

# ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ

**СТРАЖИ НЕБА  
ЗЕМЛИ ОБЕТОВАННОЙ**

Guardians of heaven in the Promised Land

**АРХИТЕКТУРНЫЕ ОБРАЗЫ  
ДЭНИЕЛА ЛИБЕСКИНДА**

Architectural concepts of Daniel Libeskind

**ПИРАМИДЫ НОВОГО  
ТЫСЯЧЕЛЕТΙΑ**

Pyramids of the new millenium

**ПОСТ НАПРЯЖЕННЫЕ  
СИСТЕМЫ GTI**

GTI Post-tensioning



Tall Buildings 3/07  
журнал высотных технологий





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

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

Генеральный директор  
Наталья Выходцева

Главный редактор  
Татьяна Никулина  
Исполнительный директор  
Сергей Шелешнев

Референт-переводчик  
Евгения Нечушкина

Над номером работали  
Марианна Маевская  
Анна Мисюк  
Евгений Ерошенко

Редактор-корректор  
Ульяна Соколова

Отдел рекламы  
Тел./факс: 545-2497

Отдел распространения  
Светлана Богомолова  
Тел./факс: 545-2497

Адрес редакции  
105005, Москва, наб.  
Академика Туполева,  
д. 15, стр. 28  
105005, Russia, Moscow,  
Naberezhnaya Akademika  
Tupoleva, 15/15

Тел./факс: 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 ответственности  
редакция 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 типографии  
«Ваккара»  
Цена свободная  
Тираж: 5000 экз.

На обложке:  
Проект Seoul Commune 2026  
Фото предоставлены: Mass Studies



# С о д е р ж а н и е

## с o n t e n t s

Коротко/Brief 4 События и факты  
Events and facts

### международный обзор INTERNATIONAL OVERVIEW

- |                                 |    |   |
|---------------------------------|----|---|
| История/History                 | 10 | «Стражи неба» земли обетованной<br>«Guardians of heaven» in the Promised Land |
| Стиль/Style                     | 18 | Белый «Парус» для Хайфы<br>«White Sail» for Haifa                             |
| Стройплощадка/Construction site | 24 | Yoo Tel Aviv<br>Yoo Tel Aviv  |

### архитектура и проектирование ARCHITECTURE AND DESIGN

- |  |    |   |
|--|----|---|
| Персона/Personality                                | 28 | Архитектурные образы Дэниела Либескинда<br>Architectural images of Daniel Libeskind   |
| Материалы/Construction Materials                   | 34 | О современных методах расчета высотных<br>зданий из монолитного железобетона<br>On modern methods of structural design of tall buildings<br>made of in-situ reinforced concrete |
| Сити/City  | 40 | Пирамиды нового тысячелетия<br>Pyramids of the new millennium   |
|  | 44 | Russia Tower – новая реальность<br>Russia Tower – new reality   |
|  | 48 | Артерии для «России»<br>Arteries for «Russia»   |
| Реконструкция/Reconstruction                       | 52 | Проект «Маяк»<br>«Light House» project  |
| Конструкции/Constructions                          | 56 | Повышение надежности железобетонных<br>конструкций при ЧС<br>Improvement of strength of reinforced concrete structures<br>under emergency conditions                            |
| Концептуальная архитектура/Conceptual architecture | 60 | Дома-коммуны для Сеула<br>Communal house for Seoul  |
| Аэродинамика/Aerodynamics                          | 66 | Воздействия ветра на высотные здания<br>Wind effects on high-rise structures  |
| Проект/Project                                     | 70 | Висячие сады Marina Bay Sands<br>Suspended gardens of Marina Bay Sands  |
| Точка зрения/Point of view                         | 76 | Риск – благородное дело?<br>Is risk a noble thing?  |



### строительство CONSTRUCTION

- |  |     |   |
|--|-----|---|
| Новые технологии/New technologies        | 80  | Многоступенчатый анализ<br>Many-staged analysis   |
| Зарубежный опыт/International Experience | 86  | Телебашня Гуанчжоу<br>Guangzhou TV-tower  |
| Ракурсы/Perspektives                     | 90  | Десятка лидеров<br>Top ten buildings  |
| Визитная карточка/Business card          | 98  | Технология строительства зданий с использованием<br>постнатянутого бетона<br>Post-tensioned building construction<br>in the united states |
| Актуально/Up to date                     | 106 | Мониторинг – это звучит гордо<br>Monitoring has a proud sound   |

### эксплуатация MAINTENANCE

- |   |     |   |
|---|-----|---|
| Транспорт/Transportation                  | 110 | Высотные здания – продукт интеграции<br>с системой общественного транспорта<br>Tall buildings – a product of good transport integration   |
| Эксплуатация/Operation                    | 114 | Останкинская телевизионная башня.<br>Результаты расчета и реконструкции после пожара<br>Ostankino TV tower. Calculation and fire<br>reconstruction results  |
| Интеллектуальный дом/Intelligent building | 120 | Системы автоматизации зданий<br>и эффективность эксплуатации<br>Efficient BMS operation   |
| Безопасность/Safety                       | 122 | Молниезащита высотного здания<br>Lightning protection in tall buildings   |
| Конференция/Conference                    | 126 | Комплексное обеспечение безопасности<br>и антитеррористической защищенности высотных<br>зданий и уникальных сооружений<br>Ensuring complex security and antiterrorist protection<br>in high buildings and unique structures |

английская  
версия  
128 ENGLISH VERSION





## В башне «Запад» завершены монолитные работы



2 апреля 2007 г. состоялась торжественная церемония заливки последнего куба бетона каркаса башни «Запад» делового комплекса «Федерация».

Церемония прошла на уникальной площадке – 63-м этаже небоскреба на высоте 240 м. Более 200 гостей стали свидетелями исторического события.

«Ровно два года назад состоялась беспрецедентная заливка бетона в основание башни «Запад», – отметил

в своей приветственной речи заместитель председателя правления MIRAX Group, руководитель строительства комплекса «Федерация» Артур Александров. – Сегодня мы присутствуем на не менее важном и уникальном событии. Заливка последнего куба бетона каркаса башни «Запад» – доказательство современных достижений в области инновационных разработок бетона и своеобразная выставка достижений строительных технологий и мужества духа людей, которые принимают участие в строительстве».

Руководитель проекта компании «Ант Япы» по монолитным работам башни «Запад» Аргун Кочулу отметил, что проект «Федерация» стал важен не только для России, но и для Турции как показатель крепких отношений наших стран.

Председатель совета директоров корпорации MIRAX Group Сергей Полонский говорил на церемонии о будущем комплекса: в июне этого года башня «Запад» будет полностью остеклена, а в марте 2008 года откроется первая очередь отеля Hyatt и бассейн на 62-м этаже небоскреба – самый высотный бассейн в мире.

Завершением церемонии стал запуск в небо белых голубей.

stroj.ru, фото MIRAX Group



## Древо небоскребов

Оле Шерен (мастерская ОМА) разработал проект высотного жилого дома для Сингапура.

Речь идет еще об одной вариации составления небольших «блоков-небоскребов» в необычную пространственную композицию, чем в последние несколько лет активно занимается ОМА.

В данном случае здание достигнет 36 этажей (153 м) и будет представлять собой «древесный ствол», на котором будут подвешены четыре башни с 68 квартирами.

По мнению архитектора, такой вариант позволит максимально освободить участок под застройку, чтобы там можно было устроить рекреационную зону для жителей дома.

В то же время все квартиры в здании ориентированы так, чтобы из их окон открывались виды только на центр города и на район парков к северу от места расположения будущей постройки.

archi.ru, фото ОМА

## Заокеанский проект застройщиков из Казахстана

В Торонто казахская строительная компания Bazis International построит 80-этажный небоскреб. Здание по адресу ул. Блур, 1 будет одной из самых высоких построек города: сегодняшний рекордсмен – башня на Канадской площади, 1 – достигает высоты в 300 м (72 этажа). До текущего момента Bazis International успешно действовала на рынке недвижимости Казахстана, Украины и России. В ее активе – постройки в Астане, Москве, Санкт-Петербурге. В Торонто ее привлекли очень низкие по сравнению со средними по миру цены на недвижимость, в частности на жилье.

Поэтому вместо трехэтажного кирпичного домика на перекрестке в центре города к 2011 году появится комплекс с бутик-отелем на 120 номеров



и 500 квартир класса люкс. В качестве основания для башни возведут трехэтажный подиум, где откроется элитный торговый центр.

Возражения, возникшие у жителей Торонто по поводу этого проекта стоимостью 450 млн. долл., связаны лишь с его архитектурным решением. За него отвечает местный архитектор Рой Вэркелли (Roy Varacalli), и в его предварительном варианте внешнего вида здания можно видеть типичное для Дубая или Шанхая безликое сооружение с претензией на элегантность и современность. Но пока разработка проекта еще не завершена, можно надеяться на более благоприятный результат.

archi.ru, фото Vicbar Marketing Limited

## Канзас ЛЭНДМАРК ТАУЭР

Канзас Лэндмарк Тауэр – главный коммерческий, развлекательный и туристический проект штата – приглашает посетителей, Эдвардсвилль, Канзас, США.

К созданию 1000-футовой (304,8 м) Канзас Лэндмарк Тауэр была привлечена компания Crawford Architects. Башня является частью генерального проекта по смешанной застройке 500 акров земли на территории округа Виандот, где уже осуществлено несколько успешных проектов, как, например, строительство скоростной магистрали.

Проектная фирма получила право на использование сюжета «Волшебника из страны Оз», и на первоначальных этапах проекта тема произведения найдет отражение в образовательных и развлекательных туристических мероприятиях. Для того чтобы конструкция башни была выразительной, при возведении бетонного ствола здания использовался эффективный метод скользящей опалубки. Затем ядро было окружено асимметричной строительной сеткой, которая уменьшает давления ветра; в нее встроены приборы для подсветки и распылительные установки для создания спецэффектов. На последующих этапах предполагается расширить комплекс, чтобы он мог вместить дополнительные образовательные и развлекательные комплексы, в том числе исследовательские и информационные центры, а также выставочные помещения, посвященные уникальным метеорологическим условиям Среднего Запада.

Это здание разработано для полноценного семейного отдыха и развлечений. Уникальной является образовательная составляющая проекта: вы почерпнете массу интересного о погодных условиях, сельском хозяйстве и животноводстве региона.

Выставочная площадка под открытым небом – место проведения различных мероприятий и экспозиций, посвященных атмосферным аномалиям и жертвам торнадо.

Затем посетители могут пройти в павильон, занимающий площадь в 100 тыс. кв. футов, где при входе в фойе они смогут воочию убедиться в разрушительной силе торнадо.

За дверями гостям откроется любопытный уголок в стиле гномов с цветочками, деревцами, мостками, ведущими через крошечные ручейки, и магазинчиками, торгующими тематическими сувенирами. Многие розничные магазины представляют продукцию Канзаса. Там также есть тематический парк для мини-гольфа, галерея игровых автоматов и прочие торговые-развлекательные комплексы. На ресторанном дворике можно найти еду на любой вкус.

Продолжив путь, гости попадут в образовательный метеорологический центр, где они узнают все о торнадо – как и почему они возникают, какие приметы свидетельствуют о приближении торнадо, каковы меры безопасности – и смогут принять участие в различного рода экспериментах.

В глубине павильона посетители ждут лифты, которые взмоют на смотровую площадку, создавая иллюзию торнадо, которая еще более усиливается летающими вокруг предметами. Выйдя из лифтов, они будут поражены открывающимся панорамным видом на близлежащие окрестности, холмы, меняющие свой облик в зависимости от времени года, реки Миссури и Канзас, деловой центр «Канзас-Сити» и бесплодные закаты. В ясный день гости смогут увидеть местность на 80 миль вокруг и даже разглядеть Капитолий штата или колокольню на территории Университета Канзаса.

С реки есть специальный вход на VIP-стоянку для тех, кто хочет подняться на лифте на смотровую площадку, или для тех, кто заказал ужин по особому случаю в банкетном зале или пятизвездочном вращающемся ресторане.

Корпоративные клиенты могут зарезервировать расположенные на высоте 640 футов банкетный или конференц-залы для специальных встреч,



обедов и торжественных случаев. Здесь можно заказать организацию свадьбы, юбилея, семейного торжества, выпускного бала и прочих групповых мероприятий.

Посетители также могут заказать обед в пятизвездочном вращающемся ресторане и с высоты 600 футов наблюдать за постоянно меняющимся видом из окна. Восхитительные блюда, вроде говядины, фазана, бизона или сома по-канзасски, дают представление о канзасской кухне. Шеф-повар приготовит тематические обеды и десерты. Гостям понравится обедать, сидя «На радуге».

Благодаря внушительным размерам (1000 футов – 304,8 м) башня может быть включена в 50 самых высоких зданий мира.

Ожидается, что эта смотровая башня станет международным символом штата Канзас и займет свое место среди самых знаменитых смотровых башен, таких как башни Сиднея, Окленда, Торонто и Сиэтла.

Материал предоставлен Crawford Architects



## Башня Эшера

First Hotel планирует построить в Копенгагене (Дания), небоскреб общей площадью 20 000 кв. м, высота которого составит 200 м.

Когда встал вопрос о строительстве небоскреба в Скандинавии, который был бы светлым и с которого открывался бы чудесный вид, ECH решили создать «стройную» башню, используя тонкостенную плиту с минимальным расстоянием между фасадами. Несмотря на видимую простоту, тонкостенная плита имеет чрезвычайно сложную структуру. С одной стороны, она максимально подвержена ветру в широкой части, с другой – опора в узкой части кажется минимальной; в результате получается неустойчивый монолит. ECH разработали проект, который состоит из трех квадратных башен, соединенных в одну. Центральная башня прямая и устремлена вверх, как стрела, две боковые меняются местами с первого до последнего этажа, поворачивая под прямым углом. Это обеспечивает максимальную опору, способную выдержать даже сильные порывы ветра. В результате Башня Эшера предстает в нескольких обликах: в виде бутылки, чашки или напоминает рисунок М.К. Эшера; все зависит от того, с какой стороны смотреть. Существенная разница заключается лишь в том, что Эшер рисовал башни, которые казались функциональными, однако воплотить его проекты в жизнь было невозможно. Башня Эшера, напротив, выглядит безумно, но является продуктом здравого ума.

ECH



## Аутригерные этажи для «Федерации»

Строительство многофункционального высотного комплекса «Федерация» уже поставило немало рекордов. Недавно между ЗАО «Миракс-Сити» и ООО «Холдинг Стройсталь» подписан договор на возведение аутригерных этажей и балльных залов башни «Восток». Такие конструкции монтируются в России впервые, при этом будут использованы уникальные технологии монтажа и проектирования узлов. Проект КМ разрабатывает ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова».

Конструкция аутригерного этажа состоит из колонн, аутригерных ферм, жестко связанных с центральным ядром здания и опоясывающими фермами по периметру этажа и передающими фермами. Основная масса конструкций монтируется на высокопрочных болтах.

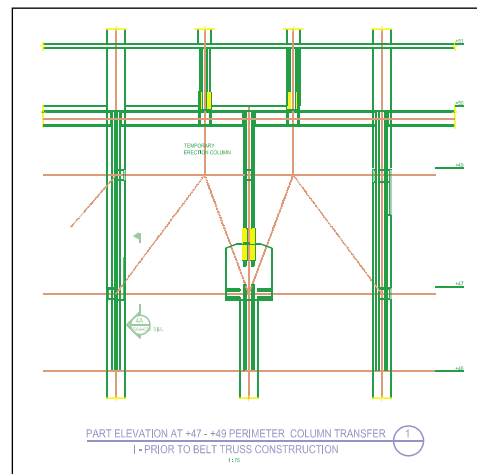
Предусмотрены четыре этапа строительства (между аутригерными этажами располагаются этажи из монолитного железобетона, выполняемые генеральным подрядчи-

ком – китайской компанией «ВИСК»).

В обязанности ООО «Холдинг Стройсталь» входит: разработка проекта КМ и производства работ (ППР), проекта производства сварочных работ (ППСР), а также изготовление, доставка и монтаж металлоконструкций, поставка высокопрочных болтов и стальных болтов.

Металлоконструкции изготавливаются из металлопроката, поставляемого группой Arselor-Mittal.

**ОАО «Холдинг Стройсталь»**



## REN Building – общественно-деловой центр

Архитекторы часто используют язык символов, преобразуя графическое начертание в форму. Китайский иероглиф «Ren», означающий «народ»,

послужил для архитекторов отправной точкой в создании этого проекта общественно-делового центра в Шанхае. Данный проект стал победителем конкурса, проведенного в преддверии Всемирной выставки 2010 года в Шанхае. Проект задуман в виде двух зданий, объединенных в единое целое. Первое здание, выходящее из воды, – это спортивный и культурно-досуговый центр. Второе, стоящее на земле – это общественный и конференц-центр. В месте пересечения этих зданий, высоко над уровнем земли, начинается отель на 1000 номеров.

Пластика объемов здания проста и лаконична, но в то же время достаточно интересна. Из, казалось бы, такой простой формы был выявлен геометрически безукоризненный объем, который выполнен в лучших традициях Вентури и Брауна. Вообще использование иконографии стало достаточно частым явлением в постмодерне, но стоит заметить, что зачастую это сводится лишь к простому цитированию формы, а не к осмыслению содержания знака. В качестве авторов этого проекта значится команда PLOT, под лейблом которой выступают две молодые архитектурные мастерские BIG и JDS, в свою очередь организованные двумя выходцами из мастерской Рема Кулхааса (OMA).

**architektonika.ru, фото BJARKE INGELS GROUP**



## Башня для РЕКТОРА

В Риме начаты котлованные работы для нового проекта, предполагающего застройку территории, возведение башни ректората и спортивного городка для Университета Tor Vergata, архитектор проекта – Сантьяго Калатрава.

Общая площадь территории Университета Tor Vergata составляет 1480 акров (5989 м<sup>2</sup>). Университет может одновременно принять 38 700 студентов факультетов шести различных направлений: экономика, право, проектирование, прикладные искусства и гуманитарные науки, медицина и естествознание. Первое упоминание об Университете датируется 1361 годом, когда он – в то время его называли «Полосатая башня» (имелось в виду чередование рядов красных и серых кирпичей в облицовке фасада) – был продан как часть имения влиятельной семьи Аннибальди.

Концепция генплана, разработанная Сантьяго Калатравой на основе концепции большого цирка – Circus Maximus, предполагает устройство обширной прогулочной зоны. С одной стороны она будет граничить с новым спортивным городком, с другой – со зданием ректората Университета. Большой парк городского типа, связывающий здание Университета со спортивным городком, станет своего рода форумом, где будут проводиться собрания и мероприятия социального и культурного характера. Другими зданиями, которые планируется построить позднее, будут студенческие общежития и новые корпуса Университета.

В спортивном городке, который расположится вблизи соединения Тоггенова с шоссе Рим – Неаполь, возведут два одинаковых, симметрично расположенных павильона веерообразной формы, а также различные дополняющие застройку объекты инфраструктуры. В одном из павильонов будет устроена многофункциональная арена (Palasport), в другом разместится бассейн (Palapuoto).

Главным элементом комплекса ректората, расположенного у противоположного конца оси основного движения, станет спиралевидная башня, конфигурация которой позволяет создать эффект дополнительного, вытянутого вверх пространства. Вытянутая кверху форма подчеркивается металли-

ческими опорами, которые, с одной стороны, поддерживают конструкцию башни, а с другой – эстетичность формы. Проект предполагает облицовку из прозрачного материала. Таким образом, свет будет проникать внутрь через стеклянные панели. В ночное же время башня, благодаря внутреннему освещению, сама будет источником света.

Общая площадь офисных помещений на всех этажах башни, за исключением предпоследнего, составит 75 350 кв. футов (22 967 м<sup>2</sup>). На предпоследнем этаже будут находиться помещения ректора, а на самом верхнем этаже построят большой зал, из окон которого можно будет полюбоваться замечательными видами сельской местности, окружающей территорию Университета.

В основании башни расположится галерея, из которой можно будет попасть в помещения различного назначения (там же должны быть офисы) и в атриум, где устроят приемную, кафе и выставочное помещение. Внизу, под башней, на полуподвальных этажах разместятся автостоянка и различные вспомогательные службы. Целую часть подземной части здания займут симметричные по форме бассейны, в которых будет отражаться надводная часть башни.

Такую гармоничную концепцию удалось разработать благодаря присутствию воды, выступающей ключевым элементом дизайна зданий комплекса и парка. Вся центральная прогулочная зона будет застроена зданиями прозрачной облицовки, т.е. непрозрачные и прозрачные части облицовки будут чередоваться, позволяя свету равномерно проникать в здание и создавая таким образом эффект мягкой освещенности внутренних помещений, в то время как снаружи здания будут казаться залитыми светом. Ландшафт местности традиционный. На территории планируется посадить приморскую сосну, кусты белой акации, оливковые деревья и другие виды флоры Средиземноморья.

По плану строительство спортивного городка должно завершиться к началу Чемпионата мира по плаванию, который будет проводиться в Риме в 2009 году.

**Материал предоставлен Santiago Calatrava**



## Книга рекордов

Самый высокий небоскреб Европы – деловой комплекс «Федерация», несмотря на свою юность, уже претендует на звание самого уникального здания в мире по количеству приставок «самый».

Сейчас готовится к выпуску Книга рекордов MIRAX, куда войдут все достижения небоскреба. За время строительства комплекс «Федерация» успел прославиться на весь мир тем, что уже вошел в Книгу рекордов Гиннеса беспрецедентным фактом заливки бетонной плиты в основание башни «Восток». Процедура длилась

непрерывно в течение 84 часов. Бетон сверхпрочной марки В-50 поставлялся с пяти бетонных заводов Москвы. Средняя скорость подачи бетона составила 243 м³/ч. Всего залили 14 тыс. кубометров бетона, состав которого был разработан московским НИИЖБ совместно с НИИСФ по заказу компании «Миракс-Сити». Кроме того, под одной крышей в деловом комплексе соберутся уникальные лифты, бассейн, бальные залы, лобби, рестораны и т.д. Подробности читайте в Книге рекордов MIRAX.

MIRAX Group



## Квартиры от Либескинда

Всего за сутки было продано 40% квартир в проектируемом Даниелем Либескиндром комплексе «Злата-44» в Варшаве.

Квартиры были проданы во время эксклюзивной вечеринки с коктейлями, организованной в отеле «Регина» в Варшаве. Гости, которые заранее изъявили желание приобрести квартиры в комплексе, имели возможность лично выбрать квартиру своей мечты.

«Интерес к этим роскошным апартаментам превзошел все наши ожидания. Список потенциальных покупателей огромен, а на сегодня осталось менее 80 квартир», – говорит Карен Хартли, директор по маркетингу и сбыту в Европе Orco Property Group.

Все квартиры в «Злата-44» выполнены в традиционном стиле люкс с оборудованными кухнями и ванными комнатами. Кроме того, клиентам предоставляется возможность выбрать цвет деревянного покрытия пола и новейшие системы управления жизненным пространством. За дополнительную плату можно также выбрать один из трех вариантов отделки интерьера: современный люкс-пакет, умеренно модернистский люкс-пакет и люкс-пакет от Даниела Либескинда.

Помимо этого, «Злата-44» – экологически чистый проект. Здание предполагается снабдить высокотехнологичными энергосберегающими системами, которые сократят общее потребление энергии на 10% по сравнению с существующими на сегодняшний день технологиями. Новейшие системы, встроенные в здание, включают помимо прочего систему регенерации тепла, воздушонагреватель и энергоэффективные системы освещения; кроме того, уплотненный фасад позволяет заметно сократить потерю тепла.

Orco Property Group

## Высотные символы времени

Музей высотных зданий в Нью-Йорке проводит ряд мероприятий, посвященных самому высокому зданию в мире Burj Dubai. Среди них выставка, которая откроется в августе этого года. Она расскажет об этом эпохальном с точки зрения оригинальной архитектуры и инженерных систем здании, которое ставит ряд непростых задач перед проектировщиками и строителями. Этот элегантный проект – результат совместной деятельности 90 дизайнеров из чикагского офиса SOM и консультантов из других компаний.

Кроме того, совместно с Академией наук Нью-Йорка музей предлагает серию лекций, на которых будут обсуждаться вопросы и идеи, связанные со строительством этого супервысокого сооружения в историческом и географическом контексте.

Среди них лекция «Экстремальные здания: Сложности при строительстве Burj Dubai» (13 июня), которую прочитает Ahmad Abderlazaq, исполнительный директор отдела высотного строительства и структурной инженерии корпорации Samsung, и лекция «Почему Dubai?» (18 июля) – коллегиальное обсуждение причин, почему Дубай стал центром конкурентной борьбы по высотному строительству, подобно Нью-Йорку или Чикаго в XX веке.

The Skyscraper museum



## В Цинциннати построен жилой дом по проекту Дэниела Либескинда

Всемирно известный архитектор Дэниел Либескинд посетил прием, проведенный в расположенном под землей Национальном железнодорожном центре свободы (National Underground Railroad Freedom Center) в Цинциннати, штат Огайо. Дэниел Либескинд приехал в Цинциннати для того, чтобы отметить завершение проекта Ascent («Подъем») в Ковингтоне, штат Кентукки. Это первое высотное жилое здание, которое будет построено в США по проекту архитектора.

Состоявшийся прием явился результатом долгосрочного партнерства между Региональной палатой Цинциннати и Cogrohex. Посетители получили возможность познакомиться со многими проектами Либескинда, которые осуществляются в настоящее время в Сингапуре, Милане, Торонто, Варшаве и Нью-Йорке, а также с идеями архитектора, которые вошли в основу проекта Ascent.

Вице-президент и руководитель маркетингового отдела Cogrohex г-жа Дэбби Вичьярелли отмечает: «Видение Дэниела Либескинда было принято районными властями. Хотелось отметить, что более 70% площадей продали еще до того, как здание было открыто для посетителей. Мы гордимся всеми архитекторами, представившими свое видение проекта и таким образом сделавшими проект символом сотрудничества и ускоренной реализации». «Проект Ascent на мосту Roebling Bridge еще раз подчеркивает то, что

Цинциннати может гордиться своим архитектурным наследием», – говорит Хелен ван дер Хорст, президент Районной палаты Цинциннати, имея в виду большое количество высотных зданий. – Город стал более привлекательным благодаря проекту Ascent, что даст нам возможность заслужить мировую известность и привлечь бизнес в город. Фактически проект Ascent, осуществляемый в Цинциннати, поднимет город на новый, более высокий уровень».

«Когда я проектирую здание, я всегда учитываю окружающую строительную площадку среду, людей, которые будут жить и работать в моих зданиях и которые просто будут проходить мимо них, а также то, как дневное освещение и само небо над зданиями будут дополнять их структуру. Ascent отличается современным дизайном, который, однако, основан на исторических традициях и ландшафте города Цинциннати. Башня, имеющая форму полумесяца, была спроектирована таким образом, чтобы максимизировать обзор, открыть прекрасные виды. Сама башня имеет голубоватый оттенок и будет отражать цвет неба и подвесной мост Roebling Bridge. Это сооружение не просто живая, «дышащая» конструкция, способная тревожить души людей, оно также может поднимать настроение, открывая возможность будущих перспектив», – говорит Дэниел Либескинд.

Studio Daniel Libeskind

## Небоскреб как основа для живописи

Здание, спроектированное SMC Alsop для компании Enddore Holdings Ltd., расположится на City Road, близ кольцевого пересечения дорог Old Street, напротив больницы Moorfields Eye Hospital и по соседству с 27-этажной башней Eagle House, спроектированной Терри Фарреллом (Terry Farrell).

«Данный проект очень интересен, – говорит Уилл Олсоп, – здание в целом воспринимается как произведение живописи благодаря своей форме, которая с разных ракурсов выглядит по-разному, и художнику Брюсу Мак-Лину».

Говоря о проекте, независимый эксперт по оценке городского ландшафта Ричард Кэулман (Richard Coleman) сказал: «Уилл Олсоп способен приносить радость людям, создавая разнообразные здания.

Проект на City Road многофункционален, а живописный холст художника Брюса Мак-Лина (Bruce McLean) на 15 этажей лишь подчеркивает его уникальность. Высокое утонченное здание оживит тусклый ландшафт лондонского округа Хэкни, не закрывая вид на исторические здания».

Эта 43-этажная башня вместит в себя бизнес-центр, апартаменты, фитнес-центр, а на ее верхнем этаже будут смотровая площадка и бар. Но главная ее функция – предоставляемые в аренду склады разного типа, расположенные на этажах с 3-го по 18-й. Подобные помещения не требуют окон, что дало возможность использовать эту часть постройки как гигантский холст для художника Брюса Мак-Лина.

Яркая и экспрессивная живопись Мак-Лина прекрасно сочетается

с архитектурным стилем Олсопа: выше огромного панно стены башни оживят разноцветные трубки, через которые будет осуществляться естественная вентиляция здания. С возрастом высоты будет уменьшаться площадь этажей постройки, чтобы солнечный свет мог достичь уровня улицы. Также, чтобы сделать башню по адресу Сити Роуд, 151 более открытой для пешеходов, два ее первых этажа будут застеклены и там откроют магазины и рестораны.

Таким образом, новый небоскреб будет произведением трех искусств одновременно – архитектуры, скульптуры, благодаря своей необычной форме, и живописи – и оживит блеклый ландшафт лондонского округа Хэкни.

SMC Alsop





# « СТРАЖИ НЕБА »

## земли обетованной

Наверное, не одна и не две, и даже не двадцать две, а гораздо больше статей, посвященных проблемам и обзорам высотного строительства, открывались эпиграфом из забавной песенки: «Небоскребы, небоскребы, а я – маленький такой...». В нашем обзоре этот эпиграф подразумевал бы маленьким не бродягу Вилли или Джимми, затерянного в ущельях несоизмеримых с человеком рукотворных каменных громад, но маленькую страну, в которой каждый из небоскребов оказывается вполне соизмерим в масштабе с ее длиной и шириной, шириной – особенно!

**К**лассический высотный силуэт Нью-Йорка теряется в масштабе страны. Поглощает свои небоскребы с большим или меньшим успехом Европа, на российских просторах затерялись бы и египетские пирамиды... А в Израиле как поднимешься выше 20-го этажа, так и вспоминается частушка: «А из нашего окна Иордания видна, а из нашего окошка – даже Сирия немножко» – и тут уж никаких преувеличений. Отсутствие близорукости, хорошая доза дальновзоркости или окуляр стандартного дальномера – и пожалуйста: вы уже заглянули за государственную границу.

Что из этого следует? А то, что проблемы высотного строительства в Израиле и споры вокруг него, веду-

щиеся уже полвека, имеют, конечно, много сходства с аналогичными дискуссиями во всех уголках мира, куда шагнули «стражи неба» (а шагнули они всюду, где присутствует «Кока-Кола», а далее можно не уточнять), но при этом носят и особенный характер, так как каждый возведенный небоскреб меняет облик и характер жизни всей страны в целом. А всего их в Израиле на начало 2006 года насчитывалось около 3000, расположенных в основном в трех городах: Тель-Авиве, Рамат-Гане, Хайфе. Это если учитывать здания от 20 этажей и выше. Кстати, официально 20-этажные здания могут считаться и 18-этажными, при этом не учитывается наземная опора, внутри которой размещаются техническое оборудование здания и автостоянки. Если же речь идет о зданиях

выше 25 этажей, то их на конец 2006 года было 190, в ближайшее время (до 18 месяцев) в строй вводятся еще 40 зданий высотой от 26 до 80 этажей.

Современные споры вызывают в памяти дискуссию, которая велась в Израиле 50 лет назад: тогда страна только начинала отстраиваться, население быстро увеличивалось, и среди масштабных проектов застройки был и такой, который предполагал возведение только и исключительно высотных зданий с целью экономии земельного пространства. Группы небоскребов, окруженные апельсиновыми садами, технопарками и просто парками. Их соединяют дороги, по обочинам которых встают промышленные зоны. Но... еще не было сил на создание такой совершенной инфраструктуры, которая требуется для жизнеобеспечения небоскребов, и,

кроме того, выяснилось, что подавляющее большинство беженцев и переселенцев, прибывающих на землю обетованную, хотели бы жить именно на земле или хотя бы в виду ее, а не в израильском небе. Так этот проект и канул в Лету, а на первый план вышло малоэтажное (до пяти этажей, подхватившее конструктивные идеи баухауза, стилия, характерного для тель-авивской застройки 1930-40-х годов) и коттеджное строительство.

В начале 1960-х годов Израиль получил свой первый небоскреб – в центре Тель-Авива встала «Башня мира» («Мигдаль Шалом», 142 м, 36 этажей, архитектор И. Перельштейн, 1965 г.). Официальное название небоскреба – «Шалом Меир», но обычно называют сокращенно, так что получается «Башня мира» или «Башня привета».





Панорама Тель-Авива

И в других городах имеются эти «символы современности» – небоскребы, которые воздвигло в середине XX века новое поколение – поколение космической эры, отвергнувшее «украшательство» в духе европейской классики и поставившее во главу угла функциональность. Это поколение стремилось к дешевому строительству для всех и ценило строгую простоту – прямые линии и отсутствие украшений.

И в других городах сносили здания, имеющие историческую ценность, чтобы освободить место для «нового мира». В Тель-Авиве снесли жемчужину архитектуры начала XX века – первую в стране гимназию «Герцлия» и возвели на ее месте высотное здание «Мигдаль Шалом». Публицист Ами Нахари в своей статье «Прогулки по воздушным замкам» подчеркивает, что замысел архитектора заключался в том, чтобы улица Герцля, в то время центральная магистраль города, прошла под башней. Иногда функциональ-

ность служит целям искусства. Сегодня мы можем проехать по улице Герцля в южном направлении под небоскребом. Внушительное впечатление, которое производит это здание, в значительной степени связано с его расположением: оно не стоит сбоку от дороги, как большинство строений, а, наоборот, дорога ведет к нему – это немного напоминает то, как внутреннее пространство базилики ведет к алтарю. В этом есть что-то от паломничества – путь города к миру, недаром высотке так пришлось название «Башня мира».

Хотя уже построены более высокие и технически более совершенные здания, «Мигдаль Шалом» сохраняет значение символа – узнаваемого и любимого. Возможно, это объясняется тем, что он являет собой образец того, как должны воплощаться простые архитектурные идеи. Да, прямые линии, да, «прямоугольники», но при этом тщательный дизайн и точность

в деталях. Правильные пропорции: высота здания точно рассчитана в соотношении с его глубиной и шириной для создания нужного эффекта. Внимание к мелким вариациям форм: чередование выступающих и углубленных горизонтальных элементов, нависающая карнизом крыша. Строители и городские власти придавали большое значение «Мигдаль Шалом». Проект был тщательно продуман, и средств на него не жалели. Например, облицовочная плитка сливочного цвета была специально привезена из Италии.

Встаньте на углу улиц Ахад-Аам и Монтефиори и улицы Герцля (немецкий профессор урбанист И. Шлер в монографии «Тель-Авив: от мечты – к городу» замечает, что особая энергетика его городского пространства обеспечена, в частности, тем, что почти нет ни одной улицы без зигзага или излома и ни одного перекрестка, на котором встретились бы всего две улицы, а не три или более) и посмотрите вверх. Перед

вами возвышается огромная башня. Ее вершина в облаках, но где ее опора? Как в нее войти? Возникает парадоксальный эффект: с одной стороны, здание – вот оно, его нельзя не заметить, с другой – оно недоступно, непонятно, как попасть внутрь, и возникает ощущение, что оно «не совсем здесь».

Вот два парадокса: простота и одновременно драматичность решения; башня есть, и в то же время ее как бы нет. Все это придает ей некоторую таинственность, нереальность, особенно ночью, когда нижние этажи тонут в сумраке, а верхние подсвечены.

С Ами Нахари согласен и такой «неудобный» эксперт-критик, как архитектор Исраэль Гудович, автор книги «Архитектурология. Промежуточный доклад» (Лондон, 1967). Гудович в своей новой книге «40x40», где рассмотрены 40 высотных зданий из построенных за последние 40 лет, которые, по его мнению, если перефразировать Марселя Пруста, превратят Тель-Авив в «башни, образующие город», определяет «Мигдаль Шалом» как одно из лучших (он даже говорит – из прекраснейших) произведений. С чем связана такая высокая оценка? – «Оно функционально, непретенциозно и не выглядит главкой из учебника по архитектуре или фрагментом мировой концепции. Его красота – в простоте. Его строительство было нашим прорывом в мир опыта высотной архитектуры, которой мы сейчас занимаемся.»

Споры и обсуждения постоянно сопровождают быстро растущее строительство небоскребов по всему Израилю. Можно выделить два основных направления сопротивления натиску строительных компаний. Первое: где место небоскребам – в центре или на окраинах? Они должны прийти на смену старой застройке или вырастать на еще незастроенных площадях? Второе: какова их функция? Это прежде всего жилые здания? Представительские? Деловые центры? Впрочем, оба вопроса сливаются, по сути, в один. Особенно остро обсуждается наступление небоскребов на Иерусалим. Столица Израиля не богата на высотные здания. Конечно, они там есть. Это прежде всего гостиницы. Однако до недавнего времени высотки стояли лишь у въезда в Иерусалим, а к Старому городу их не допускали. На святыни трех религий – Западную стену храма Соломона, сложенную из циклопических каменных блоков, золотой купол мечети над Скалой и храм Гроба Господня – не падала тень небоскребов. Однако вновь и вновь мэрии Иерусалима приходится принимать к обсуждению проекты возведения высотных зданий, опасно, по мнению экспертов, приближающихся к древним



Карта расположения высоток Тель-Авива



**Проблемы высотного строительства в Израиле и споры вокруг него, ведущиеся уже полвека, имеют, конечно, много сходства с аналогичными дискуссиями во всех уголках мира, куда шагнули «стражи неба» (а шагнули они всюду, где присутствует «Кока-Кола», а далее можно не уточнять), но при этом носят и особенный характер, так как каждый возведенный небоскреб меняет облик и характер жизни всей страны в целом**



стенам. В чем именно опасность? В том, что даже если небоскребы останутся за стенами древнеисторического центра, на их фоне Старый город, полный святынь и исторической памяти, может выглядеть чем-то вроде безобидной декорации, детской площадкой у ног великанов, если «стражи неба» встанут на окружающих его холмах. Только в феврале 2007 года очередные предложения по высотному развитию столицы были отклонены мэрией.

В других городах также осторожнее стали подходить к высотной нагрузке центра. Дело в том, что небоскребы остаются малонаселенными. Даже если огромные здания строятся не для офисов, а для жилья, то в них сравнительно немного квартир, просторных, дорогих и фешенебельных, но немного. Да и семьи, приобретающие эти квартиры, немногочисленны, обычно семейные пары, либо еще бездетные, либо уже вырастившие потомство. То есть жизнь вокруг высоток кипит в дневное время, когда загру-

Старое и новое рядом



**На новом этапе наблюдается стремление к буйным футуристическим фантазиям, к сочетанию методов наукоемкой технологии с полетом воображения и творческим самовыражением. Нынешние «воздушные замки» в меньшей степени носят рациональный и корпоративный характер и в большей – человеческий, творческий и оригинальный**



жены магазины и офисы, а в вечернее окрестности пустеют. Так что в городах Израиля сейчас стараются идти по иному пути загрузки центра: реставрация и творческое обновление декора старинных ансамблей, открытие театров, музеев, кинозалов, ресторанов, обустройство парков для отдыха и развлечений, а также молодежных и образовательных центров. Переход к такой политике увеличил собираемость налогов с площадей бывших даунтаунов в 10 раз за три-четыре года.

Все же нельзя сказать, что битва проиграна и небоскребы окончательно отступили на окраины и незастроенные площадки. Есть еще старинные районы, которые со временем стали трущобными, и против их обновления никто особенно не возражает. Есть устаревшие промышленные зоны, но все это связано с радикальным обновлением коммуникаций. Впрочем, будущее покажет и как будут заселяться небоскребы: может быть, они в конце концов приглянутся и многодетным разновозрастным семьям, а не только тем, кто навещает свои апартаменты с видом на Средиземноморье или гору Кармель два раза в год – на Песах весной и праздник Рош-а-Шана (Новый год) осенью.

Бросим еще раз взгляд на Тель-Авив, деловую столицу – последнее десятилетие изменило контур города – он устремился ввысь: с юга, севера и по береговой линии выстроились здания от 20 до 36 этажей. Многие из них поистине радуют глаз интересными пластическими и цветовыми решениями. В центре внимания остается комплекс башен «Азриэли» (архитекторы Эли Этия, Иски Сиван, 1999 г.). Это два огромных здания круглой (187 м, 49 этажей) и треугольной (169 м, 46 этажей) формы, к которым по замыслу должен еще примкнуть в будущем грандиозный четырехугольник. Чистая геометрия, взметнувшаяся в небо, поднимает горизонт города и дарит четкую ясность. Может быть, за это комплекс «Азриэли» так пришелся по сердцу этому нервному, энергичному городу и вечно неспокойной стране.

Квадратная башня была достроена буквально в последние недели, когда писалась эта статья, ее высота – 169 м, 42 этажа.

Если взглянуть сверху из самолета или подъезжать к Тель-Авиву с востока, то с башнями «Азриэли» на юге переключается небоскреб «Шаар Рамат-Ган» («Ворота Рамат-Гана»), построенный архитектором Моше Авивом в 2001 году. Город Рамат-Ган давно уже слился с Тель-Авивом, и вы, проходя по улице, можете не обратить внимания на то, что противоположный тротуар уже находится под управлением другого городского совета.

В Рамат-Гане вокруг Алмазной биржи построен единственный в Израиле район, полностью состоящий из небоскребов, но его жемужиной является, конечно, «Шаар Рамат-Ган» – единственная израильская высотка, сочетающая в себе функции офисного здания и жилого дома. Эта башня 244-метровой высоты (68 этажей) господствует над округой. Она занимает почетное 105-е место в списке небоскребов мира.

Во всей Европе таких высоток почти нет. «Шаар Рамат-Ган» не потерялся бы даже в Нью-Йорке, Чикаго или Гонконге. Это здание может служить в качестве примера эмоционального воздействия небоскреба. Оно легко узнаваемо издали. Стоя рядом с ним, рискуешь вывихнуть шею, чтобы увидеть его целиком. С верхних этажей все внизу кажется микроскопическим. Как правило, небоскребы с производимым ими эмоциональным эффектом символизируют стремление к высоким целям и достижение этих целей. Рядом с «Шаар Рамат-Ган» кажутся незначительными даже другие высотные строения вблизи Алмазной биржи. Но все вместе они являются воплощением современности, ее технологической, экономической мощи. «Ворота Рамат-Гана» – красивое здание. Строгую простоту модернизма, одним из удачных примеров которого считается «Мигдаль Шалом», начиная с 70-х годов здесь сменило стиливое разнообразие постмодернизма. Дизайн рамат-ганского небоскреба вдох-

новлен Домом Нации во Франкфурте. Стены украшены вертикальными и перекрещивающимися линиями, и, разумеется, здание венчает «корона», как подобает «царю небоскребов».

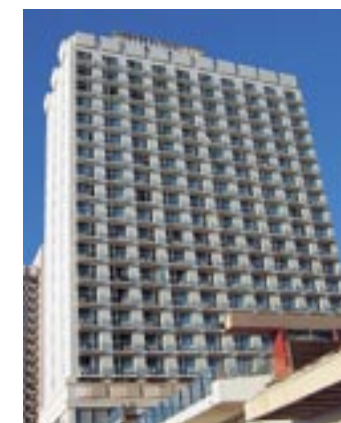
В дизайне рамат-ганского небоскреба, так же как в комплексе «Азриэли», присутствует своеобразная геометрическая изощренность. В обоих случаях архитектор соединил круглую башню с прямоугольной. Но если в случае «Азриэли» две башни стоят отдельно (третья, четырехугольная, еще не построена), то в «Шаар Рамат-Ган» они тесно прижаты друг к другу, создавая интересную динамичную игру форм.

#### «МИГДАЛЬ ЭШКОЛЬ» (ХАЙФСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Хотя большинство высоток сосредоточено в Большом Тель-Авиве (50-е место в мире по количеству зданий выше 90 м), именно Хайфе довелось сыграть уникальную роль в мировой истории высотного строительства. Больше нигде в мире небоскребы не стоят на вершине горы. То ли потому, что это производит ужасное впечатление, то ли в связи с техническими трудностями, о которых пойдет речь ниже в связи со зданием «Мигдаль Эшколь». Похоже, что эти высотки принесли Хайфе сомнительную славу, причем наибольшие сомнения вызывает как раз «Мигдаль Эшколь». Выдающийся бразильский архитектор Нимейер предлагал ставить прямую вертикаль на горизонтальную поверхность, но мог ли он представить себе что-либо подобное этому детищу профессора архитектуры Шломо Гилада? Если «Мигдаль Шалом» можно считать удачным воплощением модернизма с его строгой простотой, то этого нельзя сказать о «Мигдаль Эшколь». На этом примере становится понятно, почему лозунг модернизма «less is more» («меньшее – больше») в конечном счете сменился на «less is a bore» («меньшее – скучно»). Прямые, чистые линии и скучная форма, лишённые выдумки, наводят тоску. Уже издали эта башня навязывает свое присутствие и портит вид на гору Кармель. Расположение здания создает

Набережная Тель-Авива

«Мигдаль Эшколь»





**Бросим еще раз взгляд на Тель-Авив, деловую столицу – последнее десятилетие изменило контур города, он устремился ввысь: с юга, севера и по береговой линии выстроились здания от 20 до 36 этажей. Многие из них поистине радуют глаз интересными пластическими и цветовыми решениями**

дополнительные трудности для его функционирования. Зимой его иногда приходится закрывать, потому что вход в здание слишком открыт ветрам. Здание «Мигдаль Эшколь», подвергаемое во многом справедливой критике, может служить примером негативных последствий непродуманного высотного строительства – последствий, столь же бросающихся в глаза, как и сами небоскребы.

Но Хайфа же подарит любителю небоскребов и одно из самых приятных свежих впечатлений, и это будет «Мигдаль Амифрас» («Башня с парусом»).

Подъезжая к Хайфе с юга, нельзя не обратить внимания на это здание, быть может, одно из самых примечательных в стране. Пусть оно не очень высокое,

но достаточно интересно, чтобы приобрести международную известность. «Мигдаль Амифрас» считается одним из самых ярких образцов футуристической архитектуры. Архитектура наших дней вдохновлена будущим, надеждами на перемены и на «новый мир». Однако теперь ее взгляды на будущее не связаны только с практической функциональностью, оформленной в прямые линии и простые формы. На новом этапе наблюдается стремление к буйным футуристическим фантазиям, к сочетанию методов наукоемкой технологии с полетом воображения и творческим самовыражением. Нынешние «воздушные замки» в меньшей степени носят рациональный и корпоративный характер и в большей – человеческий, творческий и оригинальный. Поэтому в современном строительстве создаются необычные формы и используются современные материалы: сплавы, пластик и стекло.

«Мигдаль Амифрас» с его холодным блеском кажется чужеродным среди окружающих его запыленных припортовых кварталов. Но не страшно – уже имеется план застройки, и будем надеяться, что новые строения вместе с оригинальным небоскребом сложатся в элегантный и динамичный микрорайон. «Мигдаль Амифрас» построен местным архитектором Авраамом Куриэлем в сотрудничестве с Диной Амар в 2002 году. Высота – 140 м, 37 этажей. Проектировщики использовали местный мотив – море. Ведь Хайфа – самый

морской из израильских городов. И в самом деле, невозможно представить себе дом с парусом, скажем, в Иерусалиме. «Мигдаль Амифрас» сочетает в себе новаторство на международном уровне и местный, сугубо хайфский колорит. Использование «местных» мотивов помогает выразить местный характер. Если архитектура – это застывшая музыка, то небоскребы – мелодия глобализации, но оказывается, что на эту мелодию можно спеть разные песни.

В заключение скажем, что есть среди высоток Израиля малыш – всего 16 этажей – это «Мигдаль Пивко» (по фамилии архитектора), который вызывает бурные споры и резко противоположные чувства.

**Современные споры вызывают в памяти дискуссию, которая велась в Израиле 50 лет назад: тогда страна только начинала отстраиваться, население быстро увеличивалось, и среди масштабных проектов застройки был и такой, который предполагал возведение только и исключительно высотных зданий с целью экономии земельного пространства**

Башни «Аэриэли»



Автор книги о сорока башнях Израиля И. Гудович включил это здание в свою книгу как культурный феномен с отрицательным знаком. Он называет его искаженной цитатой, амбициозным подражанием американизму. Ненавидит он этот недоделанный небоскреб. По его словам, этот укрупненный улей фешенебельного жилья возник потому, что, располагая немалым бюджетом, архитектор был намерен его израсходовать во что бы то ни стало, пусть даже самым фантастическим образом. «Это образец стиля жизни по Илану Пивко, но ничего более», – саркастически замечает Гудович. А вот впечатлительный гуляка по «воздушным замкам» Амир Нахари восхищен творением И. Пивко и благодарен: это футуристическая фантазия, рассчитанная

на то, чтобы поразить. Это даже не Башня, а башенка, – подумаешь 70 метров! – не Мигдаль, а мигдальчик, но как он перетягивает на себя внимание, красуясь перед толпой небоскребов, сгрудившихся возле Алмазной биржи. «Главное – индивидуальность, а не длина, – нагло заявляет нам это здание, похожее с одной стороны на древнюю башню, с другой – на космический корабль, а с третьей – на обелиск памяти всех минувших войн», – не скрывает восхищения Нахари. А может быть, она ни на что не похожа, эта высотка, но способна вести диалог с нашим воображением и чувствами, как и подобает настоящей архитектуре. Архитектура – это ведь не только застывшая музыка, это еще и судьба жизненного пространства. ■

Меняющиеся контуры Тель-Авива

Ночной Тель-Авив





# Белый «ПАРУС» для Хайфы

Хайфа – средиземноморский город, расположенный на берегу залива и склонах горы Кармель. Это промышленный город и главный порт в Израиле.

**В** последние годы ведется работа по модернизации Нижнего города, и башня «Парус» является значительной частью проекта городской застройки.

Здание было задумано как ориентир у восточного въезда в город; при строительстве особое внимание уделялось расположению башни и виду, открывающемуся на нее с горы Кармель.

Башня «Парус» – это настоящий шедевр, новаторское здание, которое, тем не менее, построено в рамках исторических традиций. Свидетельство тому – изогнутая поверхность, которая не только напоминает раздувающийся парус, но и отражает архитектурную традицию Ближнего Востока, в которой не приняты прямые линии.

Башня возвышается на площади, которая является общественным местом и на которую выходят другие офисные здания. На подземных этажах расположены архивы, парковка и энергоблок. Площадь малых этажей расположенных в верхней и нижней части башни – 850 м<sup>2</sup>; площадь самого просторного этажа достигает в средней части 1250 м<sup>2</sup>, высота этажа – 3,7 м. Общая высота башни – 136,4 м.

Башня состоит из ядра и системы опор по внешнему периметру. Поскольку здание проектировалось под офисы, внутри опоры отсутствуют.

Ядро, в котором заключены коммуникации, расположено в центральной части здания и проходит через все этажи и на каждом из них оно ограничено ортогональной стеной-перегородкой. Вокруг ядра размещаются четыре крыла. Два, расположенные друг против друга, имеют форму 1/4 цилиндра, радиус которого составляет 16,5 м. Другие два крыла имеют форму двойкой кривизны, их радиус составляет 16 м. Форму этой конструкции можно сравнить с четвертью сигары.

Большинство этажей представляют собой безколонные пространства, за исключением двух крыльев двойкой кривизны. Все офисные помещения в цилиндрических по форме крыльях башни не имеют колонн, перекрытия безбалочные, изготовленные из монолитного железобетона. Толщина перекрытий составляет 20–23 см. Длина пролетов варьируется от 6 до 9 м. Эти безбалочные перекрытия на всех этажах крепятся с одной стороны к стенам центрального ствола здания, а с другой – поддерживаются колоннами фасада. Расчет перекрытий методом построения сетки конечных элементов был произведен для расчета арматуры из низкоуглеродистой стали.

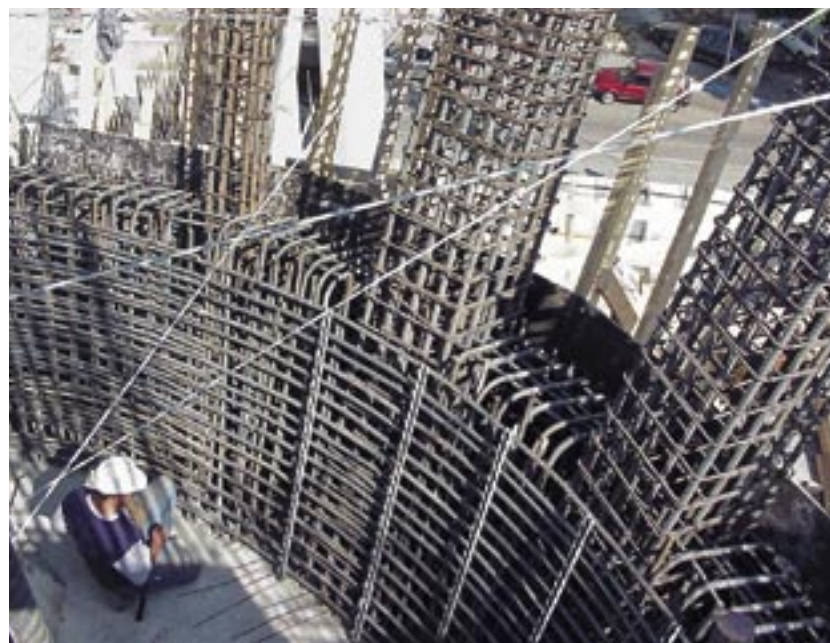
Колонны фасада, расположенные в крыльях цилиндрической формы (две угловые колонны 0,4 x 3,1 м и три колонны 0,5 x 0,55 м, размер которых уменьшается по мере подъема и на верхних этажах составляет 0,35 x 0,35 м) делятся на отрезки длиной 6,25 м и соединяются плоскими балками размером 0,6 x 0,2 м.

В крыльях здания объемно-пространственной формы колонны фасада (двугловых колонны с фиксированными размерами 0,4 x 0,6 м и четыре колонны – 0,65 x 0,68 м, размер которых по мере подъема к верхним этажам уменьшается до 0,35 x 0,35 м) делятся на отрезки длиной 5 м на уровне самого просторного этажа.

Радиус объемно-пространственных крыльев сооружения увеличивается по мере подъема на следующий этаж. На 8-м этаже, где радиус крыла составляет 11,3 м, добавляются две колонны. Это необходимо для сокращения длины пролетов перекрытий, которая без колонн составила бы 16 м. Эти колонны поднимаются из точки пересечения наклонных колонн, которые логически продолжают линию изгиба здания.







Конструкции

Расстояние между колоннами фасада, расположенными по периметру объемных этажей, уменьшается по мере сужения радиуса этажа кверху и книзу здания. Эти колонны поддерживают массивные железобетонные перекрытия, которые имеют форму 1/4 цилиндра и крепятся к центральному ядру здания.

Расчетные нагрузки на колонны, установленные в крыльях цилиндрической формы и в крыльях пространственной формы, достигают 6 000 кН и 11 000 кН соответственно.

Отсутствие балок позволяет экономить до 275 см площади, пригодной для офисного использования или установки инженерного оборудования, монтируемого на потолке, без каких-либо пересечений с элементами конструкции. Система подвесных потолков на каждом этаже включает акустические потолки – 15 см и 60 см отводятся под воздуховоды, спринклеры, электрооборудование, водоводы и осветительную арматуру.

Центральный ствол башни выполнен из железобетона (18,5 x 20 м), его конструкция позволяет выдерживать боковые нагрузки, вызванные сейсмическими толчками и ветром. В стволе расположены четыре лифтовых шахты, восемь лифтов, две аварийные лестницы, грузовой лифт, два блока санитарных помещений, основной и служебный коридоры, мини-кухня, курительные комнаты и вертикальные шахты для инженерных сетей.

Главный (300 см шириной) и служебные (шириной 140 см) коридоры делят ствол здания на четыре зоны. Они соединяются четырьмя балками размером (0,5 x 0,9 м и 0,5 x 1,2 м) в каждом направлении, которые рассчитаны таким образом, чтобы противостоять поперечным силам. В результате все четыре зоны функционируют как единое целое. Арматура включает две группы арматурных профилей (тесно соединенных между собой), укладываемых в обоих направлениях таким образом, что образуется арматурный каркас типа «ножницы», соответствующий регламенту, принятому в Израиле в отношении проектирования сейсмостойких конструкций.

Благодаря расположению здания вблизи геологического разлома, который пересекает бухту Хайфа, было

#### УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА

##### Идея:

**Архитекторы:** Дина Аммар, Авраам Куриэль  
**Проектная группа:** Бен Авраам (Лазарь) Яков, Сакс Эвигайль

**Конструкторы:** S. Ben Abraham Engineers, Баллас Рами (главный конструктор)

**Руководитель проекта:** Гейнор Йорам – Ashtrom Properties Ltd.

**Руководитель строительными работами:** Лазарь Йосси – Ashtrom Group

**Генеральный подрядчик:**

##### Партнеры:

Ashtrom Engineering & Construction Ltd., Израиль  
Sollei Bone Ltd., Израиль

**Разработчик обрамляющей конструкции:** Seralwall – Италия

**Инвестор:** Совместное предприятие Ashmoret Tichona Ltd., Израиль

##### Учредители:

Ashtrom Properties Ltd,  
Secom – Israel Ltd,  
Industrial Building Corporation Ltd.

##### Заказчик:

Правительство Израиля,  
Министерство финансов

##### Представители заказчика:

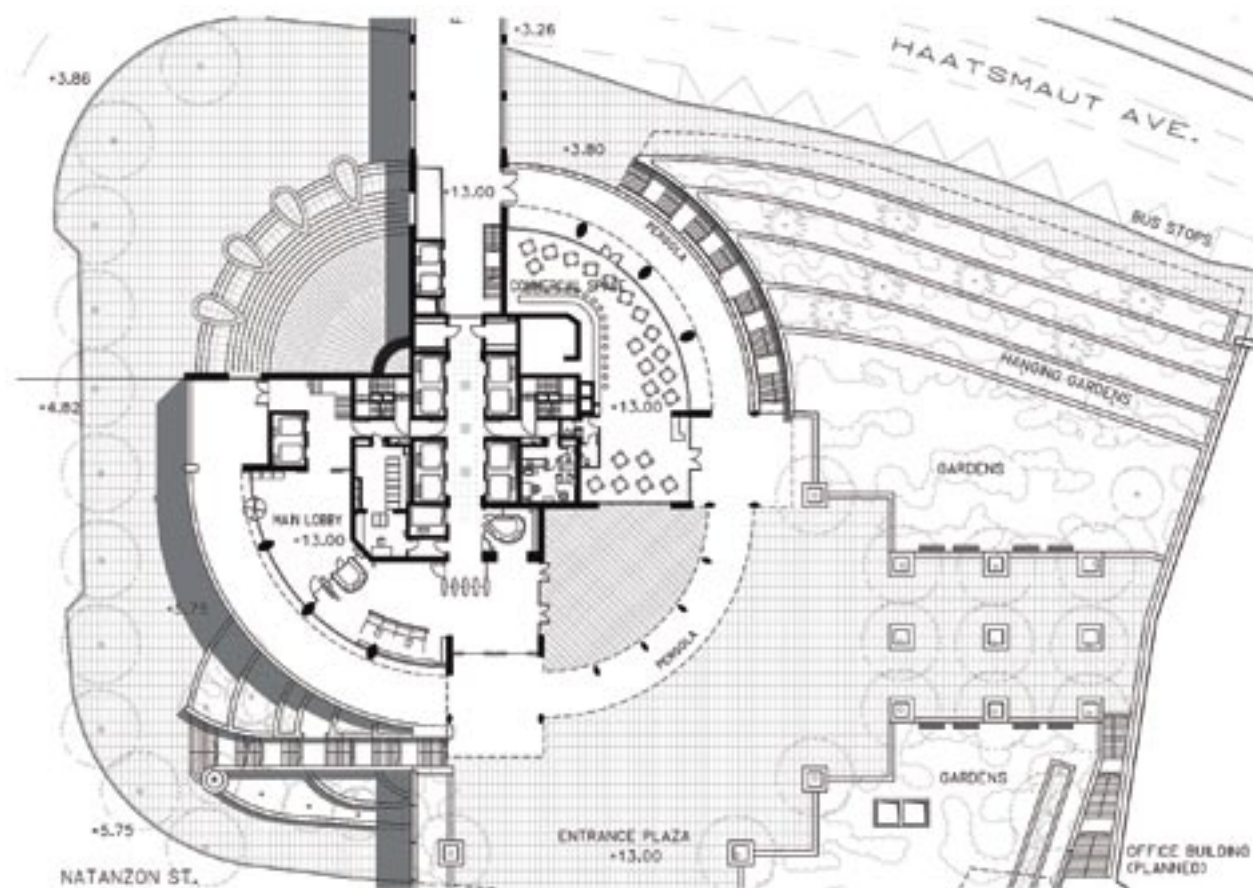
Архитектор Яир Арци – С.Р.М. Ltd.  
Миссис Маргалит Мозес-Фридберг,  
Enoch System & Management

необходимо разработать комплекс экстренных предупредительных мер и удвоить коэффициент уровня сейсмической активности, ( $Z = 0,2^*g$  вместо  $Z = 0,1^*g$ ). Таким образом, опрокидывающий момент, получаемый в результате нагрузки, образующейся при землетрясении, выходит довольно значительным для зданий такой высоты. Что касается большого момента сопротивления изгибу, необходимо учитывать растяжение внешних стен ядра жесткости и использовать вертикальное армирование.

При возведении колонн использовался бетон, имеющий прочность 50 МПа, для перекрытий и стен ядра – 40 МПа. По мере подъема прочность понижается, и на уровне верхнего этажа она составляет 40 МПа для колонн и 30 МПа для стен каркаса. Предел текучести для арматурной сетки – 500 МПа, для арматуры из низкоуглеродистой стали – 400 МПа.

Вертикальная нагрузка на ядро жесткости составляет 350 000 кН, опрокидывающий момент, вызываемый землетрясениями, – 1 420 000 кН. Так как вес был недостаточен для того, чтобы компенсировать большой опрокидывающий момент, растягивающие силы, действующие на основание ядра, передаются сваям, работающим на растяжение. Эти растянутые сваи диаметром 60 см, забиваемые в грунт и проникающие вглубь пластов известняка на 10–17 м, располагаются попарно по периметру под ядром жесткости. Вертикальная нагрузка на ядро передается на неразрезную фундаментную балку и затем на сваи (оголовки свай имеют размер 2,8 x 1,3 м).

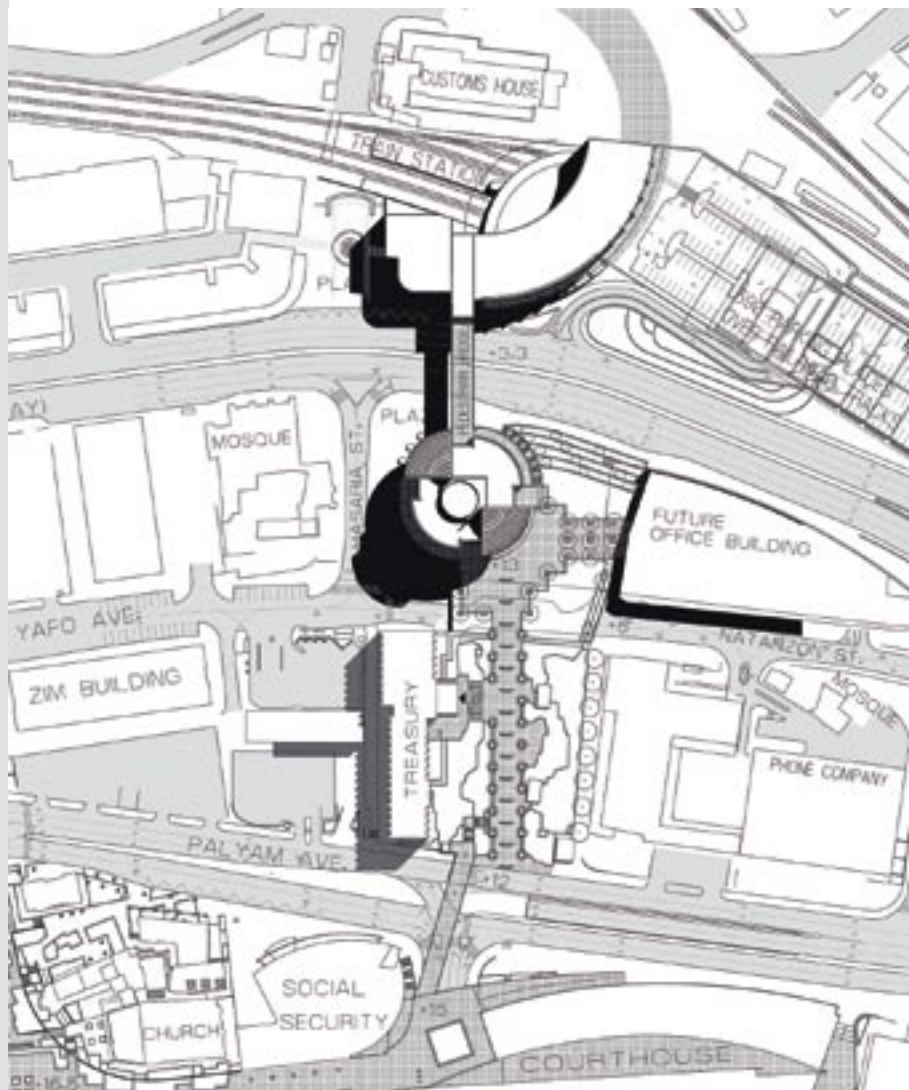
Воздействию ветров противостоит только ядро жесткости. Это позволяет добиться сокращения конструктивных сдвигов до 4 см (на высоте 113 м).



Parking level







Участок застройки

**Высота здания**

Общая высота – 136,4 м  
 Ул. Аацмаут – +5,60 над уровнем моря  
 Отметка кровли – +113,25 над уровнем моря  
 Вершина шпиля – +142,00 над уровнем моря

**Количество этажей**

- три подземных этажа
- два этажа вестибюля
- 25 этажей под офисы
- 3/5 этажа – высота шпиля

**Площадь перекрытий**

- 27 000 м<sup>2</sup> – офисное пространство
- 3000 м<sup>2</sup> – торговые помещения
- 2000 м<sup>2</sup> – аварийные системы
- 5000 м<sup>2</sup> – парковка

**Общая площадь** – 37 000 м<sup>2</sup>

**Число сотрудников** – 1200

**Число ежедневных посетителей** – 1400

**Сроки строительства**

Начало работ – октябрь 1999 года  
 Окончание работ – февраль 2002 года  
**Отделка интерьера и заселение** – март 2002 года – февраль 2003 года



Период основного тона колебаний башни составляет 2,5 сек., максимальное ускорение на уровне верхнего этажа, расположенного на высоте 113 м, из расчета на период повторяемости 10 лет составляет  $7,8 \times 10^{-3}$  Г.

Расчетная ветровая нагрузка была определена методом изучения модели, созданной специалистами Аэродинамической лаборатории из Университета West Ontario в Канаде, при помощи модели башни, выполненной в масштабе 1:300 в строгом соответствии с чертежами.

В аэродинамической трубе, построенной в лаборатории, были искусственно созданы градиентный ветер и ветровые возмущения, сравнимые с реальными, и в течение часа одновременно фиксировались показания датчиков о динамике изменения давления в 300 точках фасада по 36 направлениям. Кроме того, из пенополистирола была построена модель окружающей городской зоны радиусом 370 м. Верхняя часть зоны была смоделирована в общих чертах. По каждому направлению симулировались неровности рельефа.

Провели выборочные исследования динамических характеристик конструкции. Для этого полученные данные о динамике изменения давления, вызванной ветровыми нагрузками, применялись для создания математической модели динамики, способной воспроизвести перераспределение масс и первые девять режимов вибрации. Были получены значения среднего линейного и среднего квадратичного отклонений, наибольшее значение смещения, ускорения – базовые моменты по всем направлениям для периода повторяемости 50 лет. Рассчитали также соответствующие горизонтальные и скручивающие нагрузки и создали модель САПР. Впоследствии эта модель была нагружена необходимым количеством комбинаций статических нагрузок.



Июль 2000 года

Изогнутая поверхность верхней и нижней частей объемно-пространственных крыльев сооружения привела к появлению значительных горизонтальных распоров на этих уровнях. Эти распоры, компенсируемые за счет общей жесткости конструкции, вызывают небольшие горизонтальные смещения в верхней части. Значение общего опрокидывающего момента, создаваемого ветровыми нагрузками, составляло 322 000 кНм и 343 000 кНм по двум основным направлениям, значение крутящего момента – 16 100 кНм. Эти значения приведены для периода повторяемости 100 лет и величины критического затухания 1%.

Максимальные значения нагрузок для несущих стен (перепадов ветрового давления-напора и отсоса) составляли 1,5 кПа для западного фасада и 1,8 кПа для северного.

Башня и цокольные этажи сделаны из монолитного бетона, поверх которого идет обрамляющая конструкция из алюминиевых витражей, к которым крепятся пластины зеркального стекла.

В целом внешний облик здания во многом зависит от структурных решений, которые являются результатом тесной взаимосвязи архитектурного и структурного проектирования.

Сегодня в строительстве на первый план выходят замысловатые конструкции, в которых качество деталей свидетельствует о качестве сооружения в целом. Башня «Парус» получила статус архитектурного объекта именно благодаря колоссальному вниманию к деталям и безупречному соединению стеклянных пластин с навесными элементами фасада.

Здания, такие как башня «Парус», благодаря инженерному искусству сочетают элементы культурного наследия и архитектурных сооружений будущего. ■





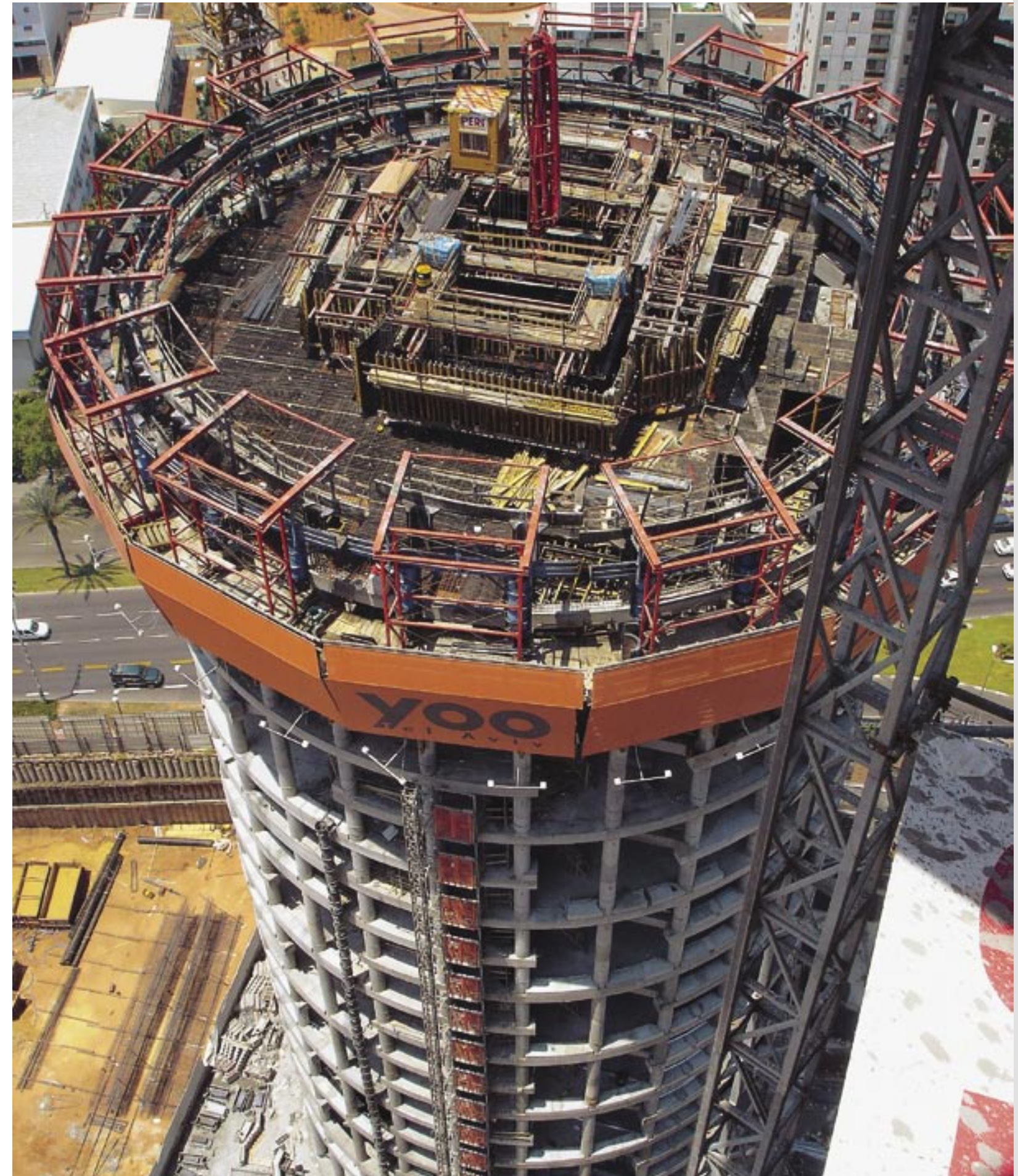
Высотные здания – это символ нашего времени, они появляются во всех странах. Не исключение и Израиль. В ближайшее время в Тель-Авиве появятся несколько новых высоток, среди них – Yoo Tel Aviv и FIBI.

# YOO Tel Aviv

Ведутся работы по строительству двух жилых небоскребов в престижном районе Тель-Авива Парк Tzameret. Две башни круглой формы будут иметь 37 и 41 этаж. Несмотря на то что строительство еще не закончено, Yoo Tel Aviv уже отмечается в числе лучших десяти израильских небоскребов, башни становятся узнаваемым символом города. Закончить строительство и сдать в эксплуатации башни планируется в этом году. Здания проектировало бюро Mor-Yaski-Sivan Architects совместно с Филиппом Старком.

Филипп Старк не только выступил в качестве дизайнера здания, но и лично спроектировал квартиры, разделив их на четыре типа, которые называются «культура», «минимализм», «природа» и «класс». Стоимость проекта оценивается в 145 млн. долл. Конструкции комплекса разработала компания S.Ben-Abraham Engineering. Комплекс Yoo Tel Aviv состоит из 297 квартир, а также салонов красоты, фитнес-центра и небольшого частного кинотеатра. Размер общей жилой площади составляет около 52 тыс. кв. м. Yoo Tel Aviv – самый престижный из жилых проектов, когда-либо созданных в Тель-Авиве.

Обе круглые башни имеют диаметр 34 м и высоту 127 и 140 м, а также общую подземную часть из трех этажей, площадь которой составит 25 505 кв. м. Здания построены из монолитного железобетона. Центральное ядро жесткости квадратной формы в каждой из башен имеет размер 15x15 м и толщину стен от 500 до 300 мм. В нем расположены лестнично-лифтовой блок, технические помещения. Здесь же оборудованы убежища для каждой из четырех квартир на этаже. Центральное ядро жесткости обеспечивает восприятие горизонтальных ветровых и сейсмических нагрузок. По периметру каждой из башен расположены 28 круглых железобетонных колонн диаметром 700 мм со стальным сердечником в подвальных и нижних этажах башен. Колонны объединены по фасаду железобетонными балками, облицованными крупным камнем. Железобетонное ядро жесткости, а также фасадные колонны и балки бетонировались с применением подвесной индивидуальной стальной опалубки фирмы Peru, что позволяло возводить этаж в течение недели. ■





# Первый международный банк Израиля FIBI



Здание Первого международного банка Израиля расположено в престижном месте – в сердце финансового района Тель-Авива, напротив новой Фондовой биржи. Эта стеклянная башня будет служить ему штаб-квартирой. Проект разработан американской фирмой Pei Cobb Freed & Partners Architects и израильским бюро Nir-Kutz Architects, конструкции разработаны S.Ben-Abraham Engineering Ltd.

Форма башни, расположенной на ключевом участке, несет в себе обязательство обогатить общественное пространство бульвара Rothschild. Башня была спроектирована так, чтобы она вписывалась в окружающую среду из маленьких исторических зданий и современных коммерческих структур. Рядом со зданием будет располагаться благоустроенная общественная площадь, где прохожие смогут отдохнуть и полюбоваться соседними историческими зданиями и окружающей средой. В рамках проекта предусмотрено сохранение двух исторических зданий Beit Va'ad Hakehila и Rifka Greenwald, которые будут восстановлены и открыты для посещения.

Асимметричная башня, основанная на системе равносторонних треугольников, обращена к линии горизонта и улице, она была спроектирована с учетом параметров, установленных тель-авивским муниципалитетом.

Башня высотой 120 м представляет собой сочетание пяти равносторонних треугольников с длиной стороны 21 м, каждый треугольник продолжается 8 этажей. Здание будет иметь 31 надземный и 5 подземных этажей. Его общая площадь составит 37 700 кв. м.

Колонны башни выполнены с применением сварных и прокатных двутавров. Перекрытия толщиной 150 мм сделаны из стального профилированного настила и топинга из бетона с легким заполнителем. Стальные балки перекрытий запроектированы композитными и соединены стадами с железобетонным перекрытием. Горизонтальные нагрузки воспринимаются узким прямоугольным ядром жесткости (короткая сторона – 6 м) и шестью г-образными железобетонными рамами. Стойки рам представляют собой железобетонные круглые колонны диаметром 1380 мм, а поэтажные ригели имеют размеры 500x950 мм. Железобетонные рамы продолжаются до 15-го этажа, выше которого работает только железобетонное ядро жесткости. ■







Москва – Нью-Йорк

**Дэниел ЛИБЕСКИНД**

Дэниел Либескинд, бакалавр архитектуры, магистр искусств, член Ассоциации архитекторов, имеет международное признание в области архитектуры и градостроительного проектирования. Он впервые ввел концепцию критического анализа в архитектуру и применил мультидисциплинарный подход к проектированию. Его проекты имеют широкий спектр: от крупных культурных и общественных институтов – музеев, концертных залов и университетов до торговых центров, отелей, магазинов. Кроме того, архитектор вел работы по проектированию ряда жилых зданий и оперных театров. Дэниел Либескинд также руководит дизайн-студией по разработке моделей объектов. Стиль Дэниела Либескинда отражает интерес, который испытывает архитектор к философии, искусству, музыке, литературе, театру и кино, а также ту настойчивость, с которой он стремится преодолеть ограничения, налагаемые законами архитектуры и градостроительства. Основным моментом философии Дэниела Либескинда, основным стимулом его работы является то, что он стремится проектировать таким образом, чтобы можно было в полной мере ощутить энергию людей, вовлеченных в осуществление этих проектов, чтобы здания стали близки широкому массам людей в той стране или городе, где они построены.

# Архитектурные образы ДЭНИЕЛА ЛИБЕСКИНДА

Дэниел Либескинд, один из наиболее востребованных мировых архитекторов, работы которого легко узнаваемы и неординарны, дал интервью для нашего журнала. Затронув отдельные аспекты собственного творчества, Либескинд обозначил важные моменты своего видения задач современной архитектуры и рассказал о последних работах мастерской на разных континентах.

**ТВОРЧЕСКИЙ МЕТОД**

**Дэниел Либескинд прославился как апологет деконструктивистской архитектуры. Есть ли сегодня у него выраженные стилиевые пристрастия?**

Я всегда стараюсь создать что-то уникальное, чтобы разнообразить конкретную среду города, отдельных мест. Но я не копирую среду, а нахожусь в постоянном диалоге с ней, выраженном средствами современной архитектуры. При этом нельзя однозначно определить мои работы как архитектуру какого-то узкого направления в рамках современных архитектурных течений. Просто несколько неожиданные формы чаще рождаются из таких геометрических сочетаний, которые сегодня принято называть «деконструкцией». Но главное, на мой взгляд, не вычурность форм ради себя самой, а адекватный пространственный ответ на визуальные акценты окружения. Противоречивость такого окружения часто рождает и неожиданные пространственные решения зданий. Но именно это и создает их яркие и неповторимые образы.

**Часто ли вам приходится работать над проектами зданий повышенной этажности или небоскребами?**

Последнее время у нас идет работа над несколькими очень крупными проектами в Варшаве, Лас-Вегасе, Нью-Йорке, Цинциннати, Милане, Торонто, Сингапуре. Так сложилось, что я спроектировал много музеев и общественных зданий. Но я не выделяю какую-то определенную типологию зданий как приоритетную, предпочитаю работать в разных жанрах

и масштабах. Повседневная жизнь с ее жильем, офисами и магазинами даже интереснее для работы, чем отдельные уникальные постройки. Ведь ощущение от города формируют именно рядовые здания. Тем интереснее их сделать неожиданными и красивыми. Например, в Швейцарии сейчас мы делаем большой комплекс в самом центре города, там должны быть офисы, магазины, отели и т.д. Фактически мы претендуем на создание качественно новой инфраструктуры большого фрагмента городской среды (Берн, 2007 – окончание работ). В Дублине в Ирландии мы делаем комплекс с оперным театром, офисными и торговыми помещениями и др. Большая работа ведется в Канаде, там идет сооружение сразу нескольких объектов, в том числе небоскреба и музея в Торонто.

**Есть ли у вас особенно любимые конструктивные приемы при сооружении различных типов зданий?**

Я не отношусь к архитекторам, которые возводят технологические возможности архитектуры в ранг некоего культа. Для меня конструктивные приемы и новейшие технологические возможности есть лишь инструмент, позволяющий более полно выразить нужный образ. Я стараюсь создавать запоминающиеся сооружения, отвечающие проблемам именно того места, в котором они должны располагаться. Каждое мое здание – хочется верить – уникально сочетанием определенных форм, необходимых конкретному пространству как некие «иконические образы» места. А для достижения этой цели мы максимально используем новейшие технические достижения.

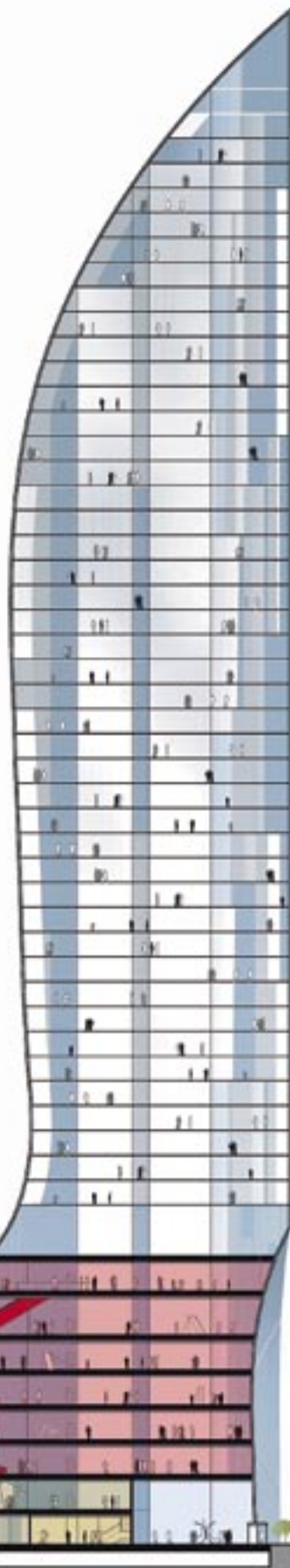
Интерьер The Crystal, Онтарио, Канада







Я не отношусь к архитекторам, которые возводят технологические возможности архитектуры в ранг некоего культа. Для меня конструктивные приемы и новейшие технологические возможности есть лишь инструмент, позволяющий более полно выразить нужный образ



The Hummingbird Centre for the Performing Arts, Торонто, Канада

**Есть ли для вас особенная специфика при работе в исторической среде?**

Безусловно, да. Ни одно из моих зданий не стоит в пустыне. Окружение всегда имеет первостепенное значение. Просто взаимодействие с этим историческим окружением происходит не на уровне прямой стилизации или повторения отдельных мотивов. Моя первая реализованная работа – Еврейский музей в Берлине – была ориентирована на симбиоз образного концептуального сооружения в сугубо современных формах со старинным барочным особняком. Мне кажется важным создавать немонотонную, разнородную среду, наполненную непохожими эмоциями и настроениями. Сейчас мы работаем над проектом высотного здания в Варшаве. Там башня располагается визуально практически напротив знаменитой «сталинской» высотки, доминирующей над всем окружением центра города. Мы хотим показать в своем проекте образ постсоветской, демократической Польши, открытой новым идеям и возможностям, в том числе и в архитектуре. Кроме того, эта башня должна стать самым высоким жилым зданием в Европе.

(М.М.: Интересно отметить, что на данный момент этот титул носит новая «восьмая» высотка «ДОН-Строя», законченная в 2004 году в Москве. Символично, что преодоление прошлого в понимании поляков отражается в причудливо-прозрачной архитектуре Либескинда, тогда как видение идеального будущего архитекторами отечественного «ДОН-Строя» выражается в репликах достижений советского периода и высоток как его квинтэссенции в архитектуре.)

**Можете ли вы сказать, что кто-то из современных коллег или архитекторов прошлого оказал на ваше творчество большое влияние?**

Я с большим уважением и интересом отношусь к работам своих коллег. Тем более что мне довелось взаимодействовать с наиболее интересными фигурами современности в нашей профессии, особенно в последние годы, и в тесном сотрудничестве разрабатывать масштабные и знаковые проекты для разных городов. В частности, чрезвычайно ответственный проект башни на месте нью-йоркского Всемирного торгового центра наша мастерская проектирует, учитывая соседство с работами Нормана Фостера, Ричарда Роджерса, Фумихико Маки. А конкурс на комплекс высотных зданий в Милане «Фьера Милано» вместе с нами выиграли Арата Исодзаки и Заха Хадид. В нем заложено одновременно огромное количество функций. Жилые и офисные башни должны соседствовать с обширными общественными пространствами, торговой, рекреационной и музейной зонами. Так что итальянский проект, помимо исторического окружения, содержит и рефлексию на соседство с работами уникальных мастеров современности. Кстати, мы спроектировали еще и планировку парка вокруг всего комплекса таким образом, чтобы предоставить возможность людям в полной мере оценить достоинства сочетания истории и новейших достижений архитектуры в непосредственной близости друг от друга.

Я всегда стараюсь создать что-то уникальное, чтобы разнообразить конкретную среду города, отдельных мест. Но я не копирую среду, а нахожусь в постоянном диалоге с ней, выраженном средствами современной архитектуры



Fiera Milano, Италия

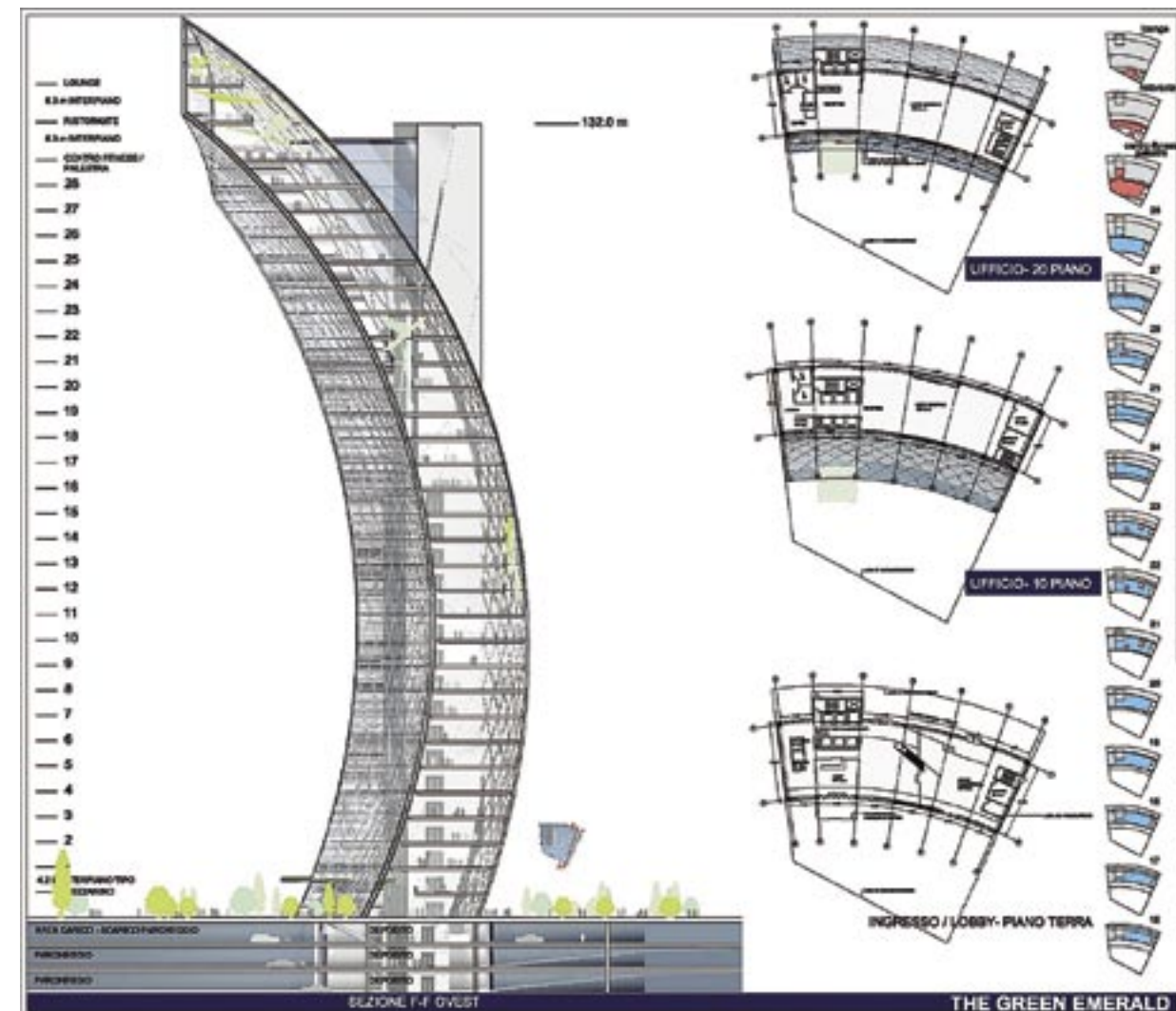
**Как бы вы охарактеризовали архитектуру Либескинда с позиции стороннего наблюдателя?**

Я создаю пространство и возможности функционирования здания, новые для тех мест, где работаю. Важно не только сделать красивый фасад, но и продумать систему связей всего объемного решения. Я стараюсь придать уникальность месту путем сочетания традиционного и непривычного. Поэтому моя архитектура может быть непонятной, противоречивой и даже шокирующей. Но именно такой подход к архитектурному произведению и позволяет формировать новую «память места».

**НОВЫЕ РАБОТЫ**

**В какой стране мира легче и удобнее работать сегодня?**

Сегодня наше бюро работает над 30 крупными проектами в Северной Америке, Европе и Азии, и в каждом проекте я стараюсь принимать самое деятельное участие. Мне важно продумывать работу до последней мелочи, ведь это уникальный интеллектуальный продукт, а не тиражирование одной идеи на конвейере. Поэтому внимательное изучение особенностей климата, вкусов, предпочтений и запросов моих клиентов в разных странах и составляет значительную часть сложностей каждого проекта. Но как раз такие





**Я с большим уважением отношусь к русской культуре в целом. У вас очень разноплановая, фантастическая архитектура. Наследие русского конструктивизма является одним из базовых элементов моего видения современной архитектуры**



Жилой комплекс Reflections, Сингапур

ограничения и приводят к творчески интересным результатам, поэтому я их люблю. Кроме того, я принципиально не превышаю запрооектированные бюджеты строительства. Так что это я, скорее, «удобный архитектор» для клиентов в разных странах.

**В каких штатах Америки и где еще ведется работа мастерской Либескинда?**

Помимо башни нового Всемирного торгового центра в Нью-Йорке, который планируется закончить в 2010 году, в США сейчас разрабатываются два наших больших проекта: высотное здание в Цинциннати, штат Огайо, и совместно с «MGM Мираж» – комплекс «Сити Сентр Ритейл и Энтертеймент» в Лас-Вегасе, штат Невада. Над последним проектом наше бюро ведет работу в рамках масштабного сотрудничества «MGM Мираж» с восемью крупнейшими архитекторами мира. Еще одним фокусом притяжения наших творческих усилий сегодня является Торонто, для которого мы делаем Королевский музей, Мемориал еврейских ветеранов Второй мировой войны и офис-

но-жилой высотный комплекс «Хаммингберд Сентр». Наиболее представительным азиатским проектом является наша разработка для сингапурского залива «Кэппел Бей». Проект «Рефлекшенс» включает в себя реконструкцию 750 м береговой линии и строительство 11 жилых вилл и шести башен с колебанием этажности от 24 и до 48 этажей.

**Какие заказчики и в каких странах охотнее соглашаются на экспериментальные и инновационные решения?**

Во всех странах есть своя специфика. Но в моем случае клиенты достаточно хорошо представляют, какого типа архитектуру они заказывают. Поэтому сложности возникают уже на уровне согласования технических решений объектов. Однако любой проект, за который я берусь, интересен мне во всех стадиях, и непредвиденные ограничения заставляют меня интенсивнее аргументировать свои позиции. Проектирование для Сеула, Гонконга или Сингапура сильно отличается от способов взаимодействия в Западной Европе или Америке. А работа в Милане сильно отличается от работы в Варшаве и т.д. Но понять уникальные черты места и адекватно интересно ответить на запросы конкретной среды – вот главная задача для меня как архитектора, независимо от местоположения объекта. И каждый следующий проект должен быть непохож на предыдущий.

**Какой процент выполненных проектных работ удается реализовать?**

Сегодня я удачливый архитектор, работающий в основном над конкретными заказами, подавляющее большинство из которых планомерно реализуются по всему миру.

**РАБОТА С ЗАКАЗЧИКОМ**

**Какова степень вашего личного сотрудничества с заказчиком? Возможно ли вмешиваться в процессе работы, переделывать проект по несколько раз, определять стилистику зданий и т.д.?**

Я не тот архитектор, который предлагает клиенту только определенный вид архитектурного продукта. А если тот его не устраивает – клиент уходит. Я стараюсь очень точно и внимательно следовать идеям и нуждам заказчика. Правда в том, чтобы придумать небанальное здание и именно его воплотить. Но нужно быть уверенным, что клиент доволен тем, как эта идея реализована и приспособлена для его конкретных целей. Мне чрезвычайно везет на очень креативных клиентов. Поскольку моя цель в каждом проекте – создать что-то такое, чего еще никто не делал, сотрудничество и взаимопонимание с клиентом просто необходимо. К примеру, возводимые сегодня в различных городах России небоскребы – очень стандартные объекты, с равным успехом могущие стоять в любом азиатском или американском городе. Они безлики и лишены индивидуаль-



Zlota Residential Tower, Варшава, Польша

ности. Я стараюсь предлагать архитектуру, которая отражала бы историю и создавала новые образы конкретного места в городе.

**Вы принимали участие в конкурсе на проектирование штаб-квартиры Газпрома в Петербурге. Насколько интересно современному архитектору вашего уровня участвовать в различных архитектурных конкурсах? И имеет ли это смысл делать в России?**

Насколько я знаю, еще ни один крупный проект знаменитого иностранного архитектора, выигравшего тот или иной конкурс в России, не был реализован. Тем не менее мне было интересно работать над этим проектом. Я по-прежнему считаю, что именно мой проект был лучше других приспособлен под исторические реалии Петербурга, передавал его уникальную культурную атмосферу. Для меня наследие русской литературы, история Петербурга имели огромное значение. Но я отразил это не прямым цитированием или репликами архитектуры прошлых эпох, а предложил

сформировать новые визуальные акценты в диалоге с великим прошлым города. Мне очень грустно, что из всех возможных вариантов жюри выбрало самый стандартизированный небоскреб, начисто лишенный понимания специфики места, который с равным успехом мог бы стоять в любой другой точке мира.

**Что вы думаете о возможности построить что-либо в России?**

Я с большим уважением отношусь к русской культуре в целом. У вас очень разноплановая, фантастическая архитектура. Наследие русского конструктивизма является одним из базовых элементов моего видения современной архитектуры. Безусловно, мне было бы интересно работать в вашей стране. К сожалению, в тех проектах, которые сейчас реализуются, скажем, в московском Сити, я не вижу достаточно отражения того культурного багажа, который мне особенно интересен. Но для меня самым любимым и интересным проектом всегда является следующий. И кто знает, может, он будет в России... ■



# О современных методах расчета высотных зданий из монолитного железобетона

Современные вычислительные комплексы, основанные на новых методах, позволяют выполнять расчеты зданий в пространственной постановке. Однако при этом необходимо учитывать целый ряд факторов, оказывающих заметное влияние на точность результатов расчета.

## К факторам, влияющим на результаты расчета, относятся:

- 1) учет совместной работы несущего каркаса с основанием;
- 2) выбор надлежащего шага конечно-элементной сетки для правильного отображения реального напряженного состояния отдельных элементов каркаса (фундаментной плиты, стен, колонн, ядер жесткости, плит перекрытий);
- 3) моделирование узлов соединения стен и колонн с фундаментной плитой и плитами перекрытий;
- 4) учет влияния стадийности возведения на напряженное состояние конструкций здания;
- 5) учет влияния физической нелинейности железобетона как важнейшего фактора уточнения расчетов и др.;
- 6) учет особого рода воздействий типа террористических;
- 7) выполнение динамических расчетов.

Указанные вопросы рассмотрены на примере расчета и возведения одного из высотных комплексов Многофункционального московского делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити» и ряда других зданий. Расчеты выполнялись в лаборатории Проблем прочности и качества в строительстве НИИСФ РААСН (далее – Лаборатория).

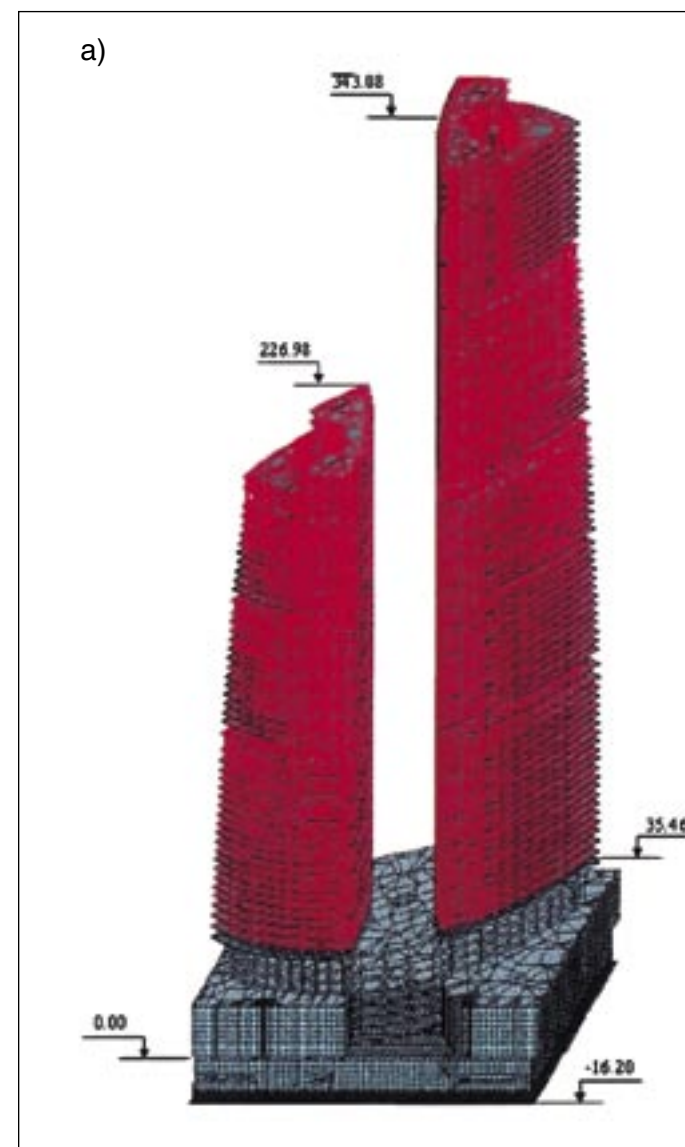
## КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАССМОТРЕННОГО ВЫСОТНОГО КОМПЛЕКСА

Указанные особенности расчета были апробированы на первом (начальном) варианте высотного комплекса «Федерация» на ММДЦ «Москва Сити», который в реальном исполнении претерпел существенные изменения. Монолитная железобетонная фундаментная плита первого варианта имела размеры в плане ~ 139,2 x 79,0 м, толщина плиты – 4,6 м. На фундаментную плиту опирались два высотных

здания (башня «А» и башня «Б»), имеющих конфигурацию в плане в виде равнобедренных криволинейных треугольников. Высота башни «А» – 356 м, башни «Б» – 239,9 м. Нагрузка от каждой башни передавалась на шестигранное ядро жесткости, находящееся в центре башни, и прямоугольные стены-колонны, равномерно расположенные по криволинейному периметру здания. Внутри имелись также отдельные круглые колонны. В нижней части обе башни объединялись развитой подземной и наземной стилобатной частью, колонны и стены которой в свою очередь опирались на фундаментную плиту.

## ОБЩАЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ЗДАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ

В настоящее время в расчетах все большее распространение получает применение пространственных моделей зданий и сооружений, составляемых на основе метода конечных элементов. Однако при этом значительно увеличивается размерность задачи. Размерность указанной выше расчетной схемы высотного комплекса составляет: количество конечных элементов – 299 013, порядок системы решаемых уравнений – 1 583 215. Общая конечно-элементная расчетная схема высотного здания приведена на рис. 1 (а). В расчетную схему включалась полная конструкция высотного комплекса вместе с фундаментной плитой на модели основания по Винклеру (использовалась совместная расчетная схема). Обычно применяется так называемая «раздельная» схема расчета верхнего строения и фундаментной плиты. Наш опыт более ранних расчетов показал, что «раздельная» схема может приводить не только к количественным, но и к качественным отличиям в расчетах фундаментной плиты и прилегающей части строения по сравнению с более точной «совместной» схемой, поэтому у нас «раздельная» схема не используется.



В настоящее время в расчетах все большее распространение получает применение пространственных моделей зданий и сооружений, составляемых на основе метода конечных элементов. Однако при этом значительно увеличивается размерность задачи

вписать в нее реальные размеры колонн, стен ядер жесткости и отдельных стен.

Можно отметить, что особую важность мелкая конечно-элементная сетка приобретает для правильного учета поперечных сил. Получены детальные поля усилий (изгибающих и крутящих моментов, нормальных и касательных сил, рис. 2 (а, б), рис. 3) в фундаментной плите и в примыкающих к ней элементах здания. Расчет и моделирование выполнялись по программному комплексу «Лири-Windows» версии 9.0 и 9.2.

Второй важной особенностью послойной детализации является применение в расчетной схеме слоев объемных конечных элементов в стенах и колоннах на уровне их соединения с перекрытиями и фундамент-

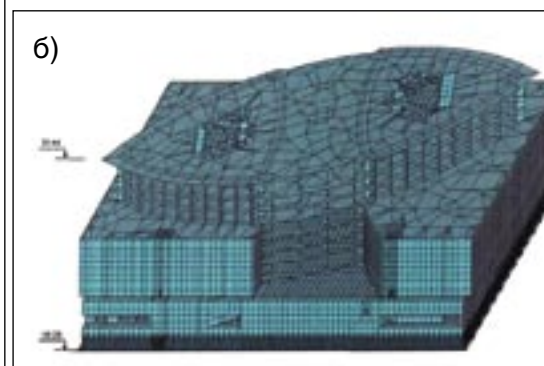
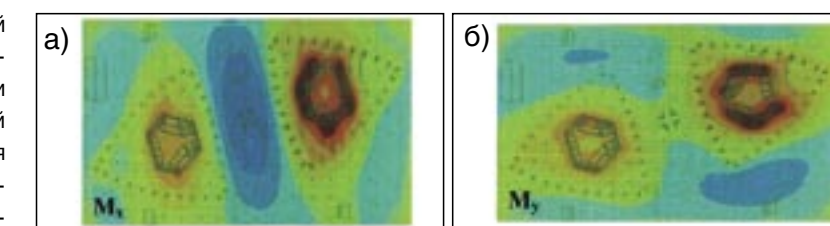


Рис. 1. Расчетная конечно-элементная схема высотного комплекса «Федерация» (а) Пример детализированного «слоя» (б)

При построении «совместной» конечно-элементной схемы значительно увеличивается размерность задачи. Для снижения размерности задачи расчетчики идут по пути применения грубой конечно-элементной сетки, что сказывается на точности решения. Для устранения этого недостатка в Лаборатории применяется послойная детализация конечно-элементной схемы. В первый условный слой детализации включается фундаментная плита с прилегающей к ней частью строения (стенами, колоннами, перекрытиями одного-двух этажей), которые моделируются на мелкой конечно-элементной сетке, а остальная часть здания представляется на крупной конечно-элементной сетке. Послойная детализация и переход к более крупной конечно-элементной сетке показаны на рис. 1 (б) (на примере фундаментной плиты и части стилобата). Затем этот детализированный слой «передвигается» вверх по расчетной схеме здания и используется для реального проектирования стен, колонн и перекрытий каркаса здания.

При моделировании фундаментной плиты высотного комплекса «Федерация» была применена конечно-элементная сетка размером 0,4 x 0,4 м, что позволило



Такой промежуточный слой объемных конечных элементов позволяет передавать нагрузку от стен и колонн на перекрытия и наоборот по реальной площади их соединения. Сечения колонн и стен в месте примыкания к плите моделируются несколькими слоями объемных конечных элементов (КЭ) с приведенной жесткостью, которая назначается по определенной методике (исходя из условия эквивалентности), а затем уже колонна становится стержневой конструкцией, а стена плоской (рис. 4). Таким образом исключаются неопределенности, которые обычно возникают при часто применяемом точечном и «ножевом» моделировании соединений соответственно колонн и стен с перекрытиями и фундаментной плитой.

Рис. 2. Эпюры (изополя) моментов в фундаментной плите (а), (б)



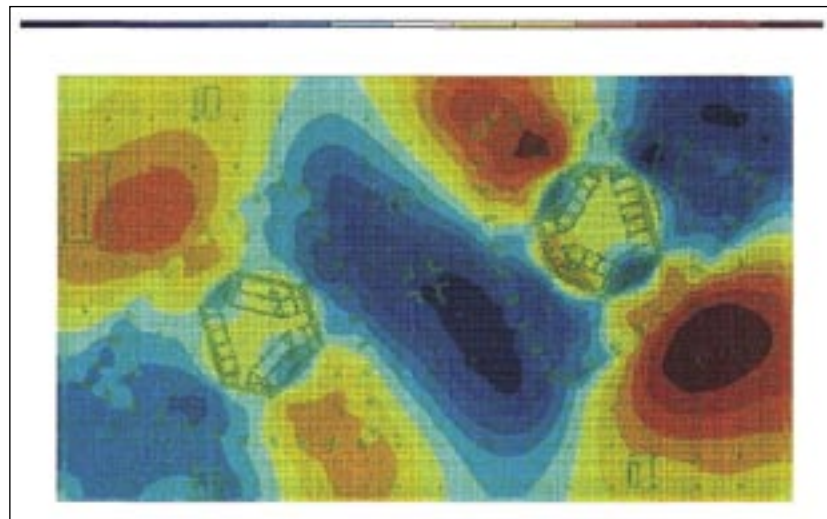


Рис. 3. Эпюра (изополе) крутящих моментов в фундаментной плите высотного комплекса

**НЕКОТОРЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСЧЕТА И ВЛИЯНИЕ НА НИХ СТАДИЙНОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ**

Анализ осадок фундаментной плиты показал, что они существенно неоднородны. Под ядрами башен «А» и «Б» они достигли максимальных значений (106 мм под «А» и 67 мм под «Б», рис. 5); при этом за ядрами жесткости под колоннами эти осадки уменьшались до 2 раз. Таким образом, разность осадок, которая оказывает основное влияние на здание, представляется значительной (до 35–55 мм). Это привело к следующим эффектам:

1) «подлому» некоторых периферийных стен-колонн в месте их стыка с фундаментной плитой (в отдельных колоннах с внутренней стороны даже возникли напряжения растяжения (рис. 6), проанализировано несколько вариантов таких полей);

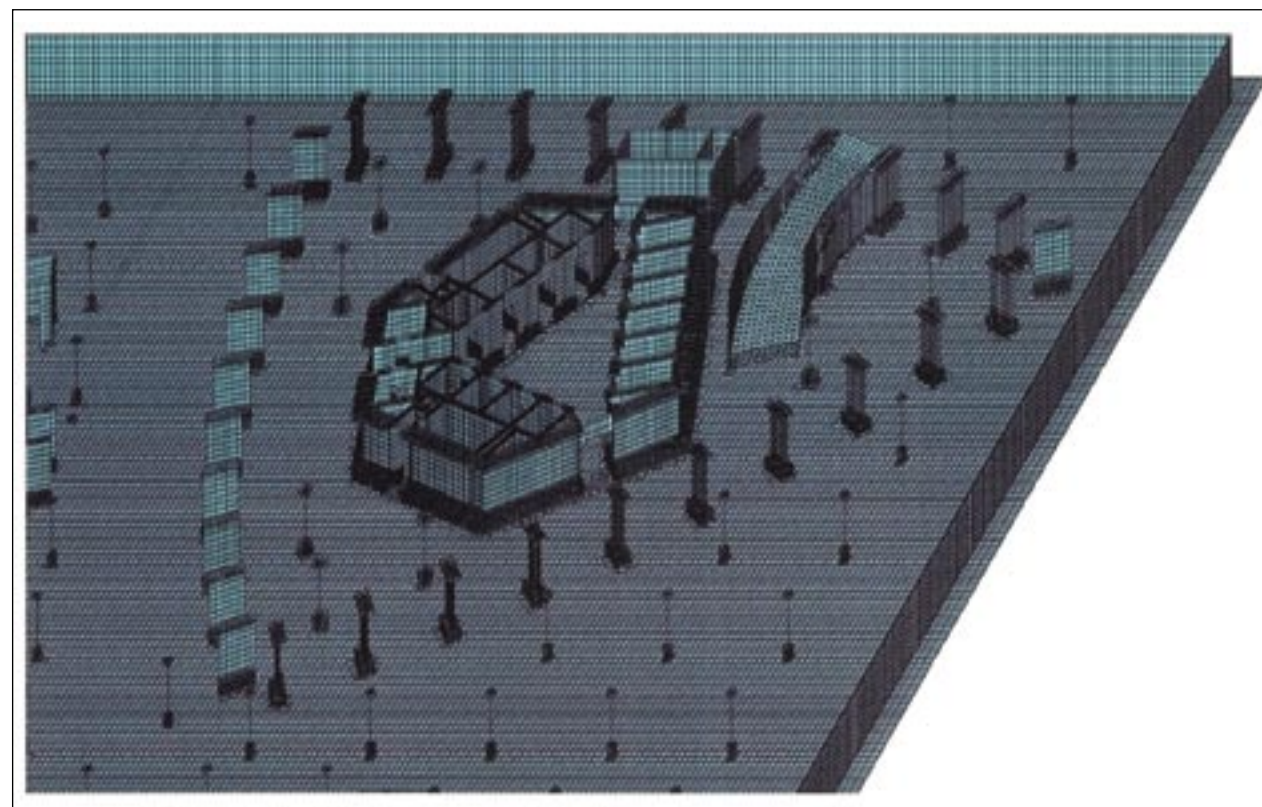


Рис. 4. Схема моделирования узлов соединения стен и колонн с фундаментной плитой

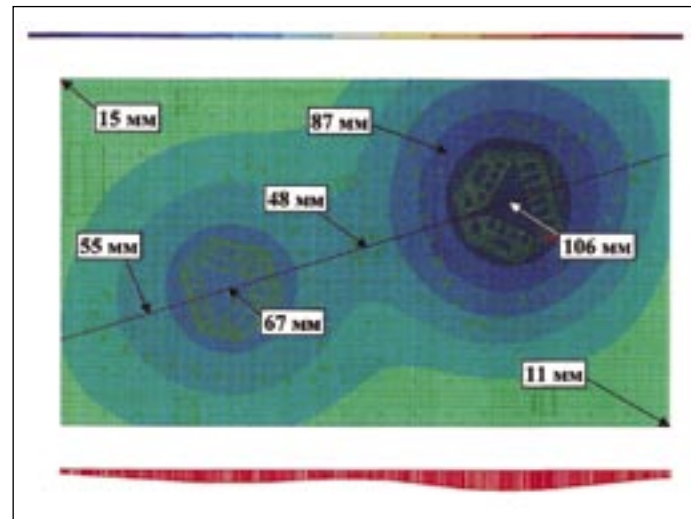


Рис. 5. Эпюра осадок фундаментной плиты высотного комплекса от вертикальной нагрузки



Рис. 6. Деформированная схема фрагмента фундаментной плиты с колоннами и стенами ядра жесткости башни «А» высотного комплекса

2) дополнительной нагрузке вышележащих перекрытий из-за вынужденных перемещений;

3) некоторому повисанию отдельных колонн на перекрытиях (нормальные усилия в средних круглых колоннах, расположенных между ядром и периметральными колоннами, снизились в 2,5 раза по сравнению с расчетом по раздельной схеме). Раздельная схема расчета, естественно, не позволяет выявить ни один из указанных эффектов.

Лабораторией было рассмотрено несколько путей устранения этих эффектов:

1) путем устройства локальных свайных полей под башнями «А» и «Б», (рис. 7, рассмотрено несколько вариантов таких полей);

2) за счет организации соответствующей стадииности возведения и др. (рис. 8 (а, б): на (а) вначале возводится башня «Б», на (б) обе башни возводятся одновременно). Организация свайных полей привела к снижению самих осадок и их разностей более чем в 2 раза.

Учет последовательности возведения высотных комплексов может приводить к существенным изменениям в напряженно-деформированном состоянии конструкций. Применительно к рассматриваемой задаче моделировалось изменение напряженного состояния фундаментной плиты при возведении их в определенной последовательности. Учет стадииности возведения также существенно влияет на усилия в перекрытиях и колоннах, возникающие от собственного веса конструкций.

**УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ**

Факторы физической нелинейности железобетона оказывают существенное влияние на деформации и перераспределение усилий в основных несущих конструкциях здания (перекрытиях, фундаментных плитах, стенах, ядрах жесткости, колоннах). Теория учета физической нелинейности представлена в работах Н.И. Карпенко. Однако в программах расчета указанные факторы еще учитываются довольно слабо или, как правило, не учитываются вовсе. Наряду с другими причинами возникновения такой ситуации (например, отсутствием стимулов у разработчиков программ к учету различных факторов физической нелинейности, поскольку и без этого программы разрешаются к использованию) нельзя не указать на ряд объективных причин. Среди последних – значительная сложность нелинейных расчетов и отсутствие соответствующих нормативных документов. В Лаборатории разработаны некоторые пути решения этих проблем.

Эффективной в плане упрощения решения задач железобетона с учетом различных факторов физической нелинейности может стать методика формирования и использования в расчетах физических соотношений для железобетона в конечных приращениях. Разработка такой методики представлена в работе Карпенко С.Н. «О построении общего метода расчета железобетонных плоских конструкций в конечных приращениях».

**Учет последовательности возведения высотных комплексов может приводить к существенным изменениям в напряженно-деформированном состоянии конструкций**

**О НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ПОДБОРЕ АРМАТУРЫ**

Озабоченность вызывает то обстоятельство, что при подборе арматуры не всегда учитываются крутящие моменты ( $M_{xy}$ ) и погонные силы ( $N_{xy}$ ), которые наряду с изгибающими моментами ( $M_x, M_y$ ) и нормальными погонными силами ( $N_x, N_y$ ) оказывают существенное влияние на значения арматуры. На рис. 3 представлены эпюры крутящих моментов в рассмотренной выше фундаментной плите, которые в средней части достигают значительных величин. Неучет их при расчете

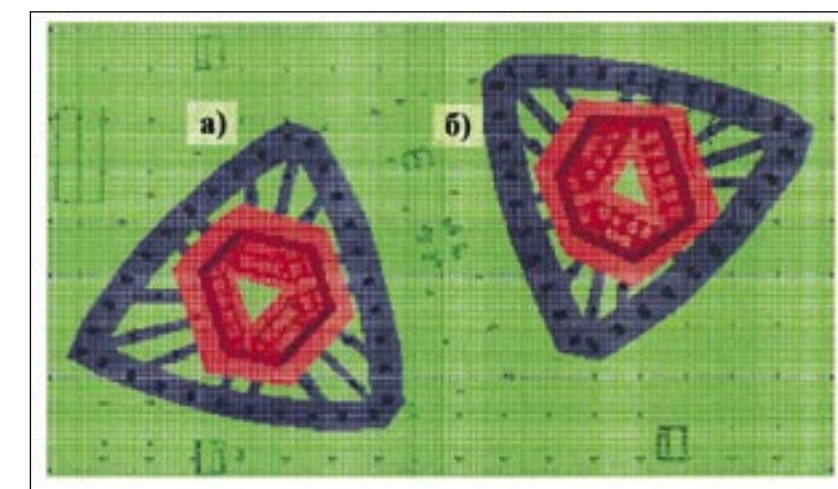


Рис. 7. Схема свайных полей под фундаментной плитой: (а) – под башней «Б», (б) – под башней «А»

приводит к ошибкам в подборе арматуры до 2 раз. При этом нарушаются условия прочности оболочечных КЭ. Погонные площади арматуры X и Y направлений ( $f_{sx}, f_{sy}$ ) у нижней растянутой поверхности элемента можно определить по следующим зависимостям:

$$f_{sx} = \frac{M_x + M_{x,ctga} + (N_x + N_{x,ctga})Z_0 \lambda_x}{R_s Z_x}$$

$$f_{sy} = \frac{M_y + M_{y,tga} + (N_y + N_{y,tga})Z_0 \lambda_y}{R_s Z_y}$$

где  $Z_0$  – расстояние от срединной поверхности до центра тяжести бетона сжатой зоны;  $Z_x, Z_y$  – расстояние от арматурных стержней соответственно X и Y направлений до центра тяжести сжатой зоны;  $\alpha$  – угол наклона трещин,  $\lambda_x, \lambda_y$  – коэффициенты, зависящие от податливости стержней тангенциальным перемещениям. При этом должно удовлетворяться условие:

$$(R_s f_{sx} Z_x - N_x \lambda_x - N_y Z_0 \lambda_x) (R_s f_{sy} Z_y - N_y \lambda_y - N_x Z_0 \lambda_y) - (N_x + N_y Z_0) \lambda_x \lambda_y \geq 0$$

Это условие должно выполняться при  $\lambda_x, \lambda_y$ , вычисленных по существующей методике, а также при  $\lambda_x = \lambda_y = 1$ .



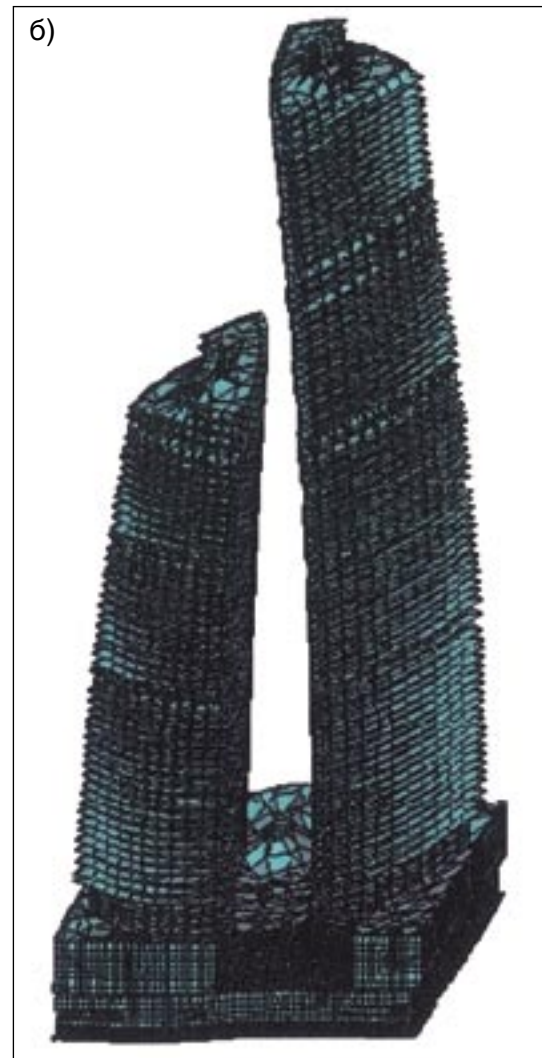
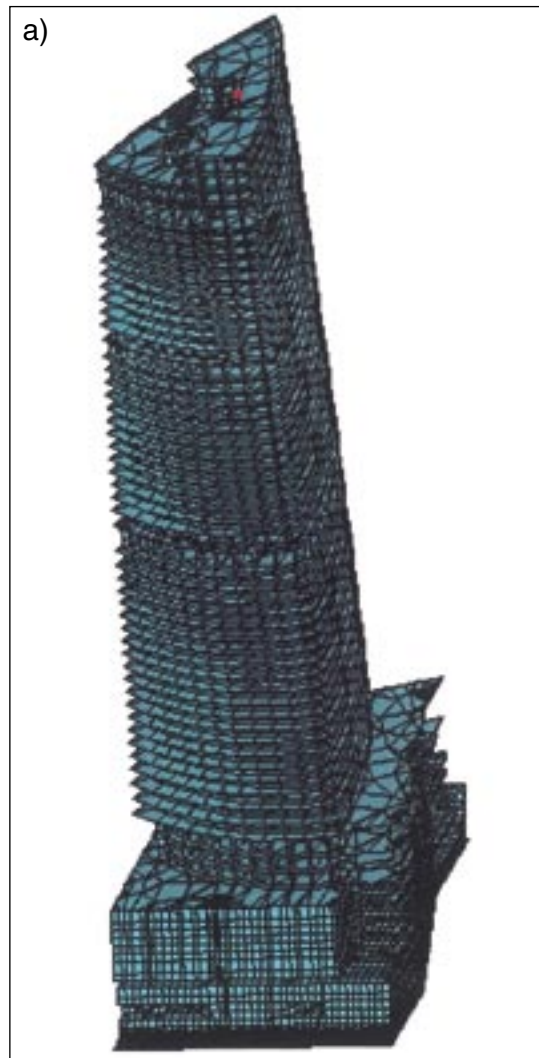
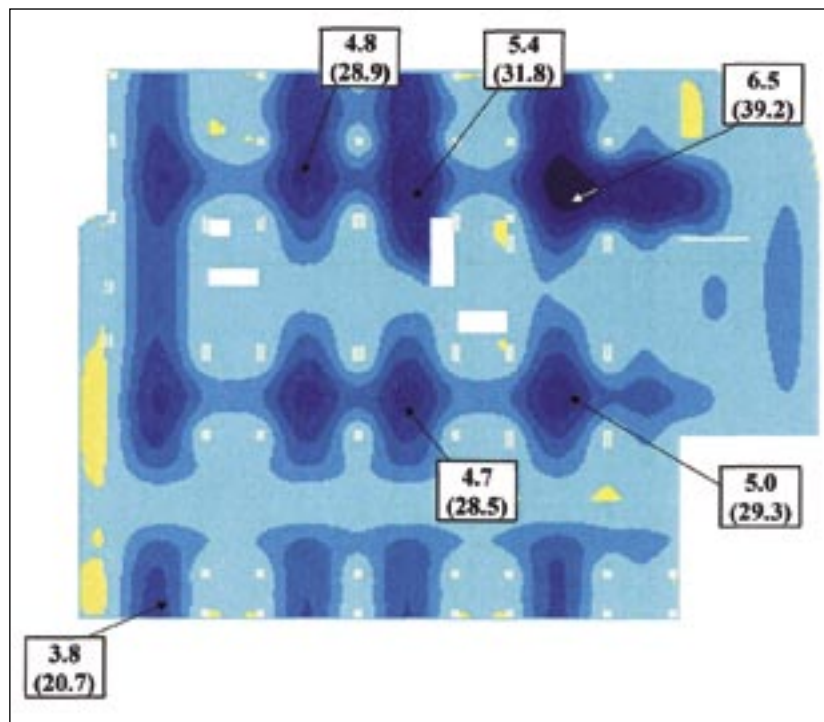


Рис. 8. Деформирование высотного комплекса: а – отдельно возведенной башни «Б», б – совместно возведенных башен «А» и «Б»

Рис. 9. Прогибы плиты без учета и с учетом (цифры в скобках) физической нелинейности



Как известно, в плитах расчет на действие поперечных сил дополняется расчетом на продавливание. Во многих случаях дополнительный расчет на продавливание ошибочно принимается в качестве единственного, в то время как он не гарантирует преждевременных (в эксплуатационной стадии) локальных разрушений у колонн до наступления предельного состояния по полному продавливанию. В связи с этим расчет на действие поперечных сил по отдельным направлениям остается обязательным. Следует еще иметь в виду, что обычно подбор арматуры выполняется отдельно на поперечные силы  $Q_x$  и  $Q_y$ , в то время как он должен выполняться на  $Q_{\max} = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$ . Должна указываться расчетная площадь поперечной арматуры, приходящаяся на единицу (например, 1 м<sup>2</sup>) площади плиты.

**К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОГИБОВ И ШИРИНЫ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН**

Экспериментальные и численные исследования показывают, что прогибы линейного расчета в несколько раз меньше прогибов, полученных в результате нелинейного расчета (с учетом трещинообразования и ползучести бетона). В зависимости от армирования расхождения могут достигать до 4–10 раз (рис. 9).

**Важное место в расчетах высотных зданий занимает определение частоты собственных колебаний, которые используются при определении ветровых нагрузок, а также при определении ускорений перекрытий здания при действии пульсационной ветровой нагрузки**

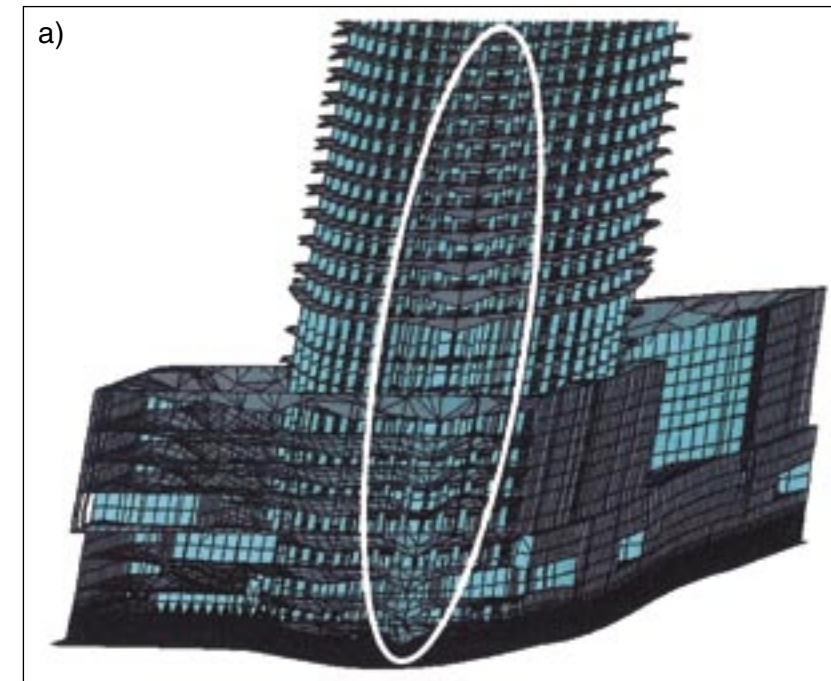


Рис. 10. Схема локального разрушения здания при выбивании отдельной колонны (а) – здание, (б) – нижняя часть здания с выбитой колонной

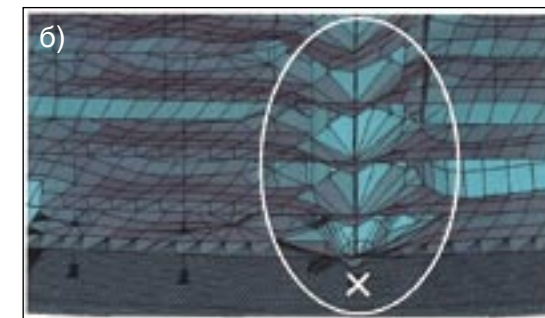
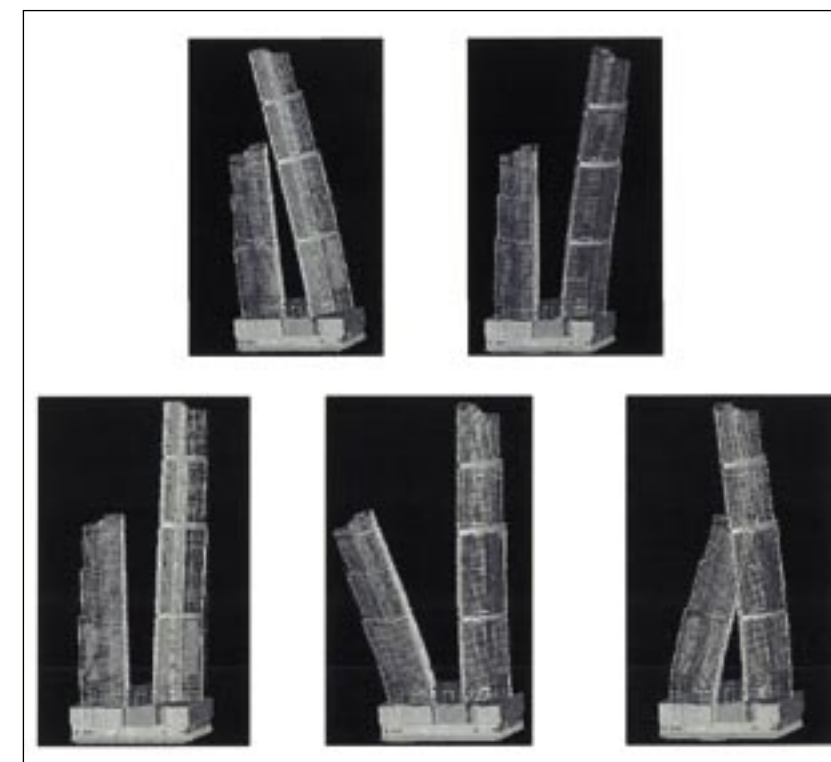


Рис. 11. Формы собственных колебаний высотного здания



На точность определения прогибов в плитах с учетом физической нелинейности значительное влияние оказывает шаг конечно-элементной сетки. Показано, что шаг КЭ должен быть не менее 1/20 пролета плиты.

**К РАСЧЕТУ ЗДАНИЙ НА ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТИПА ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ**

В последних нормативных рекомендациях начинает вводиться новый элемент расчета на выключение отдельных несущих колонн и частей несущих стен (при возможном подрыве вследствие террористического воздействия). При этом здание должно обладать необходимой «способностью сопротивляться» прогрессирующему разрушению (т.е. «живучестью»). Рассматривалась схема расчетного локального разрушения высотной башни при выбивании отдельных колонн. Несмотря на значительные локальные разрушения, обрушения всего здания не происходило (рис. 10). Следует заметить, что это достигается введением по высоте специальных конструктивных элементов, например усиленных обвязочных балок и стен по колоннам на уровне отдельных этажей, без которых неразрушимость здания трудно обеспечить.

**ДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ**

Важное место в расчетах высотных зданий занимает определение частоты собственных колебаний (рис. 11), которые используются при определении ветровых нагрузок, а также при определении ускорений перекрытий здания при действии пульсационной ветровой нагрузки. Согласно требованиям МГСН ускорения не должны превышать 0,08 м/с<sup>2</sup>. Несоблюдение этих требований может приводить к нарушению комфортного пребывания людей в здании. В этом случае следует предусматривать меры по снижению уровня колебаний здания.

Таким образом, рассмотрено решение всего комплекса проблем, которые возникают при проектировании высотных зданий из монолитного железобетона. ■



# ПИРАМИДЫ НОВОГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

Уже летом этого года планируется начать строительство башни «Россия» в Московском международном деловом центре (ММДЦ) «Москва-Сити». Она должна стать самым высоким зданием на континенте – 612 м. Проект, концепция которого была одобрена 20 апреля 2006 г. Градостроительным советом при мэре Москвы, разработан всемирно известным архитектором сэром Норманом Фостером.

**С**ооружение имеет уникальную геометрическую форму, в его основе треугольник, состоящий из трех секций (крыльев), которые соединяет «позвоночный столб», поднимающийся вдоль всей высоты башни. Сужающееся кверху здание имеет вид элегантной и грациозной пирамиды. Удачная конструкция башни позволяет достичь эффекта наибольшей устойчивости при максимальной простоте. Кроме того, такая форма дает возможность эффективно распределять этажную площадь здания.

Возведение башни – это фактически продолжение исследования самого характера высотных зданий. Проект учитывает новый, более сложный характер структурных, функциональных, урбанистических факторов, а также взаимодействие с окружающей средой и ведущимся рядом строительством.

Башня способна противостоять сильным ветровым нагрузкам благодаря системе наклонных веерообразных элементов каркаса (колонн), которые расходятся по диагонали вверх к ребру здания от основной опоры. Такая необычная покатая решетчатая конструкция, прижатая колоннами, установленными под тупым углом друг к другу, способна выдержать вес здания и придать геометрическое своеобразие фасаду.

Развитие пирамиды происходит не только вверх, но и вниз. Расположенный на уровне земли вход – это своеобразные ворота в перевернутую пирамиду, где планируется разместить просторную торговую зону и общественный каток. Все это удобно связано с московским метрополитеном и подземной автостоянкой для легкового транспорта.

Многофункциональный комплекс состоит из апартаментов, отеля, офисов и рекреационных пространств. Согласно проекту офисную зону и торговые площади, которые смогут принять большое количество посетителей, планируется разместить на нижних

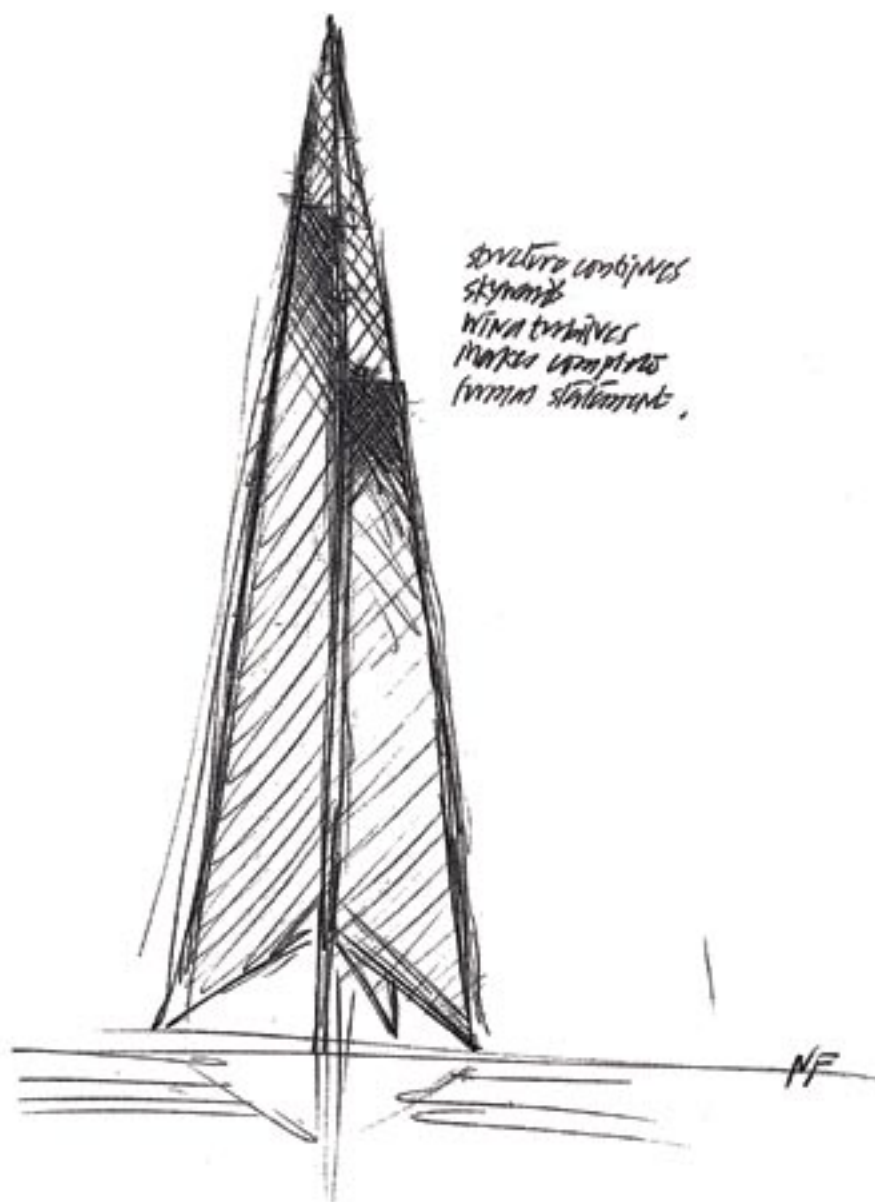






Схема строительной площадки «Москва-Сити»

ярусах здания, тогда как обслуживаемые апартаменты и жилые помещения будут располагаться на верхних, имеющих меньшую общую площадь этажах. Многофункциональность сооружения налагает определенные требования в отношении поддержания энергетического баланса, который будет зависеть от того, какой именно сектор и в какое время использует больше энергии: офисная или торговая зона. Поэтому здание будет иметь автономный энергетический цикл, который дает толчок для принятия новых решений в архитектуре и укрепляет экономическую и социальную жизнеспособность московского Сити. Современные технологии позволяют использовать тепло, которое генерируют офисные помещения в зимний период, а также охлаждающие свойства земли летом и осуществлять перераспределение энергии и регулировать температуру в помещениях 24 часа 365 дней в году, создавая замкнутый энергетический цикл для всего здания.

Здание спроектировано таким образом, чтобы крылья башни были независимы друг от друга и имели относительно тонкие этажные перекрытия. Такой дизайн позволяет максимально использовать дневное освещение и увеличить оконные проемы, создавая панорамный обзор. Кроме того, он дает воз-

можность получить офисные помещения свободной планировки без внутренних опор. Предусмотрены три отдельных входа: в офисы, отель и жилые помещения, а также подъем в центре здания в систему общественных садов.

В центре здания вдоль всей высоты сооружения можно будет разместить висячие сады, которые будут осуществлять функцию природного вентилирования, обеспечивая циркуляцию воздуха и одновременно являясь замечательным местом отдыха.

Верхние ярусы башни, где планируется разместить квартиры и гостиничные номера, спроектированы как модульные элементы, конфигурация которых может быть изменена в зависимости от индивидуальных предпочтений. Все квартирные помещения будут снабжаться достаточным объемом свежего воздуха и дневного света. Двойная-тройная высота помещений и собственные «поднебесные сады», создающие уникальные условия жизни в самом центре Москвы, – это благоприятная возможность укрыться в городе от его неприятностей, одновременно получая удовольствие от открывающихся прекрасных видов на город.

На вершине здания будет смотровая площадка, на которой разместятся кафе и бары, которые также, несомненно, окажутся популярными у москвичей. ■



**ЦИФРЫ И ФАКТЫ**

**Название проекта:**

башня «Россия»

**Расположение:**

Москва, Россия, в 5,5 км

от Красной площади

**Заказчик:** STT Group

**Дата завершения строительства:**

2010–2011 гг.

**Архитектор:**

Foster and Partners

**Конструктивное решение:** Halvorson and Partners

**Функциональная принадлежность:** офисы,

отель, торговые, рекреационные и жилые площа-

ди с частными висячими садами, общественные

пространства и смотровая площадка

**Тип сооружения:** многофункциональный, сверх-

компактный «вертикальный город» для 25 тыс.

жителей

**Площадь строительства – 21 935 м<sup>2</sup>**

**Общая площадь – 565 000 м<sup>2</sup>**

**Общие данные по строительству:**

**Высота до вершины – 600 м**

**Высота до последнего жилого этажа – 500 м**

**Ширина перекрытий – 21 м**

**Высота этажа – 4,25 м**

**Количество лифтов – 93**

**Количество парковочных мест на стоянке – 2900**

**Количество наземных этажей – 118**

**Конструктивная система**

- Суперконструкция на основе сочетания стальных и бетонных веерообразных опор

- Железобетонное ядро

- «Прозрачные» стальные фермы с бетонными

- по стальному настилу перекрытиями для офисов

- с 21-метровым пролетом

- Стальные балки с промежуточными колоннами,

- с бетонными по стальному настилу перекрытия-

- ми для отеля, апартаментов и жилых этажей

**Характеристики**

- Самое высокое здание в мире с естественной

- вентиляцией

- Тонкие 21-метровой ширины перекрытия для

- обеспечения максимальной освещенности днев-

- ным светом и возможности естественной венти-

- ляции

- Высококачественный фасад тройного остекле-

- ния с низкой теплоотдачей

- Высокий уровень комфорта во всем

- Автоматика

- Сокращение расхода энергии на 20% за счет

- использования принципа рециркуляции внутри

- «вертикального города»

- Рециркуляция отработанной воды

- Сокращение потребности в водопроводной

- воде для туалетов на 30% за счет использования

- дождевой и талой воды

- 100%-ная рециркуляция тепла в зимний период



# Russia Tower

## новая реальность

Весной 2006 года в Москве в ГМИ имени Пушкина открылась выставка работ Нормана Фостера «Пространство и Время», где впервые широкой публике был представлен проект башни «Россия» для ММДЦ «Москва-Сити». Прошел год, и вот мы стоим перед рабочим макетом башни в офисе компании STT GROUP, которая выступает заказчиком ее строительства, и беседуем с менеджером проекта господином Дидье Лаозом. Заоблачная мечта о строительстве самого высокого небоскреба в Европе постепенно материализуется – теперь это вполне реальный проект, требующий огромных усилий со стороны не только архитекторов и проектировщиков, но и строителей, которые будут возводить это уникальное здание, призванное стать символом новой России и триумфом современных высоких технологий.



Дидье Лаоз, менеджер проекта

**Господин Лаоз, почему была выбрана именно такая форма для башни «Россия» – своего рода трехгранная пирамида?**

Дело в том, что участок, выделенный под строительство башни, имеет форму равностороннего треугольника, каждая сторона которого равна 210–220 м. Норман Фостер и архитекторы компании STT GROUP приняли решение, что проектируемая башня тоже должна иметь треугольную форму и постепенно сужаться по мере подъема, что будет способствовать устойчивости сооружения и эффективности использования площадей.

**Что символизирует собой башня «Россия»?**

Башня – символ новой России, ее стремления к новым горизонтам.

**Означает ли, что эта форма была выбрана главным образом из соображений устойчивости?**

Позвольте заметить, что ни один архитектор не скажет, что проектируемое им здание неустойчиво. Был проведен тщательный анализ всех конструкций здания, и мы можем с полной уверенностью сказать, что все части сооружения отлично сбалансированы. Сделаны все необходимые расчеты и проведен целый ряд испытаний, в том числе на ветровые нагрузки. Многие известные архитекторы из России и из-за

рубежа работали для того, чтобы обеспечить устойчивость здания. Это была одна из главных задач.

**Говорят, что в небоскребах порой чувствуешь себя, как на корабле во время качки, особенно на верхних этажах. Возможно ли подобное в башне «Россия»?**

Как я уже говорил, мы провели ряд испытаний на ветровые нагрузки и были поражены степенью устойчивости сооружения, которая обусловлена его геометрической формой. В результате мы получили лишь небольшую ротацию, которая, кстати, является нормой для высотных зданий, но даже ее можно устранить. Для офисных помещений это не проблема, но для жилых это недопустимо.

**Учитывали ли вы особенности московского климата, ведь существует опасность, что обитатели верхних этажей ничего не увидят из окон, кроме сплошной пелены облаков?**

Мы уже имеем опыт осуществления подобных проектов. Мы учли погодные условия, спроектировав тройные стеклопакеты и специальные покрытия во избежание конденсации и потери тепла, организовали систему теплокомпенсации. Что касается пелены облаков, то и здесь мы изучили историю погоды последних лет, и, таким образом, эта проблема не вызывает у нас беспокойства.

**Предъявляло ли московское правительство какие-либо особые требования к данному проекту, или же архитекторы были совершенно свободны в своем творчестве?**

Ограничения, которые мы должны были соблюдать, связаны большей частью с конфигурацией строительной площадки, которая весьма специфична. Здесь должны были появиться отель, апартаменты, торговая зона и стоянки для транспорта, другими словами, комплекс многофункционального назначения. Мы должны были разместить все объекты на определенной территории, но что касается количества зданий – в этом у нас была полная свобода. Мы могли спроектировать три, две или одну башню и представить наши предложения на рассмотрение властей.

Несколько лет назад был создан проект, предусматривающий строительство двух башен на этом участ-

**Сколько парковочных мест будет организовано на этой территории?**

Около 2000. При проектировании автостоянки мы руководствовались нормами, разработанными специально для многофункциональных комплексов подобного масштаба. Они содержат подробные инструкции в отношении того, сколько парковочных мест должно быть предусмотрено для торговой зоны, для жилых квартир и т.д.

**Функционально деление башни идет по горизонтали. Что будет находиться на самом нижнем уровне?**

В подземной части здания разместятся торговые площади, атриум и «лапы» башни. Главная особенность проекта – огромный атриум, который займет три подземных этажа, где будут нахо-



ке. Мы с Фостером разработали проектную методику, где отметили такие ключевые моменты, как площадь территории под застройку, предварительная программа ведения работ и т.д. Сначала предполагалось, что башни будут различаться по функциональному назначению. В одной будет отель и жилые апартаменты, в другой – офисы с торговыми зонами на нижних этажах.

Но в конце концов мы решили, что для того, чтобы сооружение было более устойчиво и проект получился красивым и необычным, лучше совместить все эти функции в одной конструкции. Пришлось изменить и принцип функционального деления – вместо вертикального (когда у каждой башни свое назначение) мы предложили горизонтальное деление. Таким образом, на нижних этажах будут устроены торговые площади, в средней части – офисы, выше расположится отель, еще выше – апартаменты и почти на самом верху – смотровая площадка над жилыми апартаментами.

даться торговые помещения, постепенно понижающиеся от уровня улицы. Но это не совсем «подземные» этажи – это открытое свободное пространство, но ниже уровня земли. И спуск туда тоже будет открытым. Мы называем эти этажи М1, М2 и М3. А ниже уровня М3 будет 5-этажный паркинг. Таким образом будет достигнут эффект большого пространства.

Когда атриум построят, мне кажется, это будет нечто фантастическое. Самая большая проблема, с которой сталкиваются архитекторы в Москве, – это не защита от холода, а компенсация недостатка освещенности в зимнее время. Мы знаем, как защитить себя от холода зимой, но как обеспечить адекватное освещение – это вопрос. Зимой в 3-4 часа дня в Москве уже темнеет, поэтому мы решили, что если нам удастся создать такое объемное, наполненное светом пространство, это будет большой удачей.



**Очевидно, что конструктивные особенности башни и ее высота требуют устройства особого фундамента?**

Да, это будет фундаментная плита. Сначала мы построим стену в грунте, дно которой будет фундаментной плитой.

**Можно ли назвать это новой технологией для России?**

Отчасти да. Десять лет назад было практически невозможно построить даже двух- или трехэтажную подземную автостоянку. Что касается новых технологий, то работа над проектом – это всегда открытие. Каждый проект по-своему уникален. Даже если визуально проекты зданий не содержат различий, это не так. Что-то всегда будет отличаться: форма строительной площадки, экспозиция и т.д.

**Как известно, в Москве тяжело строить из-за пльвунов и других особенностей почвы.**

Это так. Мы очень внимательно относимся к этим проблемам и постоянно проводим совещания и консультации. Мы уделяем много внимания тому, на каких почвенных слоях нам приходится работать, каков уровень грунтовых вод, какой тип фундамента необходимо возводить, стоит ли вбивать больше свай и т.д. Мы провели подробный анализ грунтов, так что не стоит беспокоиться – мы не допустим образования трещин в фундаменте из-за пльвунов. Я также хотел бы обратить ваше внимание на то, что вес вынуженного грунта будет меньше веса самого сооружения.

**Какие еще новые технологические решения родились на стадии проектирования башни?**

Посмотрите внимательно на проект, и вы увидите, что конструкция башни представляет собой соединение веерообразных опор. Это позволяет экономить пространство, поскольку внутри здания этажи будут «пустыми», без опорных колонн. Кроме того, особенности конструкции позволяют создавать двухэтажные офисы и квартиры. На стадии продаж, т.е. по завершении строительства, мы сможем предложить потенциальным покупателям офисы и апартаменты с «двойным светом». Все или почти все будет зависеть от того, что захочет заказчик. Разрабатывая дизайн, мы можем максимизировать освещенность и пространство.

Кроме того, мы постарались сделать здание максимально эффективным с точки зрения энергопотребления. И хотя это нельзя назвать новой технологией, при разработке проекта мы применили систему рециркуляции теплого воздуха. Так как комплекс будет многофункциональным, очевидно, что потребление энергии будет отличаться в различных функциональных зонах. Разработанная нами система это учитывает. С ее помощью мы сможем «забирать» излишки энергии из офисной зоны для того, чтобы обеспечить светом и теплом жилые квартиры и т.д. в зависимости от интенсивности использования энергии. Мы также планируем устроить в башне зимние сады.

**То есть башня «Россия» будет суперсовременным «интеллектуальным» зданием?**

Несомненно. Кроме того, башня будет обладать необходимой степенью защищенности от террористических угроз и возникновения пожара. Мы понимаем, что риск террористической атаки существует всегда, и поэтому приняли необходимые меры предосторожности. По этому направлению мы работаем с российскими и зарубежными специалистами, так что все превентивные меры были внимательно проанализированы. Параллельно с этим мы обсуждаем и другие меры безопасности.

Когда случилась трагедия в Нью-Йорке, здание Всемирного торгового центра разрушилось буквально за считанные секунды. Произошло так называемое «прогрессирующее обрушение». Мы обсуждали эту проблему с проектировщиками и архитекторами и разработали проект, который исключает возможность подобного развития событий.

**Сколько квартир предполагается разместить в здании?**

Жилых этажей планируется 39, но трудно сказать, сколько там будет квартир. Можно купить целый этаж или даже два. Ну, скажем, 400 квартир. Мы провели серию расчетов и получили подтверждение, что можно частично снимать межэтажные перекрытия на оконечностях «крыльев» башни. Таким образом, существует возможность приобрести квартиру, которая в пространственном отношении будет в 2, 3 и даже 4 раза превышать размер стандартной квартиры. В этом смысле разработанный нами проект очень гибок, однако он предполагает наличие определенных ограничений. Так, например, невозможно убрать межэтажные перекрытия между функциональными зонами.

**Будет ли STT GROUP заниматься внутренним декором квартир?**

Нет, мы будем производить отделку и дизайн общественных зон. Что же касается квартир, то мы можем предложить свои идеи, но в итоге принимать решения будут их будущие владельцы.

**А где находится смотровая площадка? На самой вершине?**

Нет. Согласно проекту смотровая площадка будет расположена ниже технических этажей. На семи этажах под ней расположатся VIP-клубы и общественные помещения, на одном из этих семи этажей предполагается разместить различные службы – кухни, прачечные и т.д.

**С какими специфическими трудностями вы столкнулись при разработке проекта?**

Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо представить масштабы проекта – он уникален. До сих пор на территории России не было подобного проекта, да и во всем мире похожих проектов единицы. Так, в Европе общая площадь возводимых высотных зданий не превышает 200 тыс. кв. м, редко – 300 тыс., а в слу-



чае с башней «Россия» – это 500 тыс. кв. м.

Поэтому не вызывает удивления тот факт, что определенные нормы и положения просто отсутствуют. Вот почему STT GROUP совместно с различными официальными организациями должна была заниматься разработкой недостающих положений и норм. Не знаю, можно ли это назвать трудностями, но, безусловно, отсутствие норм замедляет процесс работы.

Да, специалисты много говорят о том, что в России отсутствуют СНиП, необходимые при строительстве высотных зданий...

И это правда. Вот почему нам пришлось разрабатывать их «с нуля», при этом мы всегда старались руководствоваться логикой и находить решения при участии компетентных органов.

**Сколько людей одновременно сможет вместить башня?**

Приблизительно 22–25 тыс. человек. Это будет небольшой город.

**А сколько людей, по вашему мнению, будет занято на ее строительстве?**

Все будет зависеть от организации строительного процесса. Думаю, что это будут тысячи людей. Видите ли, существует тенденция, что в начале реализации строительного проекта занято не так много людей, затем их количество возрастает. Необходимо также помнить о том, что общая площадь строительной площадки очень мала. Это и есть основная сложность, с которой мы столкнулись на этом проекте.

**Планируете ли вы привлекать в качестве подрядчиков иностранные или российские компании? Или и те, и другие?**

Мы еще никого не выбрали. Когда речь идет о таких крупных проектах, необходимо быть очень осторожными. Не всякая компания обладает нужным потенциа-

лом для реализации подобного проекта. Необходимо провести тщательный анализ компаний для того, чтобы выявить те из них, которые окажутся лучшими.

**Другими словами, пока контракты на подрядные работы не подписаны?**

Для большей части проектных работ – нет. Мы достигли определенных договоренностей по некоторым вспомогательным работам, но по главным – нет.

**Намерены ли вы закупать строительные материалы у российских производителей или предполагаете импортировать их из-за границы?**

В основном мы предполагаем использовать российские материалы. Металлоконструкции и бетон будут закупаться на российских заводах.

**Вы говорите обо всем очень убедительно, но пока очень сложно представить, как же будет выглядеть башня «Россия» в действительности. Работа над этим проектом наверняка изменит многие наши представления не только о технологиях строительства, но и о жизни вообще.**

Это очень крупный проект, реализация которого связана с решением целого ряда специфических проблем. Так, например, проблемой оказалась разработка технологии чистки фасада. Как это делать, учитывая особенности веерообразной конструкции? Однако и эту проблему удалось решить.

**Ожидается, что STT GROUP станет управляющей компанией после сдачи башни в эксплуатацию?**

Да, один из филиалов STT GROUP будет управлять зданием.

*Большое спасибо за ваш рассказ, уверены, что когда этот грандиозный проект будет завершен, мы сможем по достоинству оценить его.* ■



# Артерии для «России»

Строительство 600-метровой башни – проект уникальный, но мало построить здание, его еще нужно сделать функционально пригодным, удобным и экономичным. О том, какие проблемы приходится решать при оснащении зданий инженерными системами, рассказывает генеральный директор московского филиала Waterman Group Джордж Антониадес.

**Б**ашня «Россия» планируется как самое высокое здание в Европе. Какие факторы приходится учитывать при проектировании инженерных сетей. Как влияют погодные условия на выбор технических решений?

Конечно, воздействие окружающей среды есть всегда. Например, большие перепады температур между зимним и летним периодами, скорость ветра, солнеч-

коммуникации (механическое и электрооборудование, система безопасности и IT/телекоммуникации), расположены на этажах P1, 11/12, 25, 38, 50, 62, 69, 83, 97, 111 и внутри мачты.

Каково оптимальное процентное соотношение пространства, занимаемого оборудованием, и общей площади необходимо для того, чтобы обеспечить качество обслуживания, сравнимое с



Генеральный директор московского филиала Waterman Group Джордж Антониадес

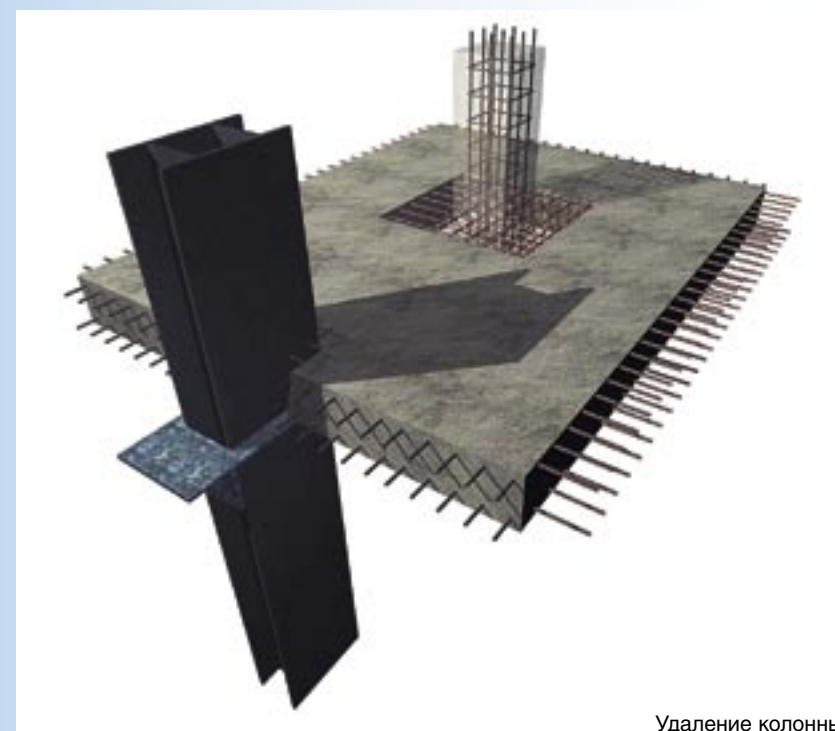


Лифтовые холлы

ная энергия, поступающая через остекление, естественное освещение, – мы должны были учитывать все эти факторы. Важной задачей при проектировании башни «Россия» было минимизировать вредные воздействия выделяемого объема углерода, весьма значительного, если учитывать размеры застройки. Мы спроектировали здание таким образом, чтобы максимально сократить вредные воздействия и на существующую инфраструктуру, и на природные ресурсы без ущерба для качества помещений, что, безусловно, является одним из основных требований клиентов, предъявляемых в XXI веке к арендуемым или жилым помещениям. Здание и все инженерные системы были спроектированы таким образом, чтобы гарантировать отличное качество предоставляемых площадей.

**Сколько технических этажей планируется отвести в башне под размещение инженерного оборудования?**

Технические этажи расположены по всей высоте здания, они спроектированы таким образом, чтобы сократить возможные потери пространства. Основные технические помещения, где проложены инженерные



Удаление колонны

**природным, естественным функционированием здания? Каково должно быть это соотношение для того, чтобы удовлетворить запросы клиентов и потребности рынка?**

В принципе, общая площадь технических этажей не должна превышать 8–12% общей площади, но, конечно, для высотных зданий с учетом вертикального распределения пространства это соотношение должно быть выше, чем для домов традиционной высоты.

**Какие системы отопления, вентиляции, водоснабжения планируется использовать при строительстве башни «Россия»?**

Подачу тепла планируется обеспечивать районными теплосетями, будут использоваться эффективные фанкойлы, радиаторы, напольное панельное отопление, радиационные нагреватели и системы воздушного отопления. Охлаждение воздуха будет происходить либо естественным путем (так называемое свободное охлаждение), либо механически (с использованием

новейших механических охладителей) в зависимости от температуры наружного воздуха. Иными словами, достаточно ли задействовать только фанкойлы или же необходимо использовать все воздушные системы.

Качество питьевой воды может быть улучшено за счет специальных средств фильтрации, обеспечивающих отличное качество водопроводной воды. Непитьевая вода, подаваемая в апартаменты, также очищается и смягчается для того, чтобы соответствовать стандартам, необходимым при стирке и использовании для других бытовых нужд.

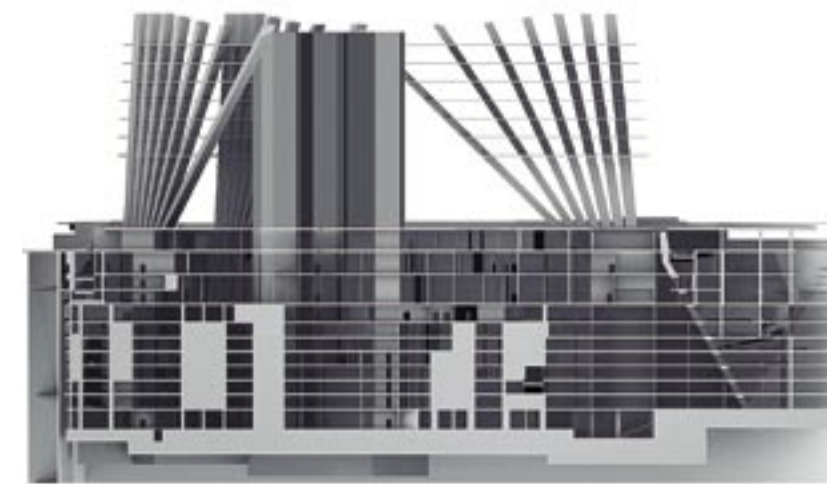
**Какими техническими характеристиками должно соответствовать оборудование для подобного небоскреба?**

Проект здания основан на системе модулей, которые изготавливаются как стандартные элементы практического применения для того, чтобы обеспечить безопасность, легкость обслуживания и замены технического оборудования, повысить эксплуатационную надежность и минимизировать затраты.

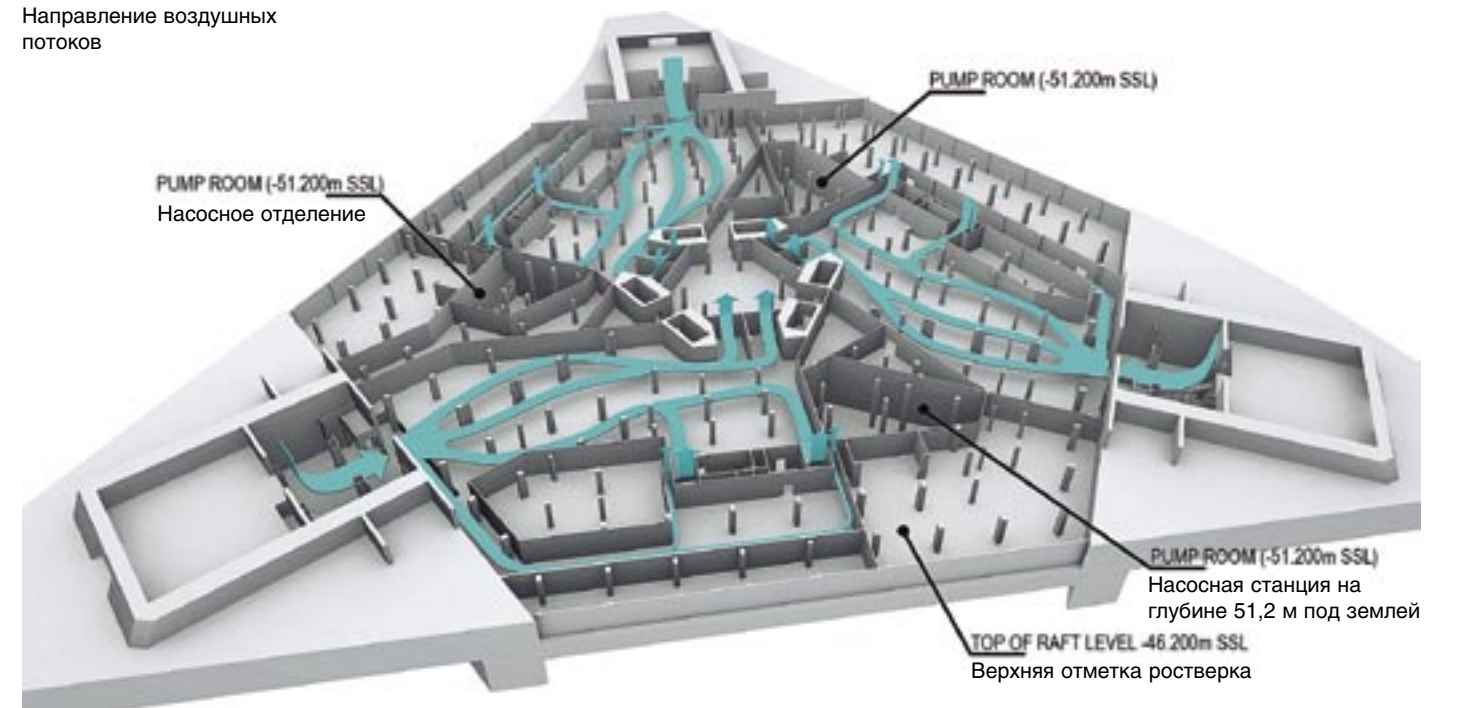
Повышенное внимание необходимо было уделять статическому давлению на гидравлические системы, чтобы не допустить снижения показателей безопасности, сокращения срока службы оборудования и ухудшения конструкционной надежности. Также необходимо было учитывать размеры и метод прокладки систем.

Однако приоритетными задачами для нас была установка систем жизнеобеспечения и обеспечение их надежного функционирования для того, чтобы гарантировать безопасность людей при эвакуации в случае чрезвычайной ситуации. Необходимо защитить людей как от внешних, так и от внутренних угроз. Башня «Россия» – очень солидный проект, и она будет оборудована новейшими средствами антитеррористической защиты.

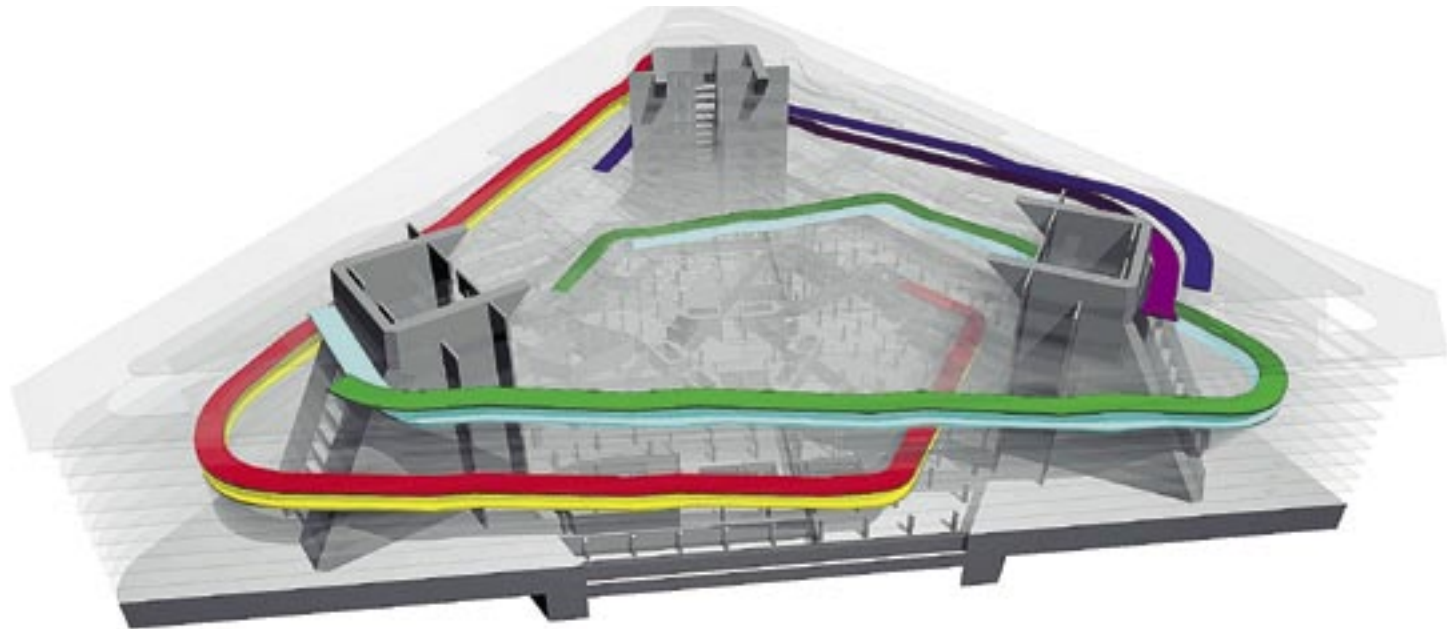
Количество этажей



Направление воздушных потоков







**Каковы особенности проектирования и размещения инженерных сетей в 600-метровой башне? С какими трудностями пришлось столкнуться при проектировании инженерных сетей, какие факторы могут вызвать сложности при эксплуатации здания?**

Основные вопросы, которые необходимо было решить, – это проектирование систем, способных обеспечить необходимую среду внутри здания с учетом сложных погодных условий в Москве. Эти системы должны быть эффективны с точки зрения энергопотребления, отличаться универсальностью, т.е. учитывать различные варианты использования. Кроме того, они должны быть просты с точки зрения монтажа и обслуживания, иметь долгий срок эксплуатации. Необходимым фактором является возможность для оператора оптимизировать и модернизировать эти системы для того, чтобы они соответствовали новым внедряемым технологиям и возникающим потребностям, не создавали сложности при использовании и эффективно обеспечивали бесперебойное функционирование небоскреба. Здание должно быть ориентировано на пользователя и коммерчески выгодно, что зачастую заставляет пересматривать существующие на сегодняшний день стандарты и нормы.

Как уже отмечалось, при проектировании здания мы постарались по возможности использовать системы и оборудование, которые прошли испытания и хорошо себя зарекомендовали при эксплуатации. Проектирование самого здания и инженерных систем в нем велось с учетом последних российских разработок и стандартов, принятых в отношении противопожарного оборудования. Другие непростые вопросы, которые необходимо было решить в связи с данным проектом, – это разработка системы управления безопасностью (т.е. управление доступом в здание, проблема статического давления внутри гидравлических систем, обеспечение эффективности использования энергии с помощью «тепловой магистрали» и сокращения объема выделяемого в атмосферу углерода).

Инженерные системы здания были спроектированы с учетом будущего способа его изготовления вне строительной площадки. Заводские условия позволяют осу-

ществлять более тщательный контроль при изготовлении и сборке оборудования, чтобы на стройплощадке можно было минимизировать объем монтажных работ. Проект был разработан исходя из принципа «подключи и работай», при котором ключевые и вспомогательные элементы монтируются не на стройплощадке, а в специально контролируемых условиях. Это позволяет минимизировать объем работ непосредственно на объекте, а в результате улучшается качество монтажа, предоставляется возможность тестирования оборудования вне площадки и сокращается время, необходимое для его установки.

**Каковы системы пожарной безопасности здания, особенности их проектирования?**

Стратегия в отношении противопожарной безопасности основана на принципах, специально разработанных для комплекса «Москва-Сити». При разработке этой стратегии использовался так называемый подход «проектирования пожара». Проект предусматривает строительство специальных укрытий по всей длине здания, которые могут использоваться в случае возникновения пожара, установку лифтов, которые также могут применяться для эвакуации граждан при чрезвычайных ситуациях, установку системы борьбы с задымлением и усовершенствованной системы обнаружения и подавления очагов пожаров.

**Башня «Россия» планируется как «зеленый» небоскреб. Какие технологии будут использоваться для этого?**

Да это так. Башня «Россия» планируется как «зеленое», экологически благоприятное здание. Система облицовки здания была разработана таким образом, чтобы минимизировать вредные воздействия на окружающую среду. Проект также предусматривал разработку систем рециркуляции энергии. Согласно проекту тепло будет передаваться по «тепловой магистрали», т.е. энергия, недоиспользованная в одной зоне здания, перераспределяется в другую, в зависимости от интенсивности энергопользования, функционального назначения зоны и времени использования. Кроме того, проектом предусмотрена установка фотоэлектрических панелей и панелей сол-

$V_2 = 213,244 \text{ kN}$   
 $M_2 = 15,321 \text{ kN}$   
 $V_3 = 6,820 \text{ kN}$   
 $M_3 = 492,675 \text{ kN}$

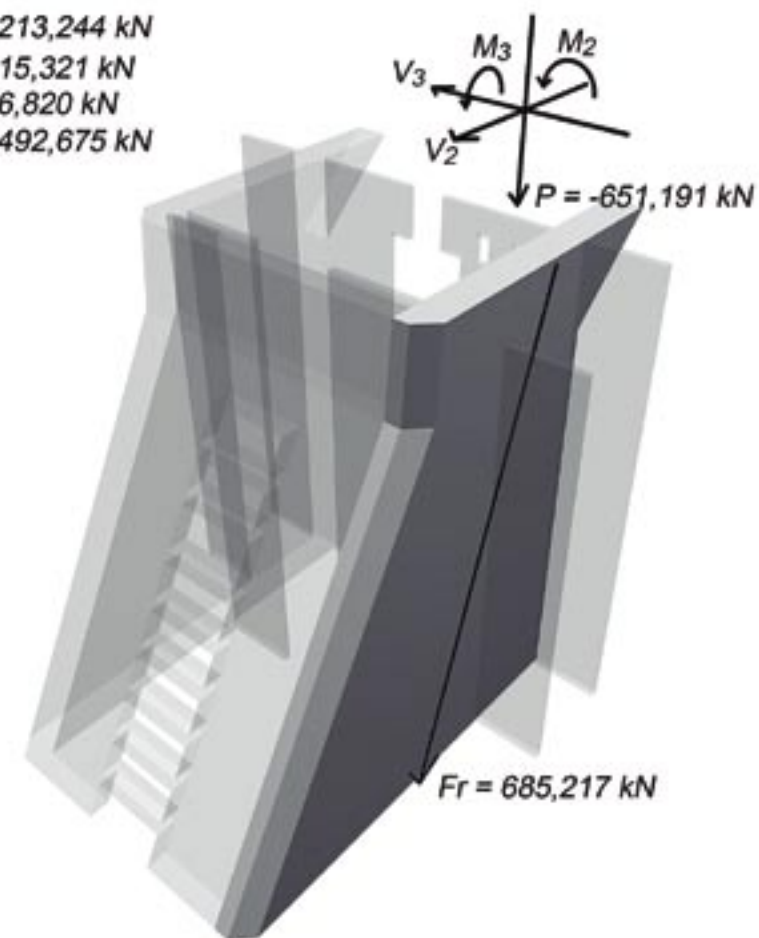


Диаграмма расчетов расхода воздуха

нечных батарей, планируется задействовать систему свободного охлаждения, так что здание будет максимально использовать преимущества московского климата. Ориентация и дизайн башни были спланированы таким образом, чтобы максимизировать дневное освещение, сократить энергозатраты и увеличить полезные площади.

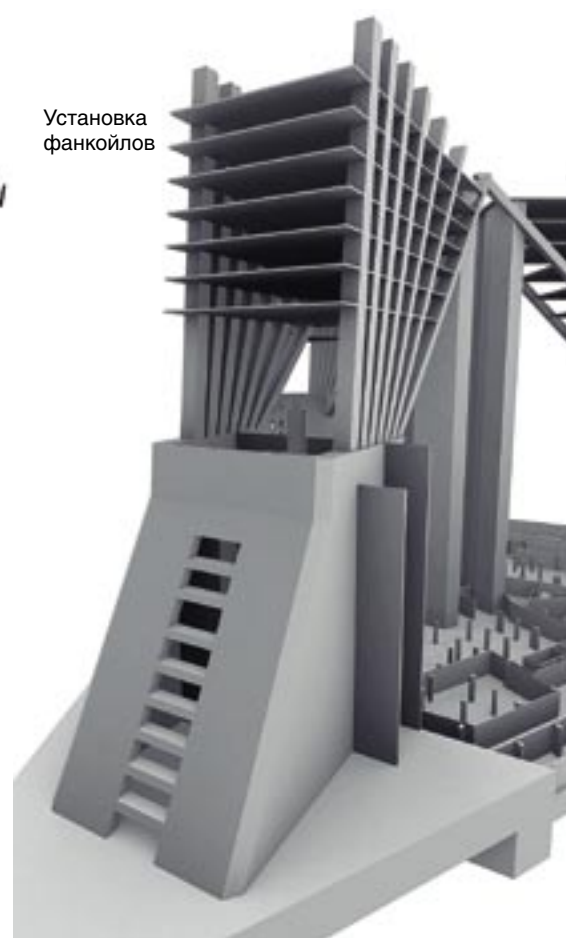
**Есть ли у Waterman опыт проектирования и оборудования столь высоких зданий? В строительстве каких небоскребов ваша компания принимала участие?**

Компания Waterman Group осуществляла проекты строительства торговых центров, жилых зданий, гостиниц и многофункциональных комплексов во многих странах мира, но проект башни «Россия», высота которой достигнет 600 м, действительно уникален.

**Какие крупные проекты осуществляла компания за последние пять лет, и какие из них были реализованы в России?**

Это Англо-Американская школа, торговый центр «Атриум» (у Курского вокзала), комплекс «Белая площадь», Москва; офисное здание Метрополитан, Варшава; сокровищница Ее Королевского Величества и Canary Wharf Tower, Лондон; ABN AMRO, Сидней; Dubai Festival City, ОАЭ; Twin Towers, Дубай; Paradise Project, Ливерпуль; Queen Victoria Building и Grosvenor Place, Сидней.

**Было ли проблемой для Waterman получить лицензии на производство работ в России?**



Установка фанкойлов

Нет. Когда мы доказали свою заинтересованность в осуществлении проектов в России, получить все необходимые лицензии было несложно.

**Используете ли вы специальное программное обеспечение для расчета инженерных систем? Насколько они, по-вашему, эффективны?**

Конечно, используем. Эти программные продукты очень эффективны так как, во-первых, они повышают качество проектирования, а во-вторых, значительно сокращают время, необходимое для предоставления информации нашим клиентам.

**Есть ли у вас специалисты, прошедшие специальную аккредитацию для работы с таким программным продуктом?**

Да, конечно. Мы проводим специальные курсы для своих сотрудников, на которых обучаем их работе с используемым программным обеспечением, чтобы иметь возможность представить нашим клиентам высококачественную продукцию. Я также имею в виду построение трехмерных моделей проектируемых конструкций и инженерных сетей зданий.

**Насколько широко представлена компания в глобальном масштабе? Сколько сотрудников работают в московском представительстве Waterman?**

На Waterman работает более 1400 человек по всему миру. В московском представительстве компании в настоящий момент работает 50 человек. Сейчас мы активно нанимаем персонал, потому что планируем расширяться и предоставлять своим клиентам услуги еще более высокого качества. ■



# ПРОЕКТ «МАЯК»

Во многих городах прибрежные территории часто используются в качестве промышленных. Тут и заводы, фабрики, верфи, доки, и все то, чему нужен доступ к воде как к транспортной артерии. Но с ростом городов эти территории оказывались в историческом и культурном центре, постепенно обрастая жилыми кварталами. Вполне закономерно желание властей вынести эти территории на окраины и использовать освободившиеся площади для нужд города.

Муниципалитет Орхуса выступил с инициативой благоустройства портовой зоны города. На первом этапе планируется обустроить причал 4, самую северную часть порта Орхус, и создать там новый городской район площадью приблизительно 60 тыс. м<sup>2</sup>.

Проект предполагает строительство как частного, так и муниципального жилья общей площадью 40 тыс. м<sup>2</sup>, а также торговых помещений общей площадью 20 тыс. м<sup>2</sup>. Планируется построить 400 домов, из которых 100 будут находиться в некоммерческом жилищном фонде и предназначаться для сдачи

внаем, а 300 – в частной собственности (270 квартир и 30 домов).

Чтобы создать не просто динамичный и безопасный район для людей, живущих и работающих в этой части города, но и отличное место отдыха для всех желающих, к разработке проекта с самого начала были привлечены специалисты по городской среде, имеющие обширный опыт работы в портовых зонах за рубежом (Австралии, Новой Зеландии, США и Норвегии). Цель проекта – создать безопасный район, где бы вместо традиционных многоэтажек располагались небольшие группы домов ленточной застройки. Это позволит жителям устанавливать более тесные отношения с соседями.



Чудесная пристань, где можно прогуляться на закате, уютные кафе, площадь, где можно разнообразно провести свободное время, соседство частных и муниципальных владений, скай-бар, расположенный на вершине башни, откуда открывается удивительный вид, – это лишь несколько достопримечательностей района. До места можно будет добраться на машине, но автомобиль придется оставить на общественной подземной стоянке. Это обеспечит оптимальные условия для пешеходов, велосипедистов и пр.

«Мы тщательно изучили новые портовые сооружения, а также те, которые, по нашему мнению, не функционируют, и продумали, как превратить прибрежную часть Орхуса в самый динамичный район Дании. Жителям района и всем желающим предложат много интересного. Мы работали над такими достопримечательностями, как набережная вдоль северной части порта, кафе, откуда открывается отличный вид, и скай-бар наверху многоэтажного здания, куда можно ходить как на экскурсию. Здесь найдется место для постоянных и временных мероприятий, а также для единичных случаев, например фестиваля в Орхусе», – говорит профессор Ян Гель из Gehl Architects.





Так будет выглядеть портовая зона Орхуса

Проект отвечает новаторским взглядам муниципалитета Орхуса, в котором полагают, что в новом районе могут сосуществовать не только различные типы зданий, но и группы населения с разным достатком. По требованию муниципалитета 25% домов должны относиться к некоммерческому фонду и предназначаться для сдачи их внаем. Сотня из 400 домов будут находиться в ведении жилищных ассоциаций Arbejdernes Andels Boligforening и Boligforeningen Ringgarden.

Муниципалитет впервые потребовал такое количество квартир для сдачи внаем в такого рода проекте по городской застройке, но подобный опыт уже оправдал себя, скажем в Нидерландах.

«На мой взгляд, проект «Маяк» – это лишь первый шаг, за которым последуют другие, например Villabyen Skovbakken в Орхусе или Bellahøj в Копенгагене. Это высококачественные здания с превосходным расположением, которые мы теперь сможем предложить нашим гражданам», – заявил Андерс Рённебро из AAB.

Архитектурный дизайн разрабатывался в тесном сотрудничестве между датскими архитекторами из 3XN, голландскими архитекторами из UNStudio и специалистами по городской среде из Gehl Architects. Дизайн создавали с нуля на основе генерального плана муниципалитета, результатов исследования в области социального и культурного развития и тщательного изучения жилищных условий, а также с учетом погодных условий и ветрового режима.

Цель проекта – «построить прекрасный город на уровне глаз». Основная идея заключается в том, чтобы все дома были открыты солнцу с юга и имели прекрасный вид с севера. Это значит, что у зданий будут только фасады, никаких тыльных сторон не предполагается. Продумывая дизайн, архитекторы постарались сделать так, чтобы дома выглядели привлекательно как вблизи, так и издалека, чтобы они радовали глаз и в них было приятно жить.

«Сооружения получатся и унифицированными, и оригинальными одновременно. Местный житель с легкостью распознает свой дом издалека благодаря индивидуальным деталям, таким как балконы. Общие характеристики зданий также представляют интерес, как это можно наблюдать в районах Трёйборг и Фредериксберг в Орхусе. Характерный дизайн фасадов отражает игру света на воде», – говорит Ким Херфорт Нильсен из 3XN.

«Проект «Маяк» наглядно показывает, как тесно взаимосвязано в современном мире индивидуальное и общественное. Начиная с оформления всего района в целом и заканчивая дизайном каждого отдельно взятого дома, проект направлен на сплочение людей – как местных жителей, так и многочисленных гостей. Это своего рода центр города, но лишь с одним многоэтажным зданием», – говорит Бен ван Беркель из UNStudio.

Высота башни 130 м, плюс стеклянный купол, составляющий 10–12 м; таким образом, общая ее высота составит 140–142 м.

Строительство предполагается начать в первых числах января 2008 года, как только одобрят проект. Первые дома будут завершены к 2010 году.

По проекту строительство будет вестись со стороны порта, чтобы не усугублять ситуацию на дорогах в центре Орхуса. В зависимости от результатов переговоров с портовой администрацией и властями города проектировщики хотели бы снести имеющиеся здания, чтобы расчистить причал. Они также намереваются организовать поставку материалов по морю, насколько это будет возможно.

Проект будет осуществлен в соответствии с новейшими строительными нормами. Кроме того, это первый проект подобного рода, учитывающий новые правила энергосбережения. Новейшие методы будут использованы на этапах проектирования и собственно строительства.

«Разумеется, строительство должно проводиться с наименьшими неудобствами для города и жителей прилегающих районов. В настоящее время район страдает от шума промышленно-портовой зоны, но этот шум прекратится еще до начала строительства. А на смену неприглядным контейнерам придут красивые здания», – заявил Сёрен Ларсен из консалтинговой проектной организации Grontmij | Carl Bro.

Компании, входящие в консорциум проекта, имеют значительный опыт строительства многоэтажных зданий и сооружений на воде. Первый аспект представлен немецкими и голландскими партнерами, второй – самой консалтинговой компанией. UNStudio расположена в Амстердаме, а следовательно, знакома с голландской строительной традицией, в которой вода является исходным элементом. Используя свой богатый опыт, UNStudio в настоящий момент ведет строительство многоэтажек в Тайване, Сингапуре и Нью-Йорке. 3XN имеет опыт подобного строительства благодаря проектам Дома музыки в Амстердаме и Музея Ливерпуля. Оба здания расположены у воды, поэтому закладка фундамента проводилась в сложных условиях.

Данный проект представляет собой консорциум, в который входят Udviklingselskabet af 30.08.2006 и две некоммерческие жилищные ассоциации Arbejdernes Andels Boligforening (AAB) и Boligforeningen Ringgarden. Udviklingselskabet af 30.08.2006 принадлежит Keops Development A/S и K/S Frederiksbjerg Ejendomme (по 50%).

Общая стоимость проекта составляет приблизительно 2 млрд. датских крон. ■



# Повышение надежности железобетонных конструкций при ЧС

(зарубежный опыт)

Строительство высотных зданий в крупных городах делает наиболее актуальной проблему защитных мер против опасности обрушения строительных конструкций в результате чрезвычайных ситуаций, таких как взрывы, огневые воздействия, землетрясения. Эти здания потенциально наиболее опасны с точки зрения возможности и последствий прогрессирующего разрушения. Конструктивные элементы таких зданий и сооружений являются особо нагруженными и требуют применения конструкционных материалов с повышенными физико-механическими характеристиками.

Одним из перспективных направлений для решения комплекса проблем является применение внешнего армирования опорных и изгибаемых балочных и плитных конструкций с помощью эффективных композиционных материалов.

За рубежом и в России накоплен большой опыт внешнего армирования железобетонных конструкций, как для восстановления их несущей способности, так и для усиления с целью возможности восприятия увеличенных нагрузок. Для этого широко используют углеродные, арамидные и стеклоткани, наклеиваемые на поверхность усиливаемых конструкций. В качестве клеев, как правило, применяют эпоксидные компаунды.

В последние годы резко увеличился объем научных исследований и конструкторских разработок по созданию базы для расчетных обоснований предотвращения обрушения строительных конструкций.

Имеется достаточно большой опыт научно-экспериментальных работ, свидетельствующий о возможности существенного (до 50%) повышения прочности центрально и внецентренно сжатых опорных конструкций (колонн круглого, квадратного и прямоугольного сечений) – основных элементов в системе, обеспечивающих устойчивость зданий и сооружений, а также изгибаемых конструкций (плит, балок, ригелей и пр.). В то же время практически отсутствовали данные о характере разрушения таких конструкций при воздействии на них ударной волны, так как моделирование подобных ситуаций сопряжено с весьма большими материальными затратами.

Поэтому особый интерес представляют экспериментальные исследования эффективности усиления строительных конструкций внешним армиро-

ванием, проводимые за рубежом в лабораторных условиях и на натуральных образцах на крупноразмерных фрагментах.

Так в работе Crawford J.E., Malvar L.J. Morrill K.B., Ferritto J.M. предлагается расчетный аппарат для определения прочности железобетонных колонн на срез и изгиб при восприятии взрывных нагрузок. Компьютерные расчеты были подтверждены результатами сравнений испытаний на натурном фрагменте четырехэтажного здания (рис. 1) с обычными и усиленными внешним армированием композитными материалами колоннами. На рис. 2 наглядно видна разница в полученных повреждениях сравниваемых колонн. Аналогичные сравнения проводились и в лаборатории (рис. 3), где были получены зависимости нагрузка/деформация (рис. 4), также свидетельствующие об эффективности предлагаемого технического решения.

Изучение влияния внешнего армирования на восприятие взрывной волны горизонтальными железобетонными плитами было проведено в университете Миссури (США). Во взрывной камере испытывали плиты размером 12090 x 1200 x 90 мм (рис. 5). Были сделаны выводы, что для восприятия нагрузки от взрывной волны желательна наклейка усиливающего композиционного материала на обе поверхности плиты.

Композитные системы, используемые для усиления строительных конструкций, во многих случаях, включая многоэтажные здания, потребуют соответствующей тепловой защиты, препятствующей потере функциональных свойств конструкции при пожаре.

Концепция огнезащиты усиленных углепластиком конструкций должна учитывать особенности поведения в температурном поле как собственно композита,



а) колонна, не усиленная б) колонна, усиленная углепластиком

Рис. 1  
Экспериментальное здание для испытания колонн на взрывную нагрузку

Рис. 2. Вид колонн после взрывного воздействия



Рис. 3. Колонна без усиления после испытаний в лаборатории

так и эпоксидной матрицы, применяемой для приклейки ткани к поверхности конструкции.

Полимерные затвердевшие клеевые составы начинают деградировать при температурах от 65 до 150°C, вплоть до возгорания с выделением токсичных газов. В то же время собственно углеродная ткань не является огнеопасной и имеет температуру возгорания свыше 1000°C.

По заказу ООО «ИнтерАква» совместно с ОАО «Ленметрогипротранс» в Независимом испытательном центре пожарной безопасности МЧС России были проведены испытания углепластиковых накладок, используемых для усиления строительных конструкций.

По результатам испытаний сделано заключение, что углепластиковые наклейки относятся к слабогорючим строительным материалам группы Г-1 (группы трудносгораемых по СТ СЭВ 2437-80) и к умеренно воспламеняемым материалам группы В-2 с высокой дымообразующей способностью группы Д-3.

Результаты испытаний образцов из углепластикового композита являются весьма обнадеживающими, однако свидетельствуют о необходимости выполнения огнезащитного покрытия на усиливаемых конструкциях.

Для уточнения требований к такому покрытию в США были проведены специальные исследования –

полномасштабные огневые испытания железобетонных колонн круглого сечения ( $L = 3734$ ,  $O = 400$  мм), усиленных одним слоем однонаправленной углеродной ткани, наклеенной на поверхность колонн с помощью эпоксидного адгезива.

В отличие от обычной практики огнезащиты железобетонных или стальных конструкций была поставлена задача предотвратить достижение на поверхности углепластика температуры свыше 100°C за расчетную продолжительность времени.

Применение эффективной теплоизоляции усиленных композитами железобетонных конструкций позволило при пожаре сохранить температуру на

**Применение эффективной теплоизоляции усиленных композитами железобетонных конструкций позволило при пожаре сохранить температуру на поверхности углепластика ниже температуры стеклования в течение нескольких часов, что должно было предотвратить отказ системы усиления в этот промежуток времени**



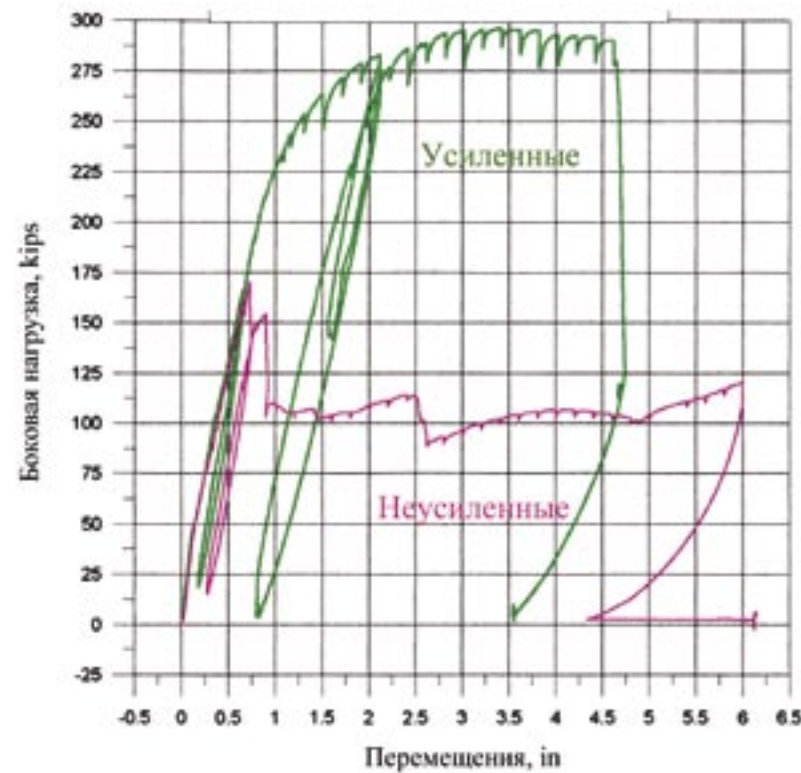


Рис. 4. Сравнение деформирования от боковой нагрузки усиленной двумя слоями CFRP и не усиленной колонны

поверхности углепластика ниже температуры стеклования в течение нескольких часов, что должно было предотвратить отказ системы усиления в этот промежуток времени.

Для огнезащитного покрытия применили специальный состав на основе вермикулита, наносимый набрызгом. Масса теплоизоляционного материала 240–270 кг/м<sup>3</sup> при теплопроводности – 0,082 Вт/м<sup>2</sup>С. Поверх этой теплоизоляции наносили тонкий герметизирующий слой вспучивающейся эпоксидной краски. Он предотвращает быстрое испарение содержащейся в теплоизоляции воды при повышении температуры, сохраняя целостность теплоизоляционного слоя.

Были испытаны две колонны, отличавшиеся толщиной тепловой изоляции – 57 мм и 32 мм.

В качестве основного критерия огнестойкости принимали потерю колонной несущей способности. Кроме того, рассматривали возможность отказа системы усиления из-за потери сцепления углепластиковой наклейки с поверхностью колонн при деградации адгезива, а также сгорания композита.



Рис. 5. Лабораторные испытания плиты на взрывную нагрузку

### Отечественные исследования в области внешнего армирования конструкций композитными материалами как в целом, так в особенности и в части их взрыво- и пожаробезопасности пока что не сопоставимы с проводимыми на Западе масштабными и дорогостоящими работами

Особенностью испытательной схемы было расположение колонн во время огневых испытаний внутри силовой рамы с возможностью передачи на них испытательной нагрузки и ее изменения в ходе опыта. Такие испытания проводились в единственной в Северной Америке специальной печи, воспроизводящей температурные условия реального пожара с достижением температуры 1000°С.

Испытания показали, что для достижения температуры 100°С (условная величина температуры стеклования эпоксидного адгезива) потребовалось 180 мин. для колонны с изоляцией толщиной 57 мм и 82 мин. для колонны с изоляцией толщиной 32 мм. Эксперимент не мог подтвердить либо опровергнуть нарушение сцепления композитных накладок с поверхностью колонны. Авторы исследований лишь высказывают предположение о возможном повышении «температурной устойчивости» адгезива при его работе совместно с углеродной тканью внутри композитной структуры. В этом случае фактическая огнестойкость конструкции будет соответствовать более высокой температуре на поверхности усиливающей наклейки и будет обеспечена при большей продолжительности огневого воздействия.

Возгорание композита на обеих колоннах отмечалось после 5-часового огневого воздействия.

В целом обе испытываемые колонны показали более чем 5-часовую огнестойкость. Отказ колонны (разрушение) произошел после увеличения испытательной нагрузки через 5,5 часа приблизительно на 180% против рабочей.

В дальнейшем аналогичные исследования были проведены на натуральных колоннах квадратного сечения (406 x 406 x 3800 мм), Т-образных балках и плитах толщиной 150 мм. На рис. 6 приведены результаты измерения температур в огневой камере и по показаниям термопар, установленных на поверхности теплоизоляции, в клеевом слое между бетоном и композитной накладкой, а также на поверхности стальной арматуры внутри колонны. Видно, что при использовании изоляции толщиной 57 мм температура композита не превышала 80°С (т.е. была в пределах температуры стеклования) в течение 4 часов. Полученные результаты подтвердили возможность

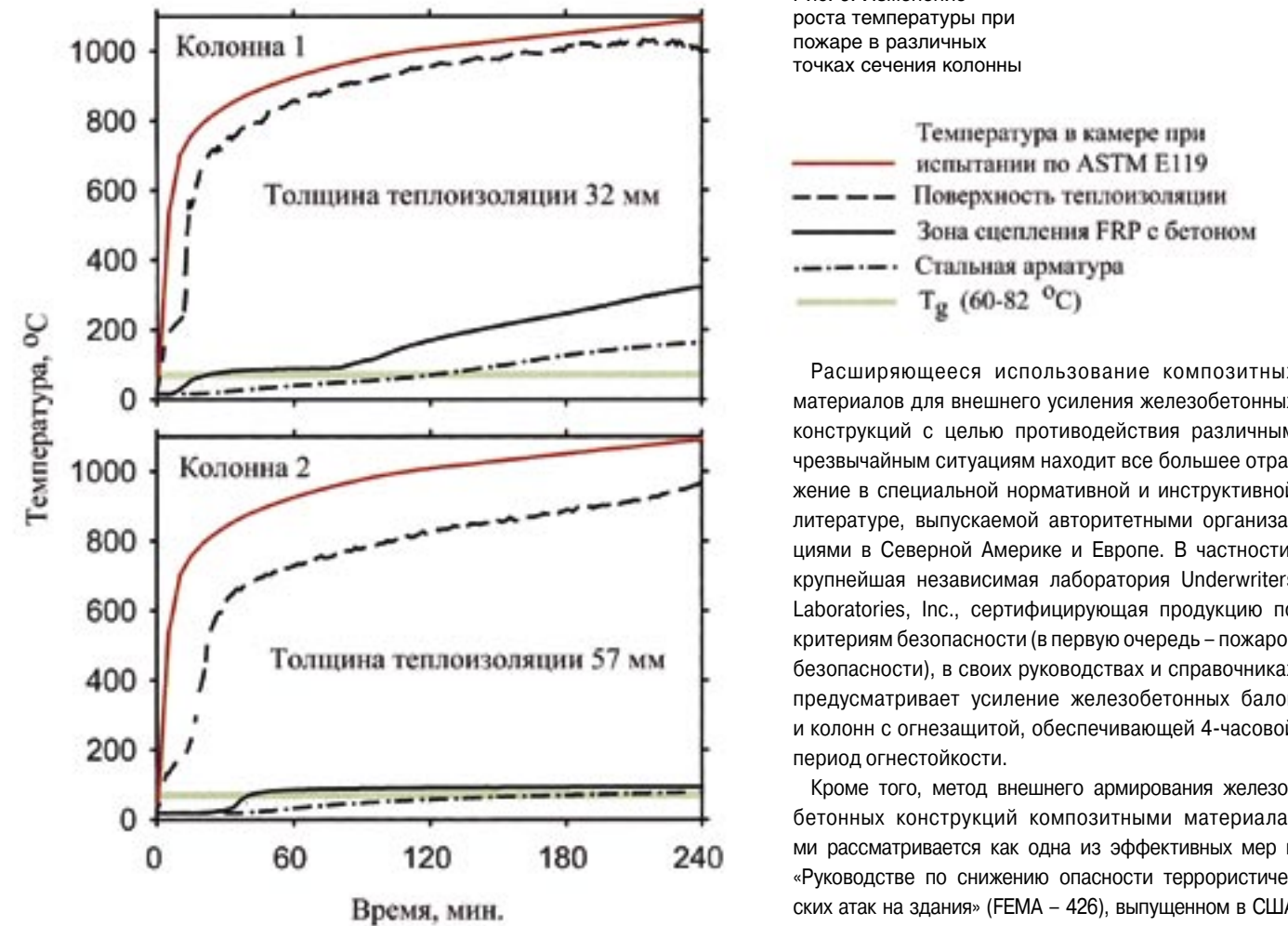


Рис. 6. Изменение роста температуры при пожаре в различных точках сечения колонны

Температура в камере при испытании по ASTM E119  
 Поверхность теплоизоляции  
 Зона сцепления FRP с бетоном  
 Стальная арматура  
 T<sub>g</sub> (60-82 °C)

Расширяющееся использование композитных материалов для внешнего усиления железобетонных конструкций с целью противодействия различным чрезвычайным ситуациям находит все большее отражение в специальной нормативной и инструктивной литературе, выпускаемой авторитетными организациями в Северной Америке и Европе. В частности, крупнейшая независимая лаборатория Underwriters Laboratories, Inc., сертифицирующая продукцию по критериям безопасности (в первую очередь – пожаробезопасности), в своих руководствах и справочниках предусматривает усиление железобетонных балок и колонн с огнезащитой, обеспечивающей 4-часовой период огнестойкости.

Кроме того, метод внешнего армирования железобетонных конструкций композитными материалами рассматривается как одна из эффективных мер в «Руководстве по снижению опасности террористических атак на здания» (FEMA – 426), выпущенном в США Федеральным агентством по чрезвычайным ситуациям.

применения композитных материалов для испытанных конструкций с достижением более чем 4-часовой огнестойкости при соответствующей огнезащите.

Результаты проведенных полномасштабных исследований свидетельствуют о высокой эффективности внешнего армирования железобетонных конструкций усиливающими накладками из углеродной ткани не только для повышения их несущей способности, но и для увеличения упругости и вязкости конструктивных систем. Эти свойства являются определяющими в системе мер, предотвращающих внезапное обрушение зданий и сооружений при природных и технических катастрофах, а также в случае террористических действий.

Имеющиеся на российском рынке огнезащитные покрытия обладают теплоизоляционными характеристиками не ниже использованных в приведенных исследованиях и вполне могут быть применимы для решения проблемы обеспечения огнестойкости конструкций с внешним армированием.

Применение эффективной теплоизоляции усиленных композитами железобетонных конструкций позволяет при пожаре сохранить на поверхности углепластика температуру ниже температуры стеклования в течение нескольких часов, что должно предотвратить отказ системы усиления в этот промежуток времени.

### В качестве основного критерия огнестойкости принимали потерю колонной несущей способности. Кроме того, рассматривали возможность отказа системы усиления из-за потери сцепления углепластиковой наклейки с поверхностью колонн при деградации адгезива, а также сгорания композита

Отечественные исследования в области внешнего армирования конструкций композитными материалами как в целом, так в особенности и в части их взрыво- и пожаробезопасности пока что не сопоставимы с проводимыми на Западе масштабными и дорогостоящими работами. В то же время повышение этажности, сложности и ответственности возводимых в России зданий и сооружений, бесспорно, требует учета современных достижений в области обеспечения их безопасности. В этом направлении целесообразно использовать подробные публикации результатов проводимых за рубежом научно-экспериментальных работ, а композиционные материалы должны занять подобающее место в соответствующих инструктивных и нормативных документах, включая нормы проектирования для московских высотных зданий. ■





Опыт США

Расположение: Argujng-dong,  
Kangnam-gu, Сеул, Корея

## Дома-коммуны для Сеула

При слове «коммуна» у большинства жителей российских городов, несомненно, возникнет ассоциация со словом «коммуналка», вызывающем откровенно негативные эмоции, связанные с бытовыми неудобствами. Корейских архитекторов, предложивших проект Seoul Commune 2026, коммунальные взаимоотношения не пугают, они предлагают свой вариант попытки урегулировать демографическую ситуацию мегаполисов, проблему перенаселенности, с которой они непременно столкнутся в ближайшем будущем.



Проект городской застройки Seoul Commune

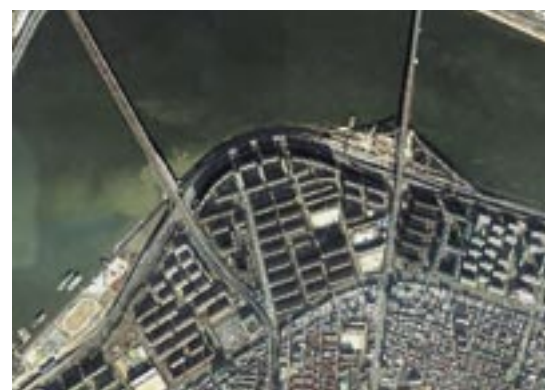
На территории пока несуществующего района планируется построить высотные здания с применением цифровых технологий в соответствии с требованиями нашего века – времени непрерывных социальных изменений. Seoul Commune 2026 – это проект городской застройки, который расширяет понимание концепции «башни в парке». Он предполагает и строительство высотных зданий, и устройство парка. Таким образом, соблюдается определенный баланс застройки и создается целая инфраструктура, которая будет включать частные, общественные и общественные пространства.

но возникали районы застроек с подключением к Интернету и без него. Такие районы возводились без разработки предварительной архитектурной концепции, без помощи специалистов-градостроителей.

«Башни в парковой зоне» – относительно новая, популярная в Азии структурно-пространственная концепция зданий, быстро вытесняющая многоквартирные «картонные коробки», напоминающие блочные дома хилбершеймерского типа (по фамилии архитектора, проектировавшего блочные здания), которые доминировали в городском пейзаже корейских горо-



«Башни в парковой зоне» – относительно новая, популярная в Азии структурно-пространственная концепция зданий



Корейское общество стремительно развивается в обоих направлениях: технологическом и социально-культурном. Население Кореи стареет, рождаемость снижается, а процент разводов растет, и все эти факторы оказывают влияние на изменение института общественных отношений. Это «стремительно седеющее» и гипериндивидуализированное общество, при том, что среднее количество членов семьи составляет всего один-два человека, предъявляет свои требования к архитектурным формам и пространственным решениям зданий. Кроме того, цифровые технологии, т.е. телефон, Интернет и устройства мобильной связи, были чрезвычайно быстро адаптированы и интегрированы в корейские культурные традиции и нормы поведения. В результате такой интеграции спонтан-

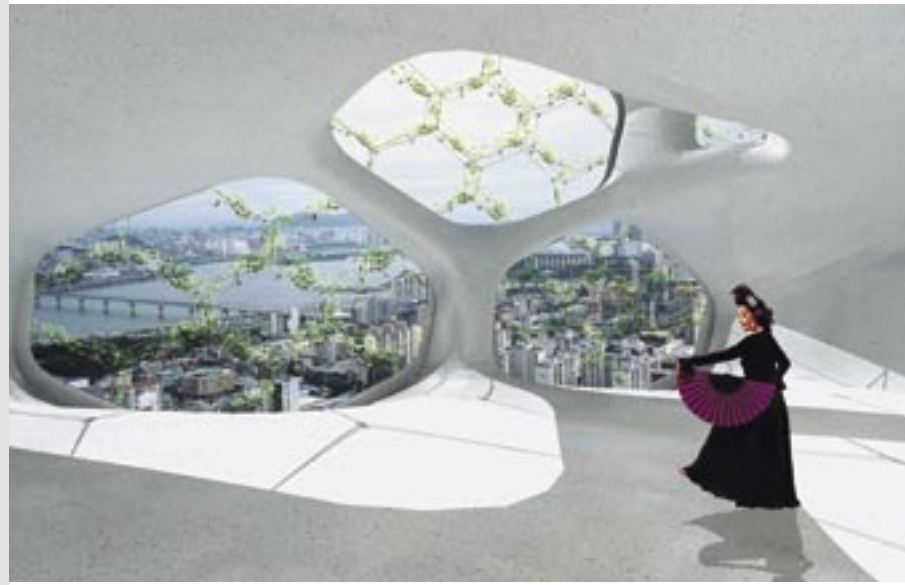
дов на протяжении последних 40 лет. Структурная типология концепции «башни в парке» широко применялась в азиатских городах, таких как Сеул. Считается, что такая концепция идеально удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качеству площадей открытого типа, и одновременно способна, предоставляя большой объем полезных площадей, количественно удовлетворять потребности этих густонаселенных регионов. Концепция основана на сочетании контрастных элементов: парка, который является общественным пространством, и башен, которые состоят из квартир и отдельных частных помещений. Основная проблема при реализации данной концепции – соединение этих нединамичных и контрастирующих элементов, отсутствие промежуточного пространства или структуры,



которая способствовала бы развитию естественных социальных взаимодействий. Проект Seoul Commune 2026 позволит решить эту проблему, так как он предоставляет возможность нахождения необходимого баланса между двумя составляющими (парком и башнями). Строительство узловых соединений между внешними и внутренними, а также общественными и частными пространствами разного объема позволяет разместить обитателей и облегчает возможность спонтанного развития социальных отношений. Mass Studies разработали пространственную концепцию, при которой башни плавно перетекают в парк, а парк, отчасти, в башни. Таким образом создается эффект целостности всего комплекса. Seoul Commune 2026 реализуется в районе Argyujong-dong, в центре южной части Сеула. Комплекс находится в обширной зоне городской застройки – возможно, самом густонаселенном месте на планете. Общая площадь проекта – 393 400 м<sup>2</sup>. С севера комплекс примыкает к реке Хан. Проект предполагает строительство 15 башен различной этажности (от 16 до 53 этажей), которые согласно концепции должны функционировать как единое гигантское здание на фоне парка.

Концепция проекта включает в себя строительство частных помещений, так называемых «ячеек», и общественных пространств. Использование «вездесущих» цифровых технологий позволит наиболее эффективно использовать эти площади и управлять комплек-





Проект Seoul Commune 2026 предполагает строительство частных пространств минимального размера разной конфигурации

сом. Цифровые технологии будут применяться для оптимальной защиты и гарантии безопасности частных помещений – «ячеек», с одной стороны, а с другой – позволят осуществлять мониторинг общественных пространств в режиме реального времени, а также выбирать и резервировать общественные площади в зависимости от предпочтений социального характера или вида деятельности. Принятие таких решений и мониторинг станут возможными благодаря цифровым системам, которые помогут оптимизировать процесс социального общения для обитателей зданий и таким образом диверсифицировать использование общественных пространств. Предполагается, что в зданиях комплекса будут обитать как постоянно проживающие, так и краткосрочные квартиросъемщики.

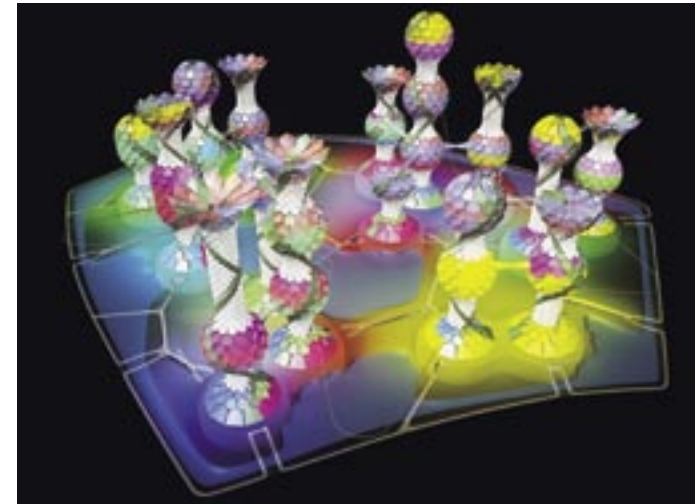
Проект Seoul Commune 2026 предполагает строительство частных пространств минимального размера разной конфигурации, состоящих из ванной комнаты и спальни. Разработано шесть альтернативных вариантов таких «ячеек», которые будут встроены в круглый по форме фасад башни. Диаметр «ячеек» будет варьироваться от 28 до 33 м. Пространства, где будет происходить общение, такие как гостиные и столовые комнаты, вынесены за пределы частных помещений. Согласно плану жилые ячейки будут функционировать как гостиничные номера. При этом каждый из таких частных номеров способен удовлетворить индивидуальные потребности обитателей, в то время как общие «гостиничные» площади будут использоваться всеми – проживающими и гостями.

Частные помещения во всех башнях состоят из индивидуализированных ячеек, подобно сотам в улье. Всего в 15 башнях планируется построить 2590 таких ячеек. Эти основные пространственные элементы смогут соединяться между собой по горизонтали и вертикали, создавая таким образом большие пространства. Площадь для одной семьи сможет включать несколько независимых ячеек с дополнительными функциями. Уникальная сотовая структура создает идеальные условия для естественного освещения.

Верхние этажи башен имеют три различных вари-

анта конфигурации: купол, перевернутый свод, перевернутый цилиндр и конус. В них будут располагаться общественные салоны, вестибюли открытого типа, а также жилые помещения и места общественного питания. Купол может достигать 63 м в диаметре и 31,5 м в высоту, создавая таким образом огромный атриум. Формы перевернутого купола и конуса позволяют получить обширные общественные пространства на крыше, где можно посадить сад или устроить площадку открытого типа.

Таким образом, пространство между вершиной и основанием башен комплекса выглядит как улей с утолщениями для социальных взаимодействий. Каждое из этих утолщений состоит по крайней мере из 12 этажей. В отношении размера и внутреннего устройства они могут быть выполнены в шести воз-



можных вариантах. Диаметр этих помещений варьируется от 34 до 64 м, и они могут использоваться как офисные помещения, общественные пространства, больницы, места культуры и отдыха или торговли.

Круговой канал, огибающий парк, превращает весь комплекс в остров. Вода из реки Хан будет использоваться для охлаждения силовых генераторов, установленных для каждой башни в отдельности. Предполагается, что квадратный пруд, который разместят в центре территории комплекса, размером 30 175 м<sup>2</sup> станет любимым местом отдыха обитателей комплекса.

В основании 15 башен – там, где они соединяются с парком, создадут самые обширные пространства на территории комплекса. Второй этаж башен будет иметь ширину 75 м и охватывать по высоте пять первых уровней зданий. Пространства первых этажей предназначены для пешеходов. Там пересекутся три главных пешеходных аллеи, которые будут огибать лифтовые шахты всех башен. Две из трех аллей будут вертикально расширяться, создавая таким образом вертикально-соединительную основу для двойных спиралевидных лестниц и расширяя парковое пространство вертикально вверх. Движение транспорта сделают подземным, соединения с автостоянками построят под каждой башней. На уровне второго этажа башен также планируется построить монорельсовую круговую железную дорогу и дви-



жущиеся тротуары, которые будут выполнять функции общественного транспорта и связывать башни между собой.

В основании 15 башен также планируется построить различные помещения для спорта, отдыха и обучения, проведения культурных мероприятий, а также конференц-залы и торговые объекты. Каждая башня в разрезе представляет собой окружность, диаметр которой варьируется по высоте от 28 до 75 м. Количество таких вариаций диаметра для каждой башни достигает 15. В соответствии с планом каждой башни высота этажей в них также может варьироваться от 4 до 12,6 м. Согласно плану окружность каждой башни делится по радиусу на 12 структурных отсеков.

Шесть лифтов и, соответственно, шесть лифтовых шахт расположены в центре каждого этажа, обеспечивая выполнение функции вертикального перемещения внутри зданий. Две пожарные лестницы занимают площадь двух отсеков из числа 12 упомянутых выше. Это внешние лестницы, которые располагаются вне окружности и поднимаются вверх по всей высоте башен, формируя таким образом своеобразную двойную внешнюю спираль. Они не только выполняют функцию запасного выхода, но и могут использоваться для устройства висячих садов, соединительной основы, расширяющей площадь паркового пространства.

Фасад башен изнутри представляет собой шестигранную решетчатую структуру, которая подчеркивает их уникальность. Открытые пространства решетки заполнены различного вида стеклом. В наиболее освещенных местах конструкции фасада установлены панели из стекла с фотоэлементами для наиболее эффективного использования солнечной энергии. Некоторые элементы стеклянной облицовки углублены для того, чтобы образовать затененные балконы. Внешняя поверхность шестигранной решетки выполнена из синтетических (геотекстильных) материалов. Это помогает создать необходимые условия, позволяющие выращивать виноград в зимнее время и создавать тень в открытых пространствах. Вода, необходимая для орошения таких интегрированных «зеленых» структур, подается с помощью специальной внутренней системы, а нужная температура и влажность помещений поддерживаются специальным туманообразующим агрегатом со встроенными датчиками, который позволяет обеспечить необходимые для роста растений условия. Охлаждение воздуха внутри башен в летний период на 30% обеспечивается также за счет системы водораспределения. Кроме того, эта система позволяет решить проблему чистки окон фасада, что чрезвычайно важно для городов с повышенным уровнем загрязненности, каким является Сеул. ■

В 15 башнях планируется построить 2590 помещений-ячеек



# Воздействия ветра на высотные здания

Проектирование и строительство высотных зданий в условиях современного большого города, его интенсивной застройки требуют учета такой важной составляющей, как аэродинамика, так как для них влияние наружных климатических воздействий и величины градиентов перемещения потоков массы и энергии внутри и вокруг здания очень значимы.

## ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Действие потока ветра на высотные здания и их реакция (поведение) при этом воздействии зависят от трех факторов:

- свойств (структуры) набегающего потока в месте строительства;
- геометрической формы и динамических характеристик здания;
- взаимодействия между зданием и потоком ветра.

Ветер представляет собой нерегулярное, турбулентное движение воздуха, количественной характеристикой которого является его скорость, достаточно естественно подразделяющаяся на среднюю и пульсационную составляющие.

При проектировании зданий учитываются максимально возможные и достаточно редко повторяющиеся в месте строительства ветры, которые называются расчетными (в России принят 50-летний период повторяемости расчетных скоростей ветра).

Непосредственное воздействие потока ветра на здания пропорционально квадрату скорости и также подразделяется на две составляющие.

Средняя составляющая нагрузки действует статически. Возникающие при этом в элементах сооружения усилия и перемещения определяются с использованием обычных методов строительной механики. Основная особенность средней составляющей скорости ветра – ее увеличение по высоте (рис. 1), что особенно важно учитывать при проектировании высотных зданий.

В городских условиях ветровые потоки формируются за счет обтекания искусственных объектов (зданий, парковых зон и т.п.) и поэтому представляют собой сильно турбулизированное движение воздуха, которое вызывает значительную динамическую реакцию зданий, обычно подразделяющуюся на квази-

статическую и резонансную составляющие (рис. 2). Резонансные колебания возбуждаются на собственных частотах зданий. Как правило, при проектировании высотных зданий достаточно учитывать резонансные колебания по трем нижшим собственным формам: двум изгибным и одной крутильной.

При срыве потока с наветренных кромок здания около его боковых сторон формируются достаточно интенсивные вихревые структуры (рис. 3), в результате чего появляются дополнительные пульсации давления, обусловленные турбулентной структурой набегающего потока.

Кроме того, для «вытянутых» зданий, высота которых на порядок больше их характерных поперечных размеров, эта вихревая структура становится регулярной, т.е. вихри срываются с почти постоянной частотой (так называемая цепочка, или дорожка, вихрей Кармана). В том случае, если частота срыва вихрей близка к одной из собственных изгибных частот здания, возникают его интенсивные поперечные колебания, называемые резонансным вихревым возбуждением.

При взаимодействии вытянутых зданий с потоком воздуха, кроме того, при определенных условиях может появиться эффект взаимной перекачки энергии, который приводит к так называемому отрицательному демпфированию и, как следствие, появлению неустойчивых изгибных (галопирование) или крутильных (дивергенция) колебаний. Появившись, эти колебания продолжают с увеличивающейся амплитудой до разрушения одного или нескольких основных несущих элементов здания.

Необходимо отметить еще одну особенность взаимодействия зданий с набегающим потоком ветра. В условиях плотной городской застройки за счет срыва

При проектировании зданий учитываются максимально возможные и достаточно редко повторяющиеся в месте строительства ветры, которые называются расчетными (в России принят 50-летний период повторяемости расчетных скоростей ветра)

вихрей с поверхности зданий в приземной области формируются порывистые ветровые режимы, которые могут приводить к дискомфорту пешеходов.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ ВЕТРА

Таким образом, при проектировании высотных зданий необходимо учитывать следующие воздействия ветра:

- 1) среднюю и пульсационную составляющие расчетной ветровой нагрузки;
- 2) пиковые значения ветровой нагрузки, действующей на конструктивные элементы ограждения и обусловленной турбулентной структурой набегающего потока и срывом вихрей как с проектируемого здания, так и с ближайших строений;
- 3) резонансное вихревое возбуждение, связанное с регулярным срывом вихрей с поверхности здания;

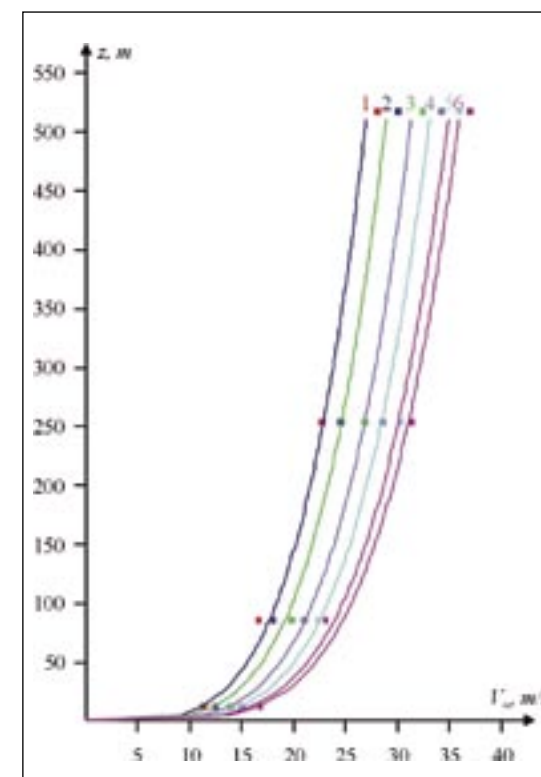
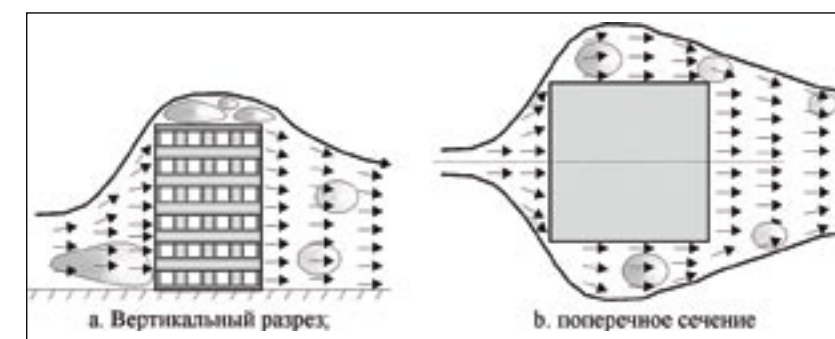
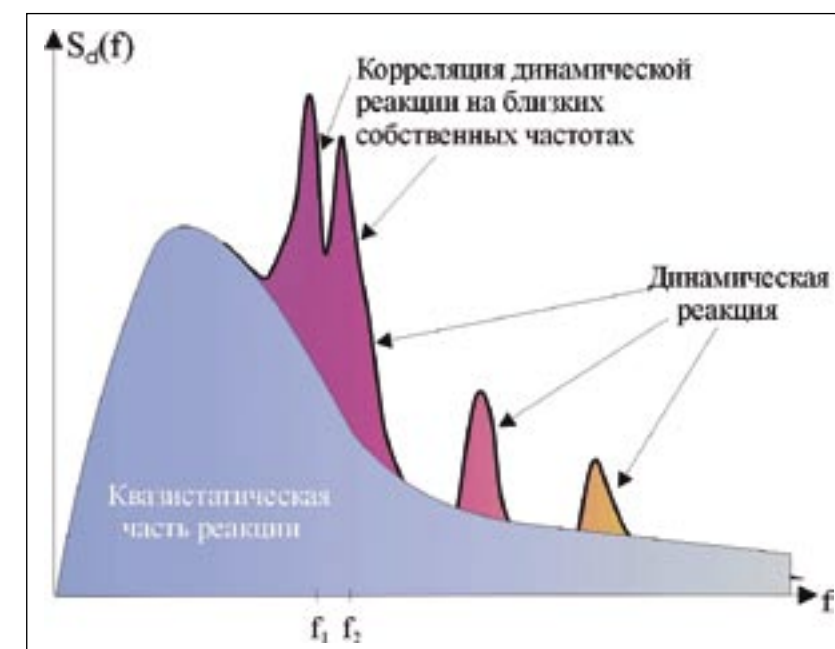


Рис. 1. Профиль средней скорости ветра для различных периодов повторяемости (по данным, полученным на Останкинской телебашне)



- 4) аэродинамические неустойчивые колебания типа галопирования и дивергенции;
- 5) воздействия ветра на пешеходов в зонах, прилегающих к проектируемым зданиям.

Расчетные значения средней и пульсационной составляющих ветровой нагрузки учитываются:

- а) при определении суммарных сил и моментов, передаваемых на основание и фундамент зданий;
- б) при оценке прочности (в том числе и устойчивости) и долговечности их несущих конструкций;
- в) для оценки динамической комфортности пребывания людей в рассматриваемых зданиях (для этого расчетного случая средняя составляющая ветровой нагрузки не учитывается).

Пиковые значения ветровой нагрузки учитываются при проектировании элементов ограждения и узлов их крепления к несущим конструкциям.

При проектировании высотных вытянутых зданий должны использоваться такие конструктивные решения, которые исключают возбуждение аэродинамически неустойчивых колебаний типа галопирования.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК

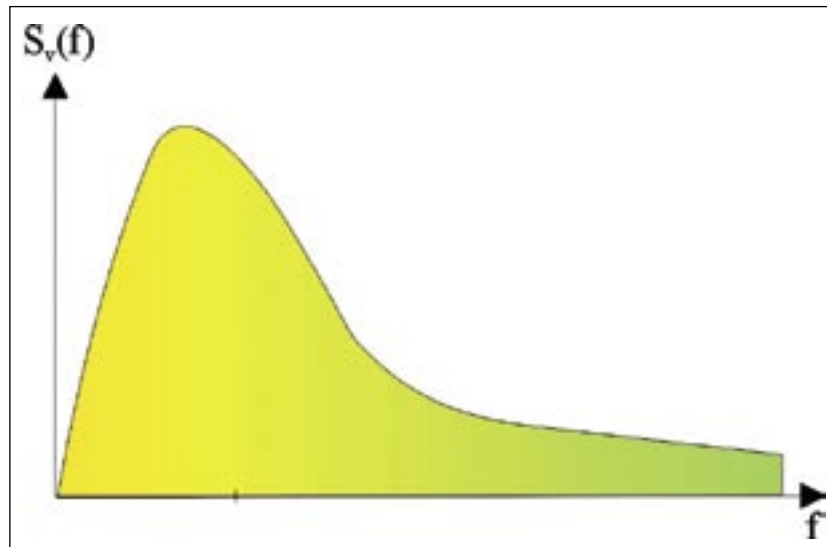
Перечисленные выше воздействия ветра зависят от трех факторов, трех групп параметров.

1. Метеоинформация о скоростях ветра в месте строительства здания. Сюда входят данные о повто-

Рис. 2. Динамическая реакция зданий

Рис. 3. Качественная картина обтекания зданий





**Основная особенность указанных аэродинамических установок – наличие в них длинной рабочей части, что позволяет моделировать структуру реальных ветровых режимов, в том числе изменение средней скорости ветра по высоте, структуру и масштаб турбулентности пульсационной составляющей скорости ветра**

Рис. 4. Спектр скорости ветра

реимости средних скоростей ветра различной интенсивности, их распределении по направлениям и изменении по высоте. Кроме того, для определения динамической реакции зданий необходимо знать спектр пульсаций скорости ветра и их пространственную коррекцию. Обычно подобная информация получается на основе обработки соответствующих данных, регистрируемых на метеостанциях, и в результате специальных высотных измерений (рис. 1 и 4).

2. Динамические характеристики зданий, которые включают в себя собственные частоты и формы, определяемые, как правило, в результате численного расчета, а также демпфирующие свойства зданий, в основном зависящие от материала, из которого изготовлены основные несущие конструкции здания.

3. Аэродинамические параметры, которые характеризуют безразмерные силы и моменты воздействия средней и пульсационной составляющих ветра, а также безразмерные частоты срыва вихрей с боковых поверхностей здания.

Принципиально существуют два способа определения аэродинамических характеристик. Первый из них основан на численном интегрировании определяющих соотношений (уравнений) движения газа (воздуха). Следует отметить, что в силу своей специфики эта задача не может быть решена в точной постановке. В связи с этим для ее решения используются подходы, основанные на эмпирических закономерностях. Очевидно, что полученные таким образом результаты нуждаются в дополнительном обосновании. По-видимому, в настоящее время не существует надежных, обоснованных и апробированных методов численного определения всех вышеперечисленных воздействий ветра на здания.

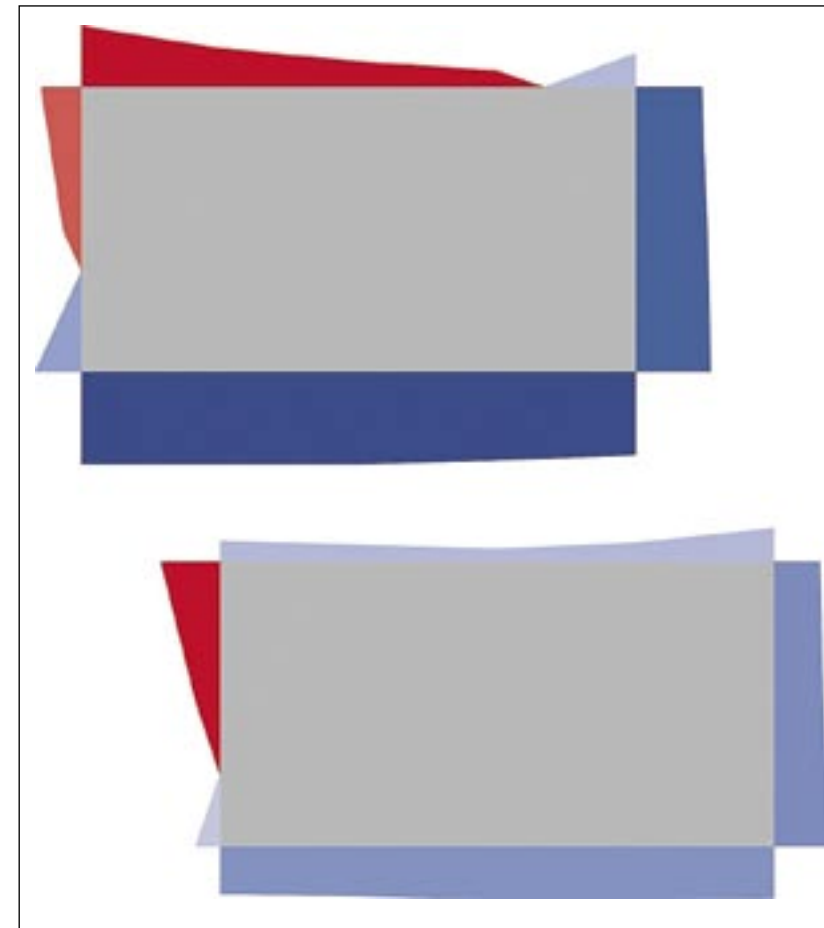
**МОДЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ В АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ТРУБАХ**

Второй и основной способ определения аэродинамических характеристик зданий связан с использованием результатов испытаний их моделей в аэродинамических трубах. При этом, как и при проведении любых модельных исследований, здесь также должны



быть учтены определенные критерии подобия. Одним из них является требование моделирования естественных ветровых потоков и, в частности, вертикального градиента средней скорости и структуры ее пульсационной составляющей. Это условие может быть выполнено при проведении модельных испытаний в трубах метеорологического (геофизического) типа.

Рис. 5. Модели зданий в аэродинамической трубе УНИКОН



Во-вторых, максимальные пиковые значения ветровой нагрузки наблюдаются на нижних этажах здания, а не в их верхней части, если непосредственно пользоваться данными СНиП.

Кроме того, необходимо отметить, что во внутриквартальных и пешеходных зонах существуют участки, в которых не выполняются условия комфортности. На рис. 7 показана качественная картина движения потока воздуха на участке ММДЦ «Москва-Сити», полученная при модельных испытаниях в аэродинамической трубе фирмы УНИКОН. На этом рисунке светлые участки соответствуют значительной турбулентности (порывистости) потока, более темные участки – большой средней скорости. ■

Рис. 6. Один из расчетных вариантов распределения ветровой нагрузки для двух расположенных рядом зданий

Рис. 7. Качественная картина обтекания группы зданий ММДЦ «Москва-Сити»

Основная особенность указанных аэродинамических установок – наличие в них длинной рабочей части, что позволяет моделировать структуру реальных ветровых режимов, в том числе изменение средней скорости ветра по высоте, структуру и масштаб турбулентности пульсационной составляющей скорости ветра. Это связано с тем, что поток в трубах с длинной расчетной частью формируется за счет тех же механизмов, что и ветер в естественных условиях, т.е. в результате взаимодействия с подстилающей поверхностью (полом) трубы и за счет обтекания расположенных на ней препятствий. Меняя размеры и взаимное расположение элементов шероховатости на нижней стенке трубы (рис. 4), можно получать различные градиентные потоки, в том числе и соответствующие местностям типа А, В и С (по классификации СНиП).

На рис. 5 показана подобная аэродинамическая установка фирмы УНИКОН (г. Новосибирск), в которой были проведены испытания большинства (более 20) высотных зданий, проектируемых в г. Москве в последние три-четыре года.

Анализ и обобщение полученных экспериментальных результатов позволяют сделать некоторые общие выводы относительно аэродинамики высотных зданий.

Во-первых, расчетные направления ветра, т.е. направления, при которых реализуются наиболее неблагоприятные варианты нагружения, как правило, не совпадают с нормалью к поверхности зданий (рис. 6). Это обстоятельство, по-видимому, связано с большой «деформацией» ветровых потоков в городских условиях.





# Висячие сады Marina Bay Sands

Береговая линия имеет достаточно ограниченное пространство, поэтому для размещения максимального количества туристов приходится принимать нестандартные решения. Одним из таких решений можно назвать проект The Marina Bay Sands – гостиничный комплекс, который расположится на узкой береговой линии в Сингапуре.



ри 50-этажных здания свяжет между собой единая платформа, на которой разместятся пляжи, бассейны, прогулочная зона, рестораны с видовыми площадками на город и залив, музей искусства и науки с выставочными залами и галереями, единственный в Сингапуре и регионе. Прибрежную зону займут два театра, казино, торговая площадь и открытая набережная с яхт-клубом.

Стоимость проекта составит более 5 млрд. долл., включая стоимость земли и другие капитальные затраты. Общая площадь помещений – 570 тыс. кв. м. Строительство комплекса должно завершиться в 2009 году.

Министр национального развития Сингапура Mah Bow Tan с восхищением заявил: «У проекта есть отличительные черты, которые выделяют его среди других предложенных вариантов. Общая композиция удачно вписывается в окружающую обстановку, архитектура проекта уникальна».

Помощник премьер-министра S. Jayakumar согласился с этим мнением: «Проект значительно укрепит позицию Сингапура в качестве площадки для реализации новых строительных идей».

The Marina Bay Sands – это целый комплекс, где для досуга посетителей построят два театра по 2000 мест в каждом, зону развлечений, площадью 3700 кв. м, здесь можно будет посмотреть фильмы и поиграть. На открытом воздухе разместится площадка для проведения важных общественных мероприятий, способная вместить до 10 тыс. человек.

В состав комплекса войдет музей искусства и науки,





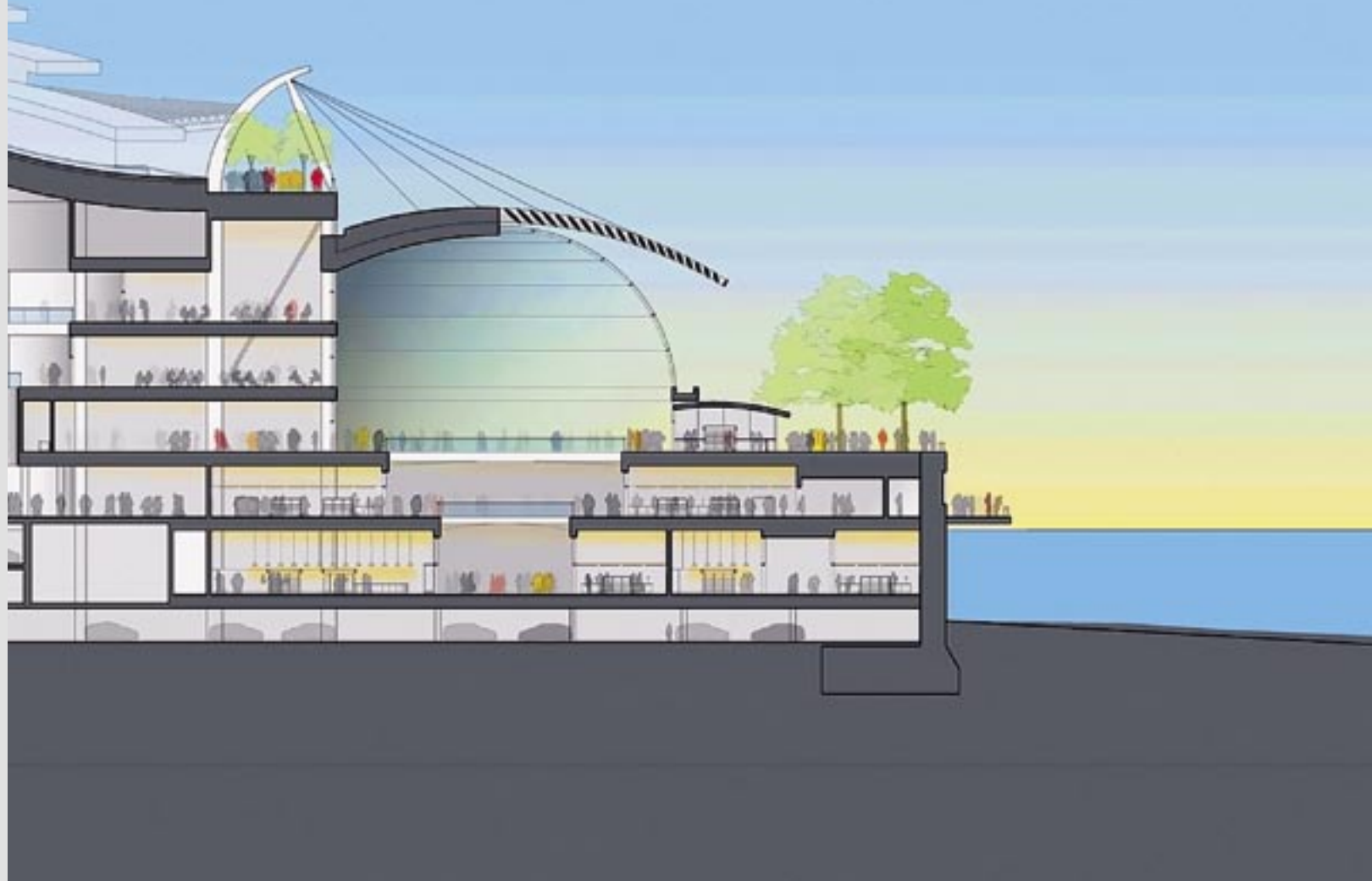


Компания Moshe Safdie начала свою архитектурную деятельность в 1964 году в Монреале с проектирования и осуществления надзора над строительством проекта Habitat'67. Сегодня компания имеет офисы в Бостоне (центральный), Иерусалиме и Торонто. Moshe Safdie and Associates занимается городским планированием, архитектурным и интерьерным дизайном.

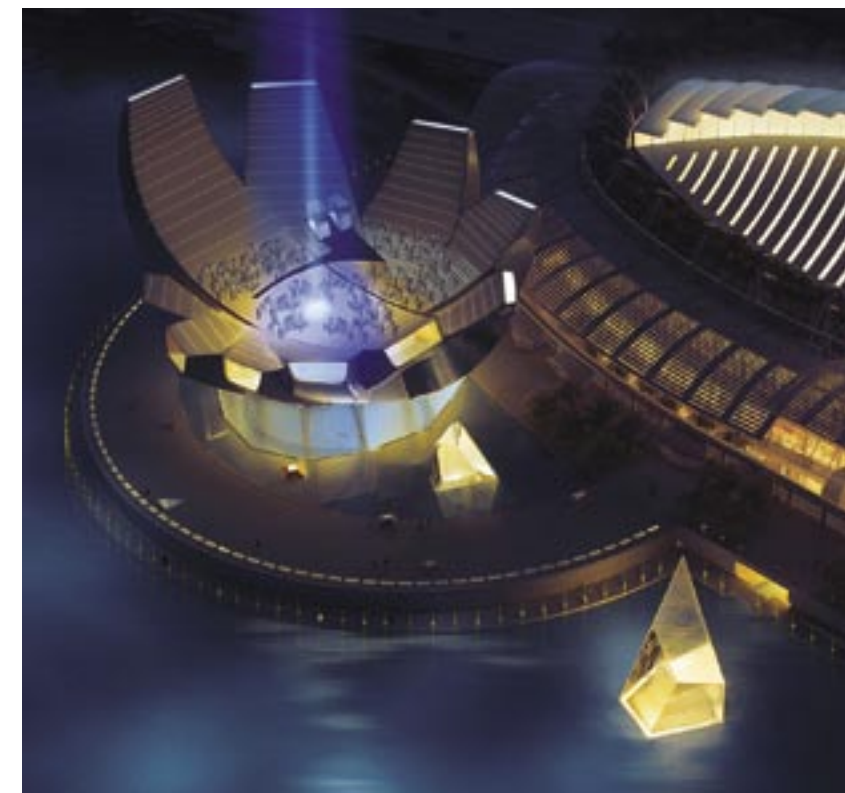


**ОБЩАЯ ПЛОЩАДЬ**

- 110 390 кв. м, куда входят:
  - 41 000 кв. м – **выставочный зал**;
  - 9200 кв. м – **бальный зал** (самый большой в Азии, где могут находиться до 8 тыс. человек);
  - 48 000 кв. м – **комплекс помещений для деловых встреч.**
- ВЕДУЩИЙ АРХИТЕКТОР – Moshe Safdie and Associates**



площадь которого составит 20 500 кв. м. Он предназначен для проведения не только выставок, но и научных изысканий в области искусства, исследований взаимосвязи науки и культуры. В постоянные выставки могут быть включены экспозиции, посвященные многогранной деятельности Леонардо да Винчи. Ночью крыша музея превращается в амфитеатр с расположенными ярусами местами, которые вмещают до 3 тыс. человек. Отсюда открывается прекрасный вид на центр города, здесь же будут проходить ночные шоу света и воды, которые можно увидеть и с прибрежной части комплекса. Музей спроектирован как многоуровневая конструкция: вход находится на уровне улицы, его можно увидеть с моста Marina Bay, соединяющегося с Marina Center и объединяющего все компоненты The Marina Bay Sands. Из холла открывается прекрасный вид на залив и даунтаун, здесь же расположено кафе и стойка администратора. Кроме того, здесь разместится конференц-зал на 800 мест, вокруг которого расположатся помещения для деловых встреч. Крыша будет использована и для сбора дождевой воды, которую потом отведут к расположенному в центре фонтану. Через музей каскадом ниспадает водопад, заканчивающий свой путь в бассейне.





Музей спроектирован как многоуровневая конструкция: вход находится на уровне улицы, его можно увидеть с моста Marina Bay, соединяющегося с Marina Center и объединяющего все компоненты The Marina Bay Sands



Вверху – казино, внизу – территория застройки



Waterfront Promenade (место у береговой линии шириной в 25 м) отведено для прогулок и служит границей береговой зоны, к причалу подходит водное такси, чтобы люди могли переправиться из центра города.

Sky Park (высотный парк) расположен на 50-м этаже, на платформе, соединяющей три здания гостиниц. Его площадь составит 10 тыс. кв. м с бассейнами, беговыми дорожками и террасами. Защищенный от ветра и засаженный деревьями, он становится прекрасным местом для прогулок. С 170-метровой высоты открывается панорамный вид на город, Marina Bay и море.

Магазины на территории Marina Bay занимают 117 100 кв. м площади, они познакомят покупателей с новыми торговыми марками, такими как Saks Fifth Avenue и Neiman Marcus

Рестораны со знаменитыми шеф-поварами, такими как Charlie Trotter, Alfonso Laccarino, Tetsuya Wakuda, Thomas Keller, Pierre Gagnaire или Hiroyuki Hiramatsu, пригласят любителей вкусно поесть.

Предусмотрен доступ к двум «плавучим павильонам» – через подводные тоннели из опущенных секций.

Гостиничный комплекс в общей сложности состоит из трех высотных отелей, где предусмотрено около 2500 комнат, включая 2300 пятизвездочных номеров класса люкс с видом на сад и 100 номеров класса 5+. Ожидаемая общая площадь помещений – 206 900 кв. м. Высотные отели расположены под углом, создавая при этом своеобразный эффект. Возвышающийся застекленный атриум объединяет три отеля.

Отличительными элементами проекта можно счи-



Отличительными элементами проекта можно считать волнообразные формы крыш малоэтажных зданий, высотный парк над башнями-отелями и музей искусства и науки

тать волнообразные формы крыш малоэтажных зданий, высотный парк над башнями-отелями и музей искусства и науки. Сочетание из трех отелей и высотного парка формирует яркий силуэт и эффектный имидж «ворот» в Marina Bay.

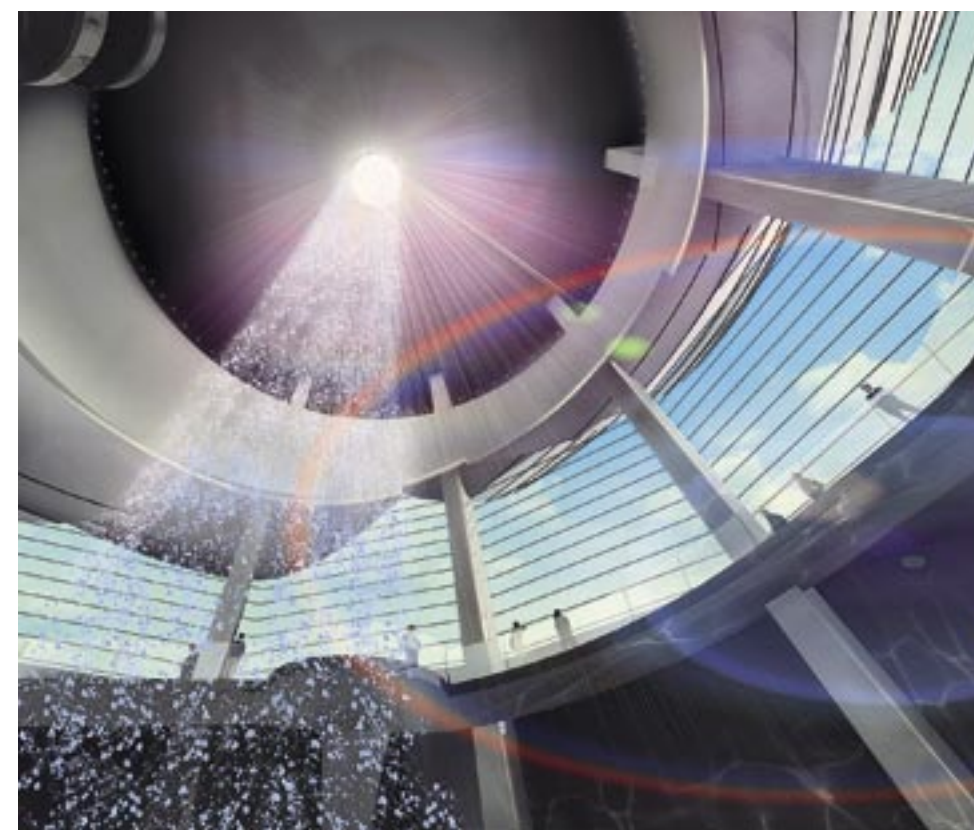
Композиция прекрасно вписывается в местность. Башни-отели как бы отодвинуты от прибрежной части, что позволяет обозревать всю территорию Marina Bay.

Высотный парк площадью в 1 га обладает уникальным дизайном. Он привлечет внимание туристов, предлагая насладиться живописными видами на город, Marina Bay и сады вокруг.

Комплексный план общего расположения и потоки движения пешеходов позволяют людям с легкостью передвигаться по району застройки.

В этом районе много мест для отдыха, таких как, например, зона развлечений (где могут одновременно находиться до 10 тыс. человек), амфитеатр над музеем науки и искусства.

The Marina Bay Sands – это новый тип городского района, который объединяет прибрежную часть с огромным, многоуровневым пассажем, с внутренними и открытыми площадями, с которых открывается живописный вид. Дизайн компании Moshe Safdie и Associates для сингапурского проекта, который должен быть реализован компанией Las Vegas Sands Corp., был выбран Правительством Сингапура. Чтобы построить этот комплекс площадью в 6 млн. кв. футов, бостонская фирма присоединилась к сингапурской Aedas Architect и компании Arup Consulting Engineers, и вместе они составили команду проектировщиков Las Vegas Sands. ■





# РИСК

## благородное дело?

*Риск – действие наудачу в надежде на счастливый исход.*

*Словарь русского языка*

*Направо легла дама, налево туз.*

*– Туз выиграл! – сказал Германн и открыл свою карту.*

*– Дама ваша убита! – сказал ласково Чекалинский.*

*А.С. Пушкин. Пиковая дама*

Журнал «Московские торги» в № 2 и 3 за этот год опубликовал мои статьи, посвященные Закону о техническом регулировании. Последующие встречи с авторами Закона утвердили меня в мысли, что в целом я был прав. Во всяком случае, отраслевой принцип построения нормативов для строительства был А.В. Рубцовым согласован и принят для дальнейшей работы. Но в этих статьях есть две темы, которые не дают мне покоя.

Во-первых, не совсем обоснованно обрушился на всемирно-безопасных академиков, которые предложили рассматривать сложные сооружения как сумму подсистем, в которую вошла бы, как одна из многих, и комплексная безопасность. Написав, что безопасность невозможно отделить от здания, я был прав. Но почему нельзя, расчлняя целое на части, изучать последовательно каждую из них, чтобы затем в заданном порядке восстановить разобранное? Что в этом плохого? Обычная инженерная процедура. Сам не раз занимался подобным. А тут на тебе – налетел.

Во-вторых, всякое здание проектируется, строится и эксплуатируется людьми. Поэтому риск появления ошибок в проекте, брака при строительстве и отказов при эксплуатации неизбежен. Конечно, риск – вероятностная категория. Произнести эти три слова – не Америку открыть. И требовать включения численного выражения риска в закон или в технический регламент, как я написал, мягко говоря, неправильно. Непростое это дело. Но в законе и в подзаконных документах – технических регламентах – должна быть принята, как обязательная, процедура определения проектного и фактического риска после завершения строительства. Причем расчет проектного риска должен быть оформлен как полноценный раздел проекта, а в технических регламентах зафиксирована ссылка на рекомендуемые методы расчета.

В статье «Охота на СНиП» я написал: «Термины: «предел анализа риска», «анализ неопределенности результатов оценки риска», «методы анализа» не полу-

чили в регламенте объяснений и для большинства проектировщиков останутся неопознанными заначенными объектами». И это положение может оставаться беспредельно долгим, пока кто-то не попытается показать, что расчет риска, хотя дело и непростое, но вполне доступное. В 1962 году М. Азимов в книге «Introduction to design» дал наиболее точное, на мой взгляд, определение проектирования: «Принятие решений в условиях неопределенности с тяжелыми последствиями в случае ошибки». Поскольку ошибки неизбежно сопровождают любую человеческую деятельность, то оценить их влияние на безопасность ее продуктов становится задачей первостепенной важности. Но как преодолеть неопределенность и снизить вероятность появления ошибок? Слово «вероятность», употребленное как литературный термин, однако, принадлежит математике. Поэтому в данной статье будет использована адаптация теорем теорий вероятностей и нечетких множеств к оценке безопасности строительных объектов, выполненная А.П. Мельчаковым в работах «Расчет и оценка риска аварий и безопасного ресурса строительных объектов» и «К теории прогнозирования риска аварий объектов строительства».

В мою задачу не входит пересказ теоретических обоснований А.П. Мельчакова. Любопытный читатель сам может обратиться к названным работам. Но чтобы быть понятным, некоторые извлечения из них придется сделать.

Особое место в литературе, посвященной нечеткой логике и размытым множествам, занимает монография Л. Заде «Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений». Она – основа для решения задач о риске.

Смысл нечеткого множества – в математической формализации размытой информации. В основе лежит представление, что элементы, составляющие множество, обладают общим свойством в различной степени. Поэтому каждый элемент требует опреде-

ления «насколько сильно» он принадлежит своему «семейству». Степень принадлежности определяется экспертом и задается действительным числом от 0 до 1. В книге «Расчет и оценка риска аварии и безопасности ресурса строительных объектов» А.П. Мельчаков приводит примерный перечень грубых ошибок проектировщиков и опасных дефектов, допущенных при строительстве. Кроме того, им представлены организационные мероприятия, снижающие возможность фатальных ошибок при проектировании и строительстве. Их невыполнение также оценивается экспертом и причисляется к ошибкам. Понятно, что А.П. Мельчаков ограничился неполным набором всяческих «пакостей» – в развернутой детализации не было особой необходимости. У меня другая задача – используя свой опыт, дополнить перечень А.П. Мельчакова, применить его методику при оценке уникальных зданий и сооружений, т.е. тех, которые в силу своей неповторимости не попадают под положения СНиП. Поэтому необходимо для каждой вновь выявленной ошибки определить степень влияния на безопасность проекта, дать ей лингвистическую оценку «очень – не очень», а затем уже рассчитать ожидаемый риск аварии. Тогда перед читателем будет раскрыто содержание нового раздела «Расчет проектного риска уникального сооружения». Включение его в состав проекта позволит страховым компаниям без сомнений страховать проекты, а затем брать под свою опеку их осуществление.

Более или менее расширенный перечень предпроектных и проектных действий, влияющих на безопасность уникальных зданий и сооружений, приведен в моих работах «Восемь лекций о профессии» и «Еще раз об особенностях проектирования и строительства уникальных сооружений». Им придется воспользоваться.

Теперь я хотел бы привести несколько высказываний А.П. Мельчакова, прокомментировать их, а затем очень кратко изложить основные положения, на которых строится оценка риска аварии. Цитаты из трудов А.П. Мельчакова в тексте выделены курсивом.

*«Излишний запас прочности не компенсирует ошибки людей. Более того, эти ошибки являются доминирующей причиной аварий объектов строительства».*

Абсолютно верное утверждение. Автор Ледового дворца на Ходынке в опубликованном в «МК» интервью сказал, что Дворец построен с 10-кратным запасом. Если это так, то куда смотрела экспертиза? Думаю, что эти слова можно отнести к недостаткам архитектурного образования в стране или приписать их бойкому перу журналиста. Но если в проекте сохранилось бы первоначальное решение, когда опорный сжатый контур разрезался по диаметру в двух местах и на месте разрезов выростали четыре опорных устоя высотой более 30 м, то расход материалов в сооружении увеличился бы на 30–40%, а такой архитектурный фокус по классификации А.П. Мельчакова можно было бы расценить как «опасный дефект» проекта.

*«Необходимым этапом регулирования является прогноз риска аварии объекта еще на стадии его замысла».*

Еще раз абсолютно верно. Очевидно, для любого объекта, а для уникального обязательно, такое иссле-

дование должно быть выполнено в специальном разделе проекта «Определение проектного риска».

А.П. Мельчаков относит «техническое состояние исследуемого объекта к одному из трех возможных: безопасному, аварийному и ветхо-аварийному».

Далее в статье я буду пользоваться другими определениями. Хотя термин «техническое состояние» почему-то общепринят, его по-русски не объяснить. Есть физическое состояние, которое и определяет работоспособность каждого элемента и сооружения в целом. Его оценка называется технической диагностикой. А.П. Мельчаков сам разъясняет, что авария есть полная физическая непригодность объекта. Именно физическая, можно функциональная, но не техническая.

Есть три состояния здания: безопасное, предаварийное и аварийное. Предаварийное – когда в несущем остове, в ограждающих конструкциях есть серьезные повреждения, но здание своей функции не потеряло. А вот аварийное состояние – уже когда функциональное предназначение невыполнимо. Авария – полная потеря работоспособности объекта. У А.П. Мельчакова эти состояния названы по-другому: соответственно безопасное, аварийное и ветхо-аварийное.

*«При аварии объекта размер ущерба зависит от величины внутреннего (объектного) риска аварии».*

То есть от совокупности человеческих ошибок, снизившей уровень конструкционной безопасности сооружений. Далее приводятся две таблицы из публикации А.П. Мельчакова «К теории прогнозирования аварий объектов строительства». Они – главный инструмент в определении проектного риска.

Таблица 1

**СВЯЗЬ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПАРАМЕТРА ТРЕБОВАНИЯ НОРМ С КАТЕГОРИЯМИ ОПАСНОСТИ ДЕФЕКТА**

| Категория опасности дефекта | Лингвистический тест уровня опасности дефекта                    | Значение переменной «очень» | Степень соответствия параметра |
|-----------------------------|--|-----------------------------|--------------------------------|
| 1                           | Отступление параметра от требований НД <b>незначительное</b>     | (очень) <sup>1/2</sup>      | 0,917                          |
| 2                           | Отступление параметра от требований НД <b>существенное</b>       | (очень) <sup>1</sup>        | 0,841                          |
| 3                           | Отступление параметра от требований НД <b>значительное</b>       | (очень) <sup>2</sup>        | 0,707                          |
| 4                           | Отступление параметра от требований НД <b>очень значительное</b> | (очень) <sup>3</sup>        | 0,595                          |
| 5                           | Отступление параметра от требований НД <b>предельное</b>         | (очень) <sup>4</sup>        | 0,500                          |



**Таблица 2**  
**ПРАВИЛО НАЗНАЧЕНИЯ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПАРАМЕТРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КАТЕГОРИИ ОПАСНОСТИ ДЕФЕКТА И ЕГО РАНГА**

| Категория опасности дефекта (ранг дефекта) | Степень соответствия параметра |
|--|--------------------------------|
| 0 (дефекты не обнаружены)                  | 0,973                          |
| 1,1  | 0,945                          |
| 1,2  | 0,917                          |
| 1,3  | 0,891                          |
| 2,1  | 0,866                          |
| 2,2  | 0,841                          |
| 2,3  | 0,797                          |
| 3,1  | 0,752                          |
| 3,2  | 0,707                          |
| 3,3  | 0,669                          |
| 4,1  | 0,632                          |
| 4,2  | 0,595                          |
| 4,3  | 0,564                          |
| 5  | 0,532                          |

А вот, чтобы ими осознанно пользоваться, немного теории.

Фактический риск аварии построенного объекта:

$$R_{\phi} = R_r + R_g$$

где  $R_r$  – теоретический риск или риск проектный;

$R_g$  – дополнительный риск, внесенный в объект.

Есть два противоположных события:  $C$  – нет соответствия нормам и  $C^*$  – соответствие есть.

Пусть  $P(C^*) = v$  – вероятность события  $C^*$ , а  $P(C) = (1 - v)$  – вероятность противоположного события. Соответственно, есть  $R_r$  и  $(1 - R_r)$ . Нужно знать  $R_g$ . Решение дает теорема гипотез (формула Байеса). Из нее соотношение

$$R_g = R_r \cdot P(C/A) / [R_r \cdot P(C/A) + (1 - R_r)P(C - A^*)],$$

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

Можно утверждать, что  $P(C/A^*) = v$ , а  $P(C/A) = 1 - v$ ; то есть утверждается: событие  $C$  обладает свойством  $A$ , а  $C^*$  – свойством  $A^*$  или, если авария не произойдет, реализуется событие  $C^*$ , а если произойдет, то осуществится  $C$ . После подстановки в байесовское соотношение  $R_g = R_r(1 - v)/v$ . Сложение  $R_g$  с  $R_r$  дает  $R_{\phi} = R_r/v$ , а  $v$  отождествляется с конструктивной надежностью объекта.

Поскольку на практике объективно нарушения всегда имеют место, то величина  $R_{\phi}/P_r$  всегда больше 1. Так как эта величина показывает, во сколько раз фактический риск аварии выше проектного значения риска, вносимого по умолчанию в объект при его проектировании, она является интегральным показателем физического состояния несущего каркаса объекта, и, следовательно, может быть принята за величину риска аварии объекта строительства  $r$

$$r = P_{\phi}/P_r = 1/v, \quad (1)$$

$$R = 1/Mv, \quad (2)$$

где  $Mv$  – среднее значение (математическое ожидание) случайной величины  $v$ , численные значения которой находятся в пределах от 0 до 1.

Для определения риска аварии на стадии проектирования нужны еще несколько пояснений.

А.П. Мельчаков представляет любое здание «в виде системы, состоящей из иерархически последовательно соединенных (возведенных)  $n$ -групп однотипных несущих конструкций». Принимается гипотеза, что человеческие ошибки, допущенные в одной из групп, не зависят от ошибок, допущенных в других группах. Такие модель и гипотеза позволяют для оценки уровня надежности  $v$  несущего каркаса объекта применить методы системной теории надежности. В результате:

$$v = Pr, \quad (3)$$

где  $Pr$  – произведение уровней надежности всех  $n$ -групп несущего каркаса объекта.

Из соотношения (2) с учетом формулы (3) следует, что средний риск аварии объекта

$$R = 1/Mv = 1/Pr(Mr). \quad (4)$$

Получив эту формулу, можно перейти к обоснованию риска аварии здания на стадии проектирования. Прогнозировать риск аварии можно по последней формуле, а входящие в нее средние уровни надежности  $Mr$  групп однотипных конструкций... определяются по результатам экспертизы... «проекта и осуществления мероприятий, направленных на уменьшение ошибок в нем».

Оценка уровня опасности, обнаруженных в проекте грубых ошибок выполняется по специальному правилу, сконцентрированному в табл. 1 и 2.

Правило назначения степеней соответствия при выявленных отступлениях (дефектах) конструкций от нормативных требований и рекомендаций обязательного использования может быть построено на основе понятия лингвистической переменной «очень». Для правила введено понятие «категория опасности дефекта» и использована лингвистическая переменная «очень» так, как это показано в таблице 1.

При составлении таблицы использован прием нечеткой логики, состоящий в присвоении значению переменной (очень)<sup>4</sup> низшей числовой оценки степени соответствия, равной 0,5, что позволило получить числовую оценку переменной (очень)<sup>1</sup> и вычислить степень соответствия параметра конструкции при всех категориях опасности дефекта.

Для расширения диапазона устанавливаемых степеней соответствия параметра требованиям норм можно воспользоваться еще одним приемом нечеткой логики, связанным с указанием ранга назначенной категории опасности дефекта.

Вводятся три ранга: 1 – при назначенной категории опасность дефекта может быть ниже («мягкая» оценка категории); ранг 2 – опасность выявленного дефекта в среднем соответствует назначенной категории («средняя» оценка категории); ранг 3 – при назначенной категории опасность дефекта может быть выше («жесткая» оценка категории).

При средней оценке категории опасности дефекта

степень соответствия указана в таблице 1. Для первого и третьего рангов категорий степень соответствия определяется, если диапазон [1; 0,5] разбит между значениями степеней соответствия для второго ранга на два интервала: 1,000; 0,973; 0,945; 0,917; 0,891; 0,866; 0,841; 0,797; 0,752; 0,707; 0,669; 0,632; 0,595; 0,564; 0,532; 0,500.

Отбрасывая, согласно теории размытых множеств, крайние (выделенные) значения диапазона, приходим к правилу, показанному в таблице 2.

Обращаясь к табл. 1 и 2, следует пояснить, что их составляют элементы, входящие в нечеткое множество «надежность». Нечеткое множество «надежный» с модификаторами «очень»<sup>1</sup>, «очень»<sup>2</sup>, «очень»<sup>3</sup> и «очень»<sup>4</sup> входит в нечеткое «родительское» множество «безопасный». В это множество, кроме множества «надежный», элементы которого выражают прочность, устойчивость и жесткость сооружения, входят и другие нечеткие множества, связанные с безопасностью объекта. Нужно привыкнуть к выражению «очень»<sup>4</sup> – надежный в меньшей степени, чем «очень»<sup>1</sup>. Но это не так сложно. Тем не менее, чтобы воспринять нечеткое множество с модификаторами стало привычным, можно перейти от лингвистической переменной «надежный» к «ненадежный», а множество «безопасный» переименовать в «опасный».

Еще одно пояснение. Если численные значения  $v$  находятся в пределах от 0 до 1, то при рассмотрении бесконечного множества объектов закон распределения для  $v$  будет симметричным относительно  $v = 0,5$ . Элемент множества, степень принадлежности которого 0,5, называется точкой перехода. Поэтому в табл. 1 элемент с переменной «очень»<sup>4</sup> служит переходом от соответствия к несоответствию, т.е. к состоянию, когда здания содержат дефекты, угрожающие аварией. Теперь важно понять, как от переменной «очень»<sup>4</sup> = 0,5 перейти к другим показателям табл. 1.

Известная формула из книги Л. Заде «Понятия лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений» для нашего случая получит вид:

$$\left( \frac{\text{очень}^n \dots \text{очень}^1 \text{ненадежный}}{u, \mu} \right) = \int_0^1 \left( 1 + \left( \frac{u - 50}{5} \right)^{-2} \right)^{-n} / \pi;$$

при  $n = 0, 1/2, 1, 2, 3, \dots$ ,

носитель нечеткого множества «ненадежный» – интервал [50, 100], высота множества близка к 1, точка перехода – элемент множества  $u$  со значением принадлежности  $\mu = 0,5$  и равный  $u = 66,625$ ;

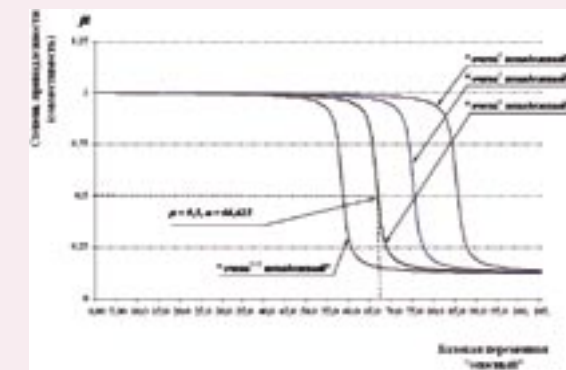
$\int$  – здесь обозначает объединение нечетких одноэлементных множеств  $\mu_A(u)/u$ , тогда

$$\left( \text{очень}^4 \text{ненадежный} \right) = \int_0^1 \left( 1 + \left( \frac{66,625 - 50}{5} \right)^{-2} \right)^{-4} = 0,5,$$

$$\left( \text{очень}^1 \text{ненадежный} \right) = \int_0^1 \left( 1 + \left( \frac{66,625 - 50}{5} \right)^{-2} \right)^{-1} = 0,841,$$

и так далее.

**ПРЕДСТАВИТЬ ЛИНГВИСТИЧЕСКУЮ ПЕРЕМЕННУЮ «НЕНАДЕЖНЫЙ» С МОДИФИКАТОРАМИ «ОЧЕНЬ» МОЖНО НА ГРАФИКЕ.**



Очень интересное следствие получается из графика. Чем большим взят интервал между отдельными событиями в базовой переменной, тем дальше от точки перехода отодвигается численное значение элемента с  $\mu = 0,5$ , тем более размыто множество. И напротив, уменьшение интервала приближает  $u$  к  $\mu$ , что может означать: тщательный анализ множества уменьшает вероятность предельных состояний. Очевидное, но теперь еще и подтвержденное.

Далее. Используя аналог – табл. 2, определим значения степеней несоответствия после точки перехода.

**Таблица 3**

| Позиции | Состояние  | Элемент множества    | Значение |
|---------|--|----------------------|----------|
| 6       | Проект содержит опасный дефект                               | (очень) <sup>5</sup> | 0,422    |
| 7       | Проект содержит несколько опасных дефектов                   | (очень) <sup>6</sup> | 0,355    |
| 8       | Проект содержит дефекты, угрожающие аварией                  | (очень) <sup>7</sup> | 0,299    |
| 9       | Состояние здания по осуществленному проекту будет предельным | (очень) <sup>8</sup> | 0,250    |

Предельное состояние – это значит: малейшее внешнее воздействие – осадки основания, сейсмический или техногенный толчок в 1 или 2 балла по 12-балльной шкале и т.п. – выводит сооружение из строя.

Далее по рекомендациям А.П. Мельчакова:

«При проведении экспертизы эксперту достаточно по лингвистическому тесