                 | 12,77                 | 1,56709               |
| 2300     | 1260     | 1533     | 8,0                            | 0,2944                 | 15,55                 | 3,68035               |

of the windows in the building. Based on heat release rate the fire can be classified as slow, medium, fast and very fast.

The total energy released during "local explosion" or building fire has a quasi-dynamic effect on structural system, depends on the period of ignition or the flash-over period in case of fire. The temperature time curves as a function of the opening factor K<sub>v</sub> ("F" – in case of fire) had been developed. The results of approximate structural analysis are presented in a compact analytical form that can be used later on in establishing a set of goals or rules, i.e. codes or standards. The final results of this study are presented in such simple form, and practical examples are provided.

**STRUCTURAL FIRE LOAD DESIGN**

Let's consider now the average distribution of temperature and combustion rate in space

(The non-stationary process of chemical reaction). The equation (2.4) and (2.5) are simplified further [6]:

$$\frac{d\theta}{dt} = \delta(1 - C)^k \left( \exp \frac{\theta}{1 + \beta\theta} \right) - \tau\theta^4 \quad (2.6)$$
$$\frac{dC}{dt} = \gamma\delta(1 - C)^k \left( \exp \frac{\theta}{1 + \beta\theta} \right) \quad (2.7)$$

Parameter "δ" is calculated based on [10]:

$$\delta_{cr} = 12.1(\ln \theta_*)^{0.6} \quad (2.8)$$

Based on SFPE guide [2004] and "Swedish" fire curves [7, 8] for the post-flashover realistic fire exposure we can standardize fires as follows:

Now, for each category of fire exposure we can set up a typical problem from mathematical Optimum Control Theory [9, 10]: find the solution of differential equations (2.6) and (2.7) and the control parameter "γ\*", if the extra condition regarding T<sub>max</sub> from table 1 is satisfied: T (t, γ\*) = T<sub>max</sub>.

The direct solution of equations (2.3) and (2.4) is the "normal" way of solving the problem. However in case of developed fire in a large building volume the mathematical modeling of the physical and chemical transformations of real materials are known only with some degree of

confidence. At the same time based on many full fire test results data one can expect that the solutions of (2.3) and (2.4) should have certain well known parameters for the maximum temperature, type of temperature-time function etc. This allows us to set up the "reverse" to "normal" process of solving problem: by providing the additional requirements (T<sub>1</sub> < T<sub>max</sub>, < T<sub>2</sub>, where T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub> are given) find the range of parameter γ. From physical point of view this parameter characterizes the ratio of heat flux that is discharged thru the compartments openings divided by the heat flux that is produced by the burning fuel (at the referenced temperature T\*) [10]:

$$\gamma = c_v RT_*^2 / QE$$

-Dimensionless parameter that characterizes the amount of fuel burned in the compartment before the temperature had reached the baseline point of T\*=300°C. ( 0 < γ < 1 ). If this parameter is small, then the fire will have a flash-over point, and if it is large – the fire will proceed in a steady-state motion until the decay stage. In order to calculate this parameter we have to know the potential energy (heat of combustion – "Q") of the system at the baseline temperature T\*=300°C and the specific heat "c<sub>p</sub>". Physical properties "Q" and "c<sub>p</sub>" cannot be measured with 100% accuracy. The heat of combustion is influenced both by the physical form of the fuel, temperature, and its chemical composition (fuel chemistry). These values normally come from controlled laboratory experiments, and the test procedures presume 100 % fuel consumption. The fuel samples are controlled for moisture, density, weight, which seldom, if ever occurs in a real life situation. Therefore, in most cases these published values [11] in case of fire are subject to a sizable uncertainty, and parameter "γ" will be considered in this study as an unknown parameter in equations (2.4) and (2.5). In order to overcome this uncertainty of input value, the mathematical theory of Optimal Control [9] has been used: this allows

us to obtain the solution of differential equations and the dimensionless "uncertain" parameter based on an extra requirement (so-called "payoff functional"), which in our case is the maximum temperature that is known from the fire tests results, or the area between the temperature-time curve and the horizontal line of T=300°C. This allows us also automatically connect the performance based and the prescriptive design methods.

**Time Equivalence Method**

The fire severity could be related to the fire load of a room and expressed as an area under the temperature-time curve. The time equivalent concept makes use of the fire load (see Table 1) and ventilation data in a real compartment fire (see Table 3) to produce a value, which would be "equivalent" to the exposure time in the standard test [12]. The t-equivalence has been defined as the exposure time in the standard fire resistance test which gives the same heating effect on a structure as a given real life compartment fire. Thus any fire temperature-time history could be compared to the standard curve. The severities of two fires are equal if the area under the temperature-time curves were equal (above a base line of 300°C). In order to achieve this goal let's use again the Optimal Control Method: obtain the solution of equations (2.6) and (2.7) with initial conditions (2.2) and the time "τ<sub>e</sub>" (effective dimensionless time), if the payoff functional is:

$$\int_0^{\tau_e} \theta(\tau) d\tau = AR \quad (2.17)$$

Where: AR – Area under the temperature-time curve (above a base line of 300°C) from the standard test for a given fire rating exposure time. This is called a "fixed endpoint, free time" problem in "Optimal Control Method" theory. First, let's rewrite the standard fire exposure curve data (NFPA 251) [12] in terms of dimensionless temperature and time (see Table 2 below):

The corresponding regression curve: θ = 4.12 + 7.5 log(102τ + 1) (2.18)

Second, let's calculate now the effective time "τ<sub>e</sub>": a) for each fire severity case (see Table 1) and a given fire rating (see Table 4) read the number "AR" (Table 4 – last column); b) substitute "AR" into (2.17) and find the solution of equations (2.6), (2.7) with initial conditions (2.2) and the functional (2.17) c) the corresponding dimensionless time (upper limit of the integral) of the real life compartment fire (see Table 5 below) transfer into the real duration time (see Table 5 below). Now the time interval ( 0 < τ < τ<sub>e</sub> ) of structural fire load application is defined completely ( see formulas (2.9) – (2.12)). Obviously, the time equivalence method works both ways: if for some reason the Structural Engineer or the Owner has defined the time interval of structural fire load application, then the structural elements should have a corresponding fire rating. In some cases the abnormal fire might spread from one floor to the next one, and the compromised building system will be subjected to the structural fire load for much longer period of time, therefore for all practical purposes the time in equations (2.6) and (2.7) should be assumed: τ → ∞. The same assumption must be made, if the whole compromised building structure is checked for global stability [5] or excessive deformations due to decrease in stiffness with the temperature rise (or cool-off). In order to provide this type of structural design calculations the general creep theory will be used [13].

We can compare also the fire growth constants (α) for four standardized T2 fires [14, 15] with our results from cases 1 thru 4 (the temperature gradient has been calculated at the "flash-over point: the second derivation of θ̈(τ) = 0 ).

The most important cases from structural design point of view (cases 1 and 2) have shown a very good correlation. The classification of fires given in tables 1 and 2 are similar to the format that has been proposed by the Structural Engineers Association of California for the performance-based earthquake design, however in our case formulas (2.9) thru (2.12) and Tables 1 & 2 provide the parametric quantities of fires developments and the corresponding temperature-time relationships. The analysis of solutions of differential equations (2.6) and (2.7) (as a function of dimensionless parameters "P" and "γ") can provide a very valuable information for the preliminary and approximate structural design process. For example, the temperature-time functions provided above are given for the opening factor K<sub>v</sub>=0.05. The relationships between maximum fire temperature in the compartment and the opening factor are a very important piece of information that the Structural Engineer would require for any preliminary design. This information is provided below (see below Table 3



TABLE 3. EFFECTIVE TIME “t<sub>e</sub>”.

| Category  | Fire rating<br>0.5 hour | Fire rating<br>1 hour | Fire rating<br>2 hours | Fire rating<br>3 hours |
|-----------|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Very Fast | 1,04                    | 1,77                  | 4,89                   | 8,15                   |
| Fast      | 1,17                    | 2,23                  | 6,20                   | 10,87                  |
| Medium    | 1,27                    | 2,6                   | 7,09                   | 12,23                  |
| Slow      | 1,82                    | 4,35                  | 11,68                  | 14,95                  |

TABLE 4. FIRE GROWTH CONSTANT

| Category   | Fire Growth<br>Constant ,<br>kJ/sec | θ at “flash-over<br>point | Fire Growth<br>Constant<br>(calculated)<br>kJ/sec | %     |
|------------|-------------------------------------|---------------------------|---|-------|
| Ultra fast | α = 0,1876                          | 489                       | α = 0,1678  | 11,8  |
| Fast       | α = 0,0469                          | 120                       | α = 0,0412  | 13,8  |
| Medium     | α = 0,01172                         | 70                        | α = 0,02402                                       | –48,8 |
| Slow       | α = 0,00293                         | 7,37                      | α = 0,002529                                      | 15,8  |

5. TABLE 5. DIMENSIONLESS TEMPERATURE-OPENING FACTOR K<sub>v</sub> DATA

| Opening<br>Factor | Case#1            | Case# 2           | Case# 3           | Case# 4           |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| K <sub>v</sub>    | θ <sub>1max</sub> | θ <sub>2max</sub> | θ <sub>3max</sub> | θ <sub>4max</sub> |
| 0,02              | 20,6              | 11,27             | 5,44              | 4,09              |
| 0,03              | 16,7              | 9,89              | 5,14              | 3,93              |
| 0,04              | 13,6              | 8,93              | 4,9               | 3,81              |
| 0,05              | 11,74             | 8,2               | 4,71              | 3,71              |
| 0,06              | 10,45             | 7,65              | 4,54              | 3,62              |
| 0,08              | 8,59              | 6,84              | 4,28              | 3,46              |
| 0,1               | 7,43              | 6,24              | 4,07              | 3,34              |
| 0,12              | 6,62              | 5,78              | 3,89              | 3,24              |
| 0,15              | 5,78              | 5,27              | 3,69              | 3,1               |
| 0,2               | 4,89              | 4,67              | 3,42              | 2,93              |

or Fig.5 and analytical formulas (2.13) thru (2.16)).

Case #1:

$$\theta_{1\max}=22.75-229.3K_v+721.3K_v^2 \quad (2.13)$$

Case#2:

$$\theta_{2\max}=12.25-85.62K_v+244.9K_v^2 \quad (2.14)$$

Case#3:

$$\theta_{3\max}=5.77-22.88K_v+56.4K_v^2 \quad (2.15)$$

Case#4:

$$\theta_{4\max}=4.27-12.16K_v+27.71K_v^2 \quad (2.16)$$

#### Six fire growth scenarios: structural fire load

Two more fire growth scenarios are added here: “fire after moderate earthquake” (case 5) and “ fire after severe earthquake” (case 6). All cases of structural fire load (dimensionless temperature-time functions) can be summarized now as follows:

Case 1:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2)$$

With the second derivation of it:

$$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau / a - 1)^2 / 2(\sigma / a)^2) \times \times [1 - (\tau / a - 1)^2 / (\sigma / a)^2]$$

Where: τ<sub>m</sub> - dimensionless time at the maximum value of temperature

And A = 11.3; a = 0.089; σ = 0.169

Case 2:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2) \quad (2.10a)$$

With the second derivation of it:

$$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau / a - 1)^2 / 2(\sigma / a)^2) \times \times [1 - (\tau / a - 1)^2 / (\sigma / a)^2]$$

Where: A = 6.95; a = 0.0646; σ = 0.109

Case 3:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2) \quad (2.11a)$$

With the second derivation of it:

$$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau / a - 1)^2 / 2(\sigma / a)^2) \times \times [1 - (\tau / a - 1)^2 / (\sigma / a)^2]$$

Where: A = 4.55; a = 0.0802; σ = 0.1075

Case 4:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2) \quad (2.12a)$$

With the second derivation of it:

$$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau / a - 1)^2 / 2(\sigma / a)^2) \times \times [1 - (\tau / a - 1)^2 / (\sigma / a)^2]$$

Where: A = 3.73; a = 0.0893; σ = 0.1063

Case 5: Impact temperature action after moderate earthquake action

Simple by-linear graph (see Fig.5) illustrates the temperature impact load on structural system (when t<sub>1</sub> → 0). It also proves that the maximum dynamic coefficient in this case is equal 2 with respect to deflections, but it could be more than 2 with respect to interior forces (moments, shears etc.). The total deflection in this case is [18]:

$$y_{tot} = \alpha T_{max} L [1 \pm \frac{\sin(\tau_1 / 2)}{(\tau_1 / 2)}] \quad (2.13)$$

Where: τ > τ<sub>1</sub> & τ<sub>1</sub> = ωt<sub>1</sub>

From Eq. (2.13) we have that the maximum dynamic coefficient K<sub>d</sub>= 2 .The dynamic forces and stresses in a structural element are a function of dynamic displacement only.

Case 6: Impact and fluctuations

The real temperature-time curve has some fluctuations of maximum temperature due to the hydrodynamic effect of fire propagation [15]. It will be assumed in this case that these fluctuations are small

(±10°C), but they appear with the frequency very close to the natural frequency of the structural system (θ = .95ω) (see Fig.6):

$$T = T_m [1 + 0.01 \sin \theta]$$

The dynamic deflection from temperature fluctuation only is as follows:

$$y_a = \frac{\alpha T_m L}{1 - (\theta / \omega)^2 - (\varepsilon / \omega)^2} \exp(-\varepsilon \tau / \omega) \times \quad (2.14)$$

$$\times [\sin(\frac{\theta}{\omega}) \tau - \frac{\theta}{\omega} \sin \tau]$$

Where: k = θ / ω; τ = ωt

. Equation (2.14) describes a beating process [19] in this case with the period.If ω = 44rad / sec ,

$$\varepsilon = 0.8 \text{sec}^{-1} \text{ \& } \theta / \omega = 0.98$$

the dynamic coefficient is K<sub>id</sub>=25.5 and t<sub>ec</sub>=3.13sec. It has been assumed, that only 0.01Tmax is creating the fluctuations of temperature, therefore the combined (Case 5 & 6) dynamic coefficient in this case is: K<sub>d</sub> = 2+0.01(25.5)=2.3. This case should be recommended for abnormal fires following immediately after severe earthquake (zone 3 & 4).

#### Dynamic effect of fire severity on structural systems design

If the fire growth constant is large (see Table 2), then one can expect the significant dynamic effect of temperature-time load on structural analysis and design. Similar to the wind load any thermal load has two components: static and dynamic (the second derivation of the temperature-time function multiplied by the mass and the coefficient of linear expansion produce the dynamic force acting on a structural system). If the temperature acceleration is high, so is the dynamic force. In order to calculate the dynamic effect (dynamic coefficient) we will analyze the “One Degree of Freedom” (ODF) structural system:

$$\ddot{y}_d + \omega^2 y_d = -\ddot{\Delta}_{lt} \quad (2.19)$$

Where: y<sub>d</sub> – the dynamic portion of a total displacement “y”:

$$y = \Delta_{lt} + y_d \quad (2.20)$$

and Δ<sub>lt</sub> is the static portion of total displacement due to temperature: Δ<sub>lt</sub> = αT(t)L and

$$\ddot{\Delta}_{lt} = \alpha \ddot{T}(t)L \quad (2.21)$$

Where: α – coefficient of linear expansion; L – linear dimension of a structural element; ω – natural frequency (vertical or horizontal vibrations) of structural system (or element) that can be calculated using any classical methods or approximate formulas from [16] for horizontal vibrations only.

The dynamic coefficient now is defined as:

$$K_d = \frac{y}{\Delta_{lt}} \quad (2.22)$$

In order to obtain the dynamic coefficient, let’s substitute now functions (2.9b), (2.10b), (2.11b) and (2.12b) into (2.19) and then into (2.22). The results are summarized and presented below (see Table 6).The most significant dynamic effect the thermal load has in cases 1,2 & 3 (very fast, fast and medium fire growth category). It is also shown that the most vulnerable are the flexible structures (ω < 1.0Hz ) [16]. In case of “Very Fast” and “Fast” fire categories some type of beating vibrations can be induces (see Fig.6 &7 below). (Compare with “normal” oscillations in case of more rigid structures (ω > 1.0Hz ): see Fig.8).

For the detailed information regarding all practical applications of structural fire load in steel and reinforced concrete design see [17, 18]. The temperature effect on steel and reinforced concrete materials using general creep theory see [17].

#### Mechanical creep theory

The term creep of reinforced concrete is applied to the phenomenon in which, at temperatures beyond a certain limit, the reinforced concrete subjected to a load undergoes deformation with time. In our case the creep phenomenon should be taken into account, when the steel reinforcement is at temperatures above 400 degrees C. Slow deformations for a prolonged period are cumulative and lead either to inadmissible changes in dimensions of a structural member or to its failure. The general mechanical Theory of Creep gives the functional relations between three variables: stress, strain and time. In this respect

the general creep theory allows the Structural Engineer to analyze the structural system subjected to the impact, static and dynamic loads at the same time. The simplest model that will be used in our study is [25]:

$$E \dot{\varepsilon} = \dot{\sigma} + A \sigma \quad (3.1)$$

The most general type is described by the integral equation:

$$E \varepsilon(t) = \sigma(t) + \int_0^t \sigma(\tau) K(t - \tau) d\tau \quad (3.2)$$

Where: K(t – τ) - is the kernel of integral equation (3.2).

The use of creep theory in our case will be limited to two major objectives: 1) to extrapolate the experimental data regarding stiffness of a structural member (system) beyond the testing time (abnormal fire could last much longer than prescribed testing time); 2) provide approximate rate of structural element (system) stiffness decrease as function of temperature only. Since creep theory is a very complex one, all intermediate mathematical operations are not presented in this study, and only final results are provided. The following Example 1 illustrates the application of general creep theory in case of abnormal thermal load acting on a structural system.

#### Example 1

Data: Absolutely rigid reinforced concrete beam A-B-C is supported by two steel hangers DB & EC. The abnormal fire is affecting the steel hanger EC only. Force “P” is applied at point C. Both hangers have the same cross sectional area. “H” is the height and “a”=“b”. After 4 hours of fire the modulus of elasticity of the hanger EC is equal to .25E, therefore: E<sub>ec</sub> = .25E<sub>db</sub>. Find distribution of interior forces N<sub>ec</sub> & N<sub>db</sub> at this moment, redistribution of forces at any given moment after four hours of fire duration ( assume, that the fire continuous with constant temperature T=1000°F), and distribution of forces at t → ∞ (the possibility of progressive collapse). The structural system is statically indeterminate system. By separating the structure at point “B”, the two free body diagrams are obtained and the unknown force:

X<sub>1</sub>= N<sub>db</sub>:

Solution. The corresponding equations (force method) are:

$$\delta_{11} X_1 + \Delta_{1p} = 0 \quad \text{Or} \quad (3.3)$$

$$\delta_{11} \dot{X}_1 + \dot{\Delta}_{1p} = 0$$

In order to calculate parameters δ<sub>11</sub>; Δ<sub>1p</sub> & Δ<sub>1p</sub> , let’s use the creep deformation equation (3.1). After all mathematical simplifications, the following differential equation will be obtained:

$$\dot{X}_1 + .5X_1 = A P \quad (3.4)$$

The solution of equation (3.4) with initial condition: X<sub>1</sub>(0) = P is:

$$X_1 = N_{bd} = -P[\exp(-.5At) - 2] \quad (3.5)$$

and:

$$N_{ec} = P - .5X_1 = .5P \exp(-.5At) \quad (3.6)$$

Finally, the answers are: 1) at the initial moment (four hours after the fire started) N<sub>bd</sub>=P & N<sub>ec</sub>=.5P; 2) at any given time after initial moment the forces are defined by (3.5) and (3.6), and 3) N<sub>bd</sub>=2P & N<sub>ec</sub>=0, when t → ∞ . It is interesting to underline, that the same results could be obtained by using the general type (3.2), because the kernel of integral equation in this case is equal A. The long term stiffness is defined from linear creep theory as:

$$H = \frac{E}{1 + \int_0^\infty K(\theta) d\theta} \quad (3.7)$$

From (3.7), the long term stiffness for member EC is zero, since the kernel is constant, and therefore the force N<sub>ec</sub>=0.

#### Example 2

Data: Continuous reinforced concrete beam, restrained against longitudinal expansion. End span L<sub>e</sub>=30’. Data is taken from [CRSI, 1984]: Service load: D.L. =87psf; 25% L.L. =43psf. Spacing -14’-0”. Total service load: 1.8klf; total ultimate load 6.4klf. Concrete: 4<sup>ksi</sup>. Steel f<sub>y</sub>=60<sup>ksi</sup>. Section: w=16”; h=30”. Reinforcement: top 4\_#11; bottom 4\_# 10. with #5 @13” o.c. ties. Modulus of elasticity E=3600<sup>ksi</sup>. Maximum temperature: T<sub>m</sub>=1000°F. Case “5”. Natural frequency ω=30.9 rad./sec. t<sub>e</sub>=203 sec. ε = αT<sub>m</sub> = .0055 ΔL = 1.98”. The beam will buckle downwards and the deformed length is (using non-linear deformations) L<sub>tot</sub> =361.98” with max. Rise f= 18.9”. The horizontal reaction (catenary’s action from service load): P = M / L√2ε or P=64.4k. (See Fig.7). The bottom of the beam is the only fire-exposed side. Additional bending moment due to the differential temperature between top and bottom of the beam is (unexposed side has a normal room temperature): M<sub>o</sub> = EIα(T<sub>b</sub> – T<sub>i</sub>)/h The differential equation in this case is: EI (y’’) + Py = -Mo (3.8) The solution of (3.8) with boundary conditions y(0)=y(L)=0 is:

$$y = \frac{EI\lambda(T_b - T_i)}{hk^2} [\cos kx + \frac{\sin kx}{\sin kL} (1 - \cos kL) - 1] \quad (3.9)$$



Where:  $k^2=P/EI$ .  
 Let's calculate deflection "y" at  $x=L/2$ :  
 $y=.75''$ .  
 Additional moment:  $\Delta M = P_y = 48.3^{ft-k}$ .  
 Dynamic coefficient (Case "5"):  $K_y=2.0$ ,  
 therefore:  $H_d = 128.8k$  &  $\Delta M_d = 96.6^k$ .  
 Total moment and shear:  $M=299.1^{ft-k}$  &  
 $V=\sqrt{27^2+128.8^2}=131.6^k$ . Total dynamic  
 coefficient:  $K_{dm}=1.48$  and  $K_{dv}=4.87>2$ .  
 Now, let's calculate the fire endurance  
 rating time. Try  $t=3.5$  hours. The  
 kernel of integral equation (3.2) is as  
 follows:  $K(\theta) = \exp(-b\theta)$ . Other  
 kernel's type for different materials  
 is given in [19]. Calculate the  
 reduction coefficient "n" based on  
 equation (3.7) for any given time:

$$n = \frac{E}{H} = 1 + \int_0^t K(\theta) d\theta \quad (3.8)$$

Where: H - modulus of elasticity  
 at a given time "t". Calculate "n"  
 as follows, if  $b=.333$ :  $n=2.07$ .  
 Therefore, the yielding stress of the  
 steel reinforcement is as follows:  
 $F_y=60/2.07=29^{ksi}$ . Compare this  
 result with Fig. 2.9 from [ACI 216.1-  
 97]:  $n=52\%$  or  $F_y=31.2^{ksi}$ . Now, let's  
 calculate the compression concrete  
 block "a":  $a=5.08(29)/.85(4)=2.7$ ,  
 and nominal bending moment:  
 $M=[5.08(29)(28-2.7/2)]=3925k-in.=327^{ft-k}$ . O.K. Let's  
 check shear reinforcement. Total  
 Shear  $V=[272+128.8]=131.6k$ .  
 Concrete shear  $V_c=56.7k$ , and  
 $V_s=74.9k$ . Calculate the spacing of  
 shear reinforcement required as  
 follows:  $s=.62(29)28/74.9=6.72''$   
 (use 14\_#5 ties @  $s=6.5''$  at each  
 end of the beam and #5 @  $13''$  o.c.  
 in the middle). Provided originally  
 #5 @  $13''$  o.c. ties throughout the  
 beam are not sufficient (the beam  
 is restrained at both ends). Finally,  
 check fire endurance of the beam,  
 when duration of fire is much longer  
 than 3.5 hours, i.e.  $t>3.5$  (catenary's  
 action or progressive collapse  
 arrest). Formula (14) in this case is  
 as follows:

$$n = 1 + \int_0^t \exp(-.333\theta) d\theta = 4 \quad (3.9)$$

Therefore,  $F_y=60/4=15^{ksi}$  and  
 maximum catenary's force  $T=5.08(15)=75k$ .  
 $>64.4k$ . O.K.  
 (Progressive collapse requirement is  
 satisfied in this case).

**Example 3**  
 Data: Simply supported reinforced  
 concrete transfer girder, restrained  
 at both ends, span  $L=20'$ . Fire  
 exposure on three sides, therefore  
 additional bending moment  
 accrues due to restrained ends only.  
 Cross-section:  $w=24''$ ;  $h=48''$ . Main  
 reinforcement: 10\_#9 (bottom).  
 Concentrated force (service load)  
 at midspan  $P=200k$ ;  $T_m=1000^{\circ}F$ .  
 Case "B". Natural frequency  
 $\omega=44rad./sec.$  &  $t_g=.143sec$ .  
 $L_{tot}=240.936''$  with max. rise  $f=9.29''$ .  
 $H=566^k$ . Additional moment:  
 $\Delta M = Hf = 438^{ft-k}$ . Dynamic  
 coefficient (Case "5"):  $K_y=1.9$ ,  
 therefore:  $H_d=1075k$  &  $\Delta M_d=832.2^{ft-k}$ .  
 Original moment and shear:  
 $M=1000^{ft-k}$  &  $V=100k$ . Total moment  
 and shear:  $M=1,832.2^{ft-k}$  &  $V=1080k$ .

Total dynamic coefficient:  $K_{dm}=1.83$ .  
 Check structural fire endurance  
 of this girder. Try  $t=3.5$  hours. The  
 reduction coefficient "n" is the same  
 as in example 2:  $n=2.07$  and  $F_y=29^{ksi}$ .  
 Calculate compression block "a":  
 $a=10(29)/.85(4)=2.7$ . Nominal  
 moment:  $M=1020^{ft-k}<1832^{ft-k}$ . N.G.  
 Try  $t=2.0$  hours. Calculate reduction  
 coefficient "n" from (14):  $n=1.486$   
 and  $F_y=40.38^{ksi}$ . Nominal bending  
 moment:  $M=1397.3<1832.2$ . N.G.  
 Provide additional 4\_#9bars.  
 Recalculate "a" and "M":  $a=6.93''$  &  
 $M=1909.6^{ft-k}>1832.2^{ft-k}$ . O.K. Finally,  
 check fire endurance of the girder,  
 when fire duration is much longer  
 than 2 hours. Coefficient "n" and  
 yielding stress  $F_y$  are the same (see  
 example 2), therefore the maximum  
 catenary's force  $T=15(14)=210k$ .  
 $<566k$ . - N.G. (Progressive collapse  
 requirement is not satisfied in this  
 case).

**Example 4**  
 Data: Simply supported steel beam  
 W24x55,  $F_y=50ksi$ ,  $S=114in^3$ , (original  
 design), restrained at both ends,  
 span  $L=40'$ , uniformly distributed  
 load  $w=1.0$  k/ft.  $T_m=600^{\circ}C$ . Case  
 "2", Fire Rating: 1 hour. Natural  
 frequency  $\omega=16.2$  rad./sec.  $t_g=.388$   
 sec.  $\epsilon=\lambda T_m=.0039$   $\Delta L=1.87''$ . The  
 beam will buckle downwards and the  
 deformed length is (using non-linear  
 deformations)  $L_{tot}=481.87''$  with max.  
 Rise  $f=18.6''$ . The horizontal reaction  
 (catenary's action):  $H=M/L\sqrt{2\epsilon}$   
 or  $H=56.6k$ . Additional moment:  
 $\Delta M = Hf = 87.73^{ft-k}$ . Dynamic  
 coefficient (Case "2"):  $K_d=1.12$   
 (conservative -see Table 6, Fast  
 Fire), therefore:  $H_d=63.4k$  &  $\Delta M_d=98.3^k$ .  
 Moment and shear from  $w=1.0k/ft$ :  
 $M=200^{ft-k}$  &  $V=20^k$ . Total  
 moment and shear:  $M=298.3^{ft-k}$  &  
 $V=\sqrt{20^2+63.4^2}=66.5^k$ . Total  
 dynamic coefficient:  $K_{dm}=1.49$  and  
 $K_{dv}=3.32>2$ . Conclusion: connections  
 design is critical!  
 Per AISC Code 50% reduction in L.L. is  
 allowed in load combinations. Assume:  
 $DL=0.5k/ft$  &  $L.L.=0.5k/ft$ , therefore  
 the reduction coefficient is:  $r=0.75$  and  
 Total moment and shear:  $M=223.7^{ft-k}$  &  
 $V=\sqrt{20^2(0.75)^2+((0.75)63.4)^2}=50^k$ .  
 From Table 5 for 1 hour fire rating:  
 effective time of real life fire:  $t_g=2.23$   
 hours. Calculate the yield strength reduction  
 factor per formula (3.8):

$$n = \frac{E}{H} = 1 + \int_0^t \exp(-.333\tau) d\tau = 2.57$$

and the reduced  $F_y=50/2.57=19.4ksi$ .  
 The required section modulus is:  
 $S_{req}=223.7(12)/19.4=138.4in^3$ . Provide  
 W24x68 ( $S=154>138.4$  O.K.).  
 Now, let's check the catenary's  
 action. Per formula (3.9):  $n=4$ .  
 The reduced  $F_y=50/4=12.5ksi$  and  
 the required cross-section area  
 is:  $A_{req}=47.55/12.5=3.8<20.1$ .  
 provided. (Progressive collapse  
 requirement is satisfied in this  
 case).

**Example 5**  
 Data: Simply supported girder W36x160,  
 $F_y=50ksi$ , restrained at both ends, span  
 $L=20'$ , concentrated force at mid-  
 span  $P=200k$ . ( $P_{DL}=100k$ . &  $P_{LL}=50k$ .  
 - reduced per AISC Code)  $T_m=600^{\circ}C$ .  
 Case "2"., Fire Rating: 1 hour, Natural  
 frequency  $\omega=44rad./sec.$  &  $t_g=.143sec$ .  
 $L_{tot}=240.936''$  with max. rise  $f=9.29''$ .  
 $H=424.5^k$ . Additional moment:  
 $\Delta M = Hf = 328.5^{ft-k}$ . Dynamic  
 coefficient (Case "2" -Fast Fire):  
 $K_d=1.0$ , therefore:  $H_d=424.5k$ . &  
 $\Delta M_d=328.5^{ft-k}$ . Original moment  
 and shear:  $M=1000^{ft-k}$  &  $V=100k$ .  
 Total reduced moment and shear:  
 $M=1,078.5^{ft-k}$  &  $V=431k$ . Similar to  
 Example 4 we have now from Table  
 5 for 1 hour fire rating: effective time  
 of real life fire:  $t_g=2.23$  hours and from  
 formula (3.8)  $n=2.57$ . The reduced  
 $F_y=50/2.57=19.4ksi$ . The required  
 section modulus is:  $S_{req}=1,078.5(12)/19$   
 $.4=667.1in^3$ . Provide W36x194 ( $A=57.0$ ;  
 $S=664=667.0$  O.K.).  
 Now, let's check the catenary's  
 action. Per formula (3.9):  $n=4$ . The  
 reduced  $F_y=50/4=12.5ksi$  and the  
 required cross-section area is:  
 $A_{req}=424.5/12.5=33.96<57.1$ -provided.  
 (Progressive collapse requirement is  
 satisfied in this case).

**Example 6**  
 Steel Floor Truss (Long span bar joist):  
 $L=40'$ ; Height  $h=3'-0''$ ; Panel length  
 $a=5'-0''$ ; Dead Load  $1.0k/ft$  ( $D.L.=0.5k/ft$   
 &  $L.L.=0.5k/ft$ );  $T_m=600^{\circ}C$ . (all  
 members) Case "2".  
 1.  $T_m=600^{\circ}C$  (static load): End  
 panel (bottom chord)  $N_1=90.63k$ . ;  
 Deflection at mid-span:  $\Delta_1=2''$ ;  $\omega=14.0$   
 rad/sec.=2.23 Hz.  
 2.  $P=1k$ . (At mid-span): deflection  
 $\delta_{11}=1.176''$ .  
 3. Dynamic coefficient (Case "2", Table  
 6):  $K_y=1.12$  (conservatively).  
 4. Dynamic interior force (End panel):  
 $N_{1d}=- (90.63)(1.12)(2)/1.176=172.6k$ .  
 (Original design without temperature  
 effect:  $N_{1d}=-12.0k$ .)  
 5. Total force:  $N_{1tot}=- (90.63+172.6+12.0)$   
 $=-275.3k$ .  
 Conclusion: End panel is failing.

**Example 7**  
 Steel Frame:  $L=20'$ ;  $H=10'$ ;  $P=200k$ .  
 $T_m=600^{\circ}C$ . Case "2". Beam: W36x160;  
 Col. W14x99  
 The girder from Example #5 is  
 supported now by two columns,  
 therefore it is partially restrained at  
 both ends (due to bending of columns).  
 The simple computer analysis provides  
 the following results:  
 1. From force  $P=200k$ . Moment at mid-  
 span  $M=875.68^k$ ; deflection at the  
 same point:  $\delta_{11}=.024'$ ;  $\omega=36.6$  rad/  
 sec.=5.83 Hz.  
 2. Dynamic coefficient (Case "2", Table  
 6):  $K_y=1.0$   
 3. From temperature  $T=600^{\circ}C$  (beam  
 only):  $M=540.6^k$  and deflection  
 $\Delta_1=.014'$  (downwards).  
 4. Dynamic moment from unit  
 displacement ( $K_d=1.9$ ):  $M_d=(1.0)656.8(.014)/(.024)=383.1^k$ .  
 5. Total moment (with 50%L.L.  
 reduced):  $M_{tot}=656.8+540.6+383.1=1,$   
 $306.8^k$ .

6. Total effect from fire (temperature):  
 $K=1306.8/875.68=1.5$   
 Similar calculations are provided for  
 the negative moment at the face of  
 column:  
 1. From force  $P=200k$ .  $M^{sup}=124.32^k$   
 2. From temperature load (the same):  
 $M=540.6^k$ .  
 3. Dynamic moment:  $M_d=(1.0)124.32(.014)/(.024)=72.52^k$ .  
 4. Total moment:  $M_{tot}=124.32+540.6+72.52=737.44^k$   
 5. Dynamic coefficient  
 $K_y=5.93$   
 Conclusion: The dynamic coefficient  
 is a function of coordinate and the  
 temperature-time curve.

## RESULTS

Six fire growth scenarios have  
 been established for defining the  
 structural fire load: slow, medium,  
 fast, very fast, impact constant  
 temperature (steady growth fire  
 stage in combination with seismic  
 design load, for example), impact  
 temperature case with additional  
 small (1%) harmonic changes (steady  
 growth fire stage ). Fire Growth  
 Constant (a) (NFPA 92B) for each  
 fire growth case (except impact  
 load cases) has been compared  
 with the calculated in this study  
 corresponding parameters (a). The  
 computations have shown good  
 correlations in each case.

For each fire growth case the  
 analytical approximate solution has  
 been obtained: each curve has four  
 parts describing the temperature  
 history (early development, flash-  
 over point, full development and  
 decay). In addition the dimensionless  
 "uncertain" parameters have been  
 obtained using mathematical  
 Optimal Control Method.  
 For each fire growth case (medium,  
 fast and very fast) the flash-over point  
 has been established.  
 Since the maximum temperature (in  
 each fire growth case) is a function  
 of the "opening factor"  $K_y$ , the  
 corresponding formulas  $T_{max}$  ( $K_y$ ),  
 graphs and tables are provided.  
 By using the Time Equivalence  
 Method and the mathematical  
 Optimal Control Method the  
 temperature-time curves have  
 been adjusted (the end point of the  
 time interval has been obtained)  
 for further structural engineering  
 analysis.

The structural fire design loads have  
 static and dynamic components.  
 Dynamic effect of structural fire  
 load has been investigated. Every  
 structural system (beams, frames,  
 trusses and buildings as a whole)  
 were substituted with an ODOF  
 (one degree of freedom) system,  
 therefore were represented  
 by natural frequency " $\omega$ ". The  
 corresponding formulas, graphs  
 and tables are provided. It has  
 been established, that the most  
 significant dynamic effect the  
 structural fire load (very fast and  
 fast cases) has on flexible structures  
 (ASCE 7-05): very tall buildings  
 with many vertical and horizontal

irregularities as well as a long span,  
 light floor trusses. It has been  
 also underlined that the dynamic  
 coefficient can be greater than 2  
 for computing the interior forces  
 (axial forces, shears and bending  
 moments).

High maximum temperature effect  
 on stiffness of structural elements  
 and systems has been investigated  
 by employing the General Creep  
 Theory. The formulas for the long  
 term stiffness are presented as well  
 as the requirements for progressive  
 collapse arrest.  
 Examples of defining the structural  
 fire load and the following up  
 structural design hand calculations  
 (step-by-step procedure) are  
 provided.

## CONCLUSIONS

1. Simple approximate analytical  
 solutions of structural fire load have  
 been developed for slow, medium,  
 fast, very fast and impact fire con-  
 ditions.  
 2. The flash-over points are estab-  
 lished for medium and fast fire con-  
 ditions.  
 3. The structural fire design loads  
 have static and dynamic compo-  
 nents in structural systems analy-  
 sis.  
 4. All analytical solutions are  
 obtained using the dimensionless  
 functions and parameters; there-  
 fore it can be applied to any real life  
 sizes of fire compartments.  
 5. Dynamic effect on structural sys-  
 tems is very important in case of  
 "very fast" and "fast" growth fire  
 rates.  
 6. Dynamic coefficient from the  
 temperature load application could  
 be more than 2, if the system is a  
 statically indeterminate, and it is  
 a function of coordinates, relative  
 stiffness and the temperature-time  
 curve.  
 7. This study is limited to one-de-  
 gree-of-freedom (ODOF) system,  
 since the main goal was to analyze  
 the specificity of structural fire load.  
 (For example, static and dynamic  
 components of deformation from  
 temperature load application).  
 8. General creep theory has been  
 used to investigate the stiffness  
 reduction due to high temperature  
 effect on steel and reinforced con-  
 crete structural elements and sys-  
 tems.

## REFERENCES

1. NIST Special Publication 1018-5.  
 Fire Dynamics Simulator (Version  
 5) Technical Reference Guide, 2008.  
 Vol. 1: Mathematical Model.  
 2. ACI318-05. Detroit: American  
 Concrete Institute, 2005.  
 3. FEMA Report on the World Trade  
 Center. Appendix «A». N.Y., May  
 2002.  
 4. Dusenberry, D.O. Review of  
 Existing Guidelines and Provisions  
 Related to Progressive Collapse.  
 Arlington: Progressive Collapse  
 Workshop, 2004.

5. Razdolsky, L. Local Explosions in  
 a High-Rise Building. Proceedings  
 of the Structures Congress 2005  
 and the Forensic Engineering  
 Symposium 2005. April 20-24. N.Y.:  
 Metropolis and Beyond, 2005.  
 6. Razdolsky, L. Mathematical  
 Modeling of Fire Dynamics. London:  
 Proceedings of World Congress on  
 Engineering and Computer Science  
 2009, WCE 2009.  
 7. Magnusson, S.E. Thelandersson,  
 S. Temperature-Time Curves  
 of Complete Process of Fire.  
 Development in Enclosed Spaces.  
 Acts Polytechnica Scandinavia,  
 1970.  
 8. Society of Fire Protection  
 Engineers. The SFPE Engineering  
 Guide to Performance-Based Fire  
 Protection Analysis and Design.  
 December 1998.  
 9. Болтянский, В.Г. Оптимальное  
 управление дискретными  
 системами. М.: Наука, 1973.  
 10. Evans, L.C. An Introduction to  
 Mathematical Optimal Control  
 Theory. Version 0.2. Berkeley:  
 Department of Mathematics  
 University of California, 1983.  
 11. Lewis B., Elbe G. von. Combustion,  
 Flames and Explosions of Gases.  
 N.Y.: Academic Press, Inc., 1987.  
 12. NIST\_7563. Best Practice  
 Guidelines for Structural Fire  
 Resistance Design of Concrete  
 and Steel Buildings. February  
 2009. Washington Department of  
 Commerce, National Institute of  
 Standards and Technology, 2009.  
 13. Rabotnov, Y.N. Some Problems  
 of the Theory of Creep. Washington:  
 National Advisory Committee for  
 Aeronautics (NACA), 1953.  
 14. Magnusson, S., Thelandersson,  
 S. Temperature-Time Curves  
 of Complete Process of Fire.  
 Development in Enclosed Spaces.  
 Acts Polytechnica Scandinavia,  
 1970.  
 15. Society of Fire Protection  
 Engineers. The SFPE Engineering  
 Guide to Performance-Based Fire  
 Protection Analysis and Design.  
 December 1998.  
 16. ASCE-7-05. Minimum Design  
 Loads for Buildings and Other  
 Structures, ASCE, N.Y., N.Y., 2005.  
 17. Razdolsky L. Extreme Thermal  
 Load and Concrete Structures  
 Design. CONSEC'-07. Proceedings of  
 Fifth International Conference on  
 Concrete under Severe Conditions  
 Environment and Loading, Tour,  
 France, 2007.  
 18. Razdolsky L. Fire Load in a  
 Concrete Building Design, 2008.  
 Proceedings of International  
 Conference, Concrete: Construc-  
 tion's Sustainability Option,  
 Dundee, Scotland, U.K.  
 19. Rabotnov, Y. N. Some  
 Problems of the Theory of Creep.  
 National Advisory Committee  
 for Aeronautics (NACA), 1953,  
 Washington, USA.  
 20. Timoshenko S. and Gere J. M.  
 Theory of Elastic Stability 2nd  
 Edition. New York: Mc Graw-Hill,  
 Inc., 1961. ■



**Founder**  
**Skyline media, Ltd**  
 with participation of  
**Gorproject CJSC and**  
**Vysotproject CJSC**

Consultants  
**Sergey Lakhman**  
**Nadezhda Burkova**  
**Yuri Sofronov**  
**Petr Kryukov**  
**Tatiana Pechenaya**  
**Svyatoslav Dotsenko**  
**Igor Kleshko**  
**Elena Zaitseva**  
**Alexander Borisov**

General Director  
**Natalia Vykhodseva**

Editor-in-Chief  
**Tatiana Nikulina**

Executive Director  
**Sergey Sheleshnev**

Translated by  
**Sergey Fedorov**  
 Corrector of press  
**Uliana Sokolova**

Contributions made by:  
**Marianna Maevskaya,**  
**Elena Golubeva,**  
**Alexey Lyubimkin**

Advertising department  
**Tel/Fax: 545-2497**

Distribution Department  
**Svetlana Bogomolova**  
**Vladimir Nikonov**  
**Tel./Fax: 545-2497**

The address  
 15/28, Naberezhnaya Akademika  
 Tupoleva,  
 Moscow, Russia 105005

Tel./Fax: 545-2495/96/97  
 www.tallbuildings.ru  
 E-mail: info@tallbuildings.ru

All materials contained this issue are  
 protected by Russian copyright law and  
 may not be published without the prior  
 publisher's permission and reference to it.  
 Publisher is not liable for matters beyond  
 its reasonable control.

Tall Buildings Magazine is registered in  
 the Russian Federal Surveillance Service  
 for Compliance with the Law in Mass  
 Communication and Cultural Heritage

Protection Registration № ФС77-25912  
 as of October 6, 2006.

The magazine is printed in the OJSC  
 Moskovskaya Tipografiya No. 13  
 Open price Circulation: 5000



# Подписка на журнал «Высотные здания» / Tall buildings

## ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ

У вас есть возможность  
оформить подписку на  
журнал «Высотные здания»  
Tall buildings.

**Для этого нужно:**

1. Перечислить сумму  
по квитанции на наш  
расчетный счет.
2. Заполнить подписной  
купон
3. Отправить купон и копию  
квитанции об оплате  
на наш адрес:  
105005, г. Москва,  
наб. Академика Туполева,  
д. 15, корп. 28  
ООО «СКАЙЛАЙН МЕДИА»  
Редакция журнала  
«Высотные здания»/Tall buildings

### Схема распространения

Журнал распространяется среди руководителей  
российского и столичного строительного  
комплекса, ведущих специалистов  
инвестиционных, девелоперских, проектных  
и строительных компаний Москвы и России,  
на всех мероприятиях, посвященных вопросам  
строительства, проектирования и управления  
высотными зданиями (семинары, круглые  
столы, выставки, конференции и т.д.).

Подписаться на издание можно  
воспользовавшись подписным купоном в  
журнале, либо через подписные агентства.

Подписной индекс: 36834 в каталоге  
агентства «РОСПЕЧАТЬ».

Жители Москвы и Краснодара могут оформить  
подписку в ГК «ИНТЕР-ПОЧТА»  
на сайте [www.interpochta.ru](http://www.interpochta.ru)  
или по телефону 500-00-60

### ПОДПИСНОЙ КУПОН (заполняется от руки)

|                                      |  |   |
|--------------------------------------|--|---|
| Период подписки<br>(нужное отметить) | <input type="checkbox"/> 6 месяцев<br>(3 номера) | <input type="checkbox"/> 1 год<br>(6 номеров) |
| Стоимость комплекта<br>(в т.ч. НДС)  | 1050 рублей                                      | 1950 рублей                                   |
| Количество комплектов                |  |   |
| Сумма к оплате                       |  |   |
| Ф.И.О. получателя                    |  |   |
| Организация                          |  |   |
| Индекс, почтовый адрес               |  |   |
| Тел./факс                            |  |   |
| E-mail                               |  |   |

ИЗВЕЩЕНИЕ

Кассир

ООО «Скайлайн медиа»

получатель платежа

Расчетный счет 40702810801000860107

АКБ «РОСЕВРОБАНК» (ОАО), г. Москва

наименование банка

Индекс: 105005 Адрес: г. Москва, набережная Академика Туполева, д. 15, корп. 28  
ООО «Скайлайн медиа» для редакции журнала «Высотные здания»/Tall buildings.

Корреспондентский счет № 30101810800000000777 кпп 770901001

Идентификационный № 7709698620 БИК 044585777

фамилия, и., о., адрес плательщика

Назначение платежа

Подписка на журнал  
«Высотные здания»/Tall buildings. На ..... номеров

Сумма

Подпись плательщика

ИЗВЕЩЕНИЕ

Кассир

ООО «Скайлайн медиа»

получатель платежа

Расчетный счет 40702810801000860107

АКБ «РОСЕВРОБАНК» (ОАО), г. Москва

наименование банка

Индекс: 105005 Адрес: г. Москва, набережная Академика Туполева, д. 15, корп. 28  
ООО «Скайлайн медиа» для редакции журнала «Высотные здания»/Tall buildings.

Корреспондентский счет № 30101810800000000777 кпп 770901001

Идентификационный № 7709698620 БИК 044585777

фамилия, и., о., адрес плательщика

Назначение платежа

Подписка на журнал  
«Высотные здания»/Tall buildings. На ..... номеров

Сумма

Подпись плательщика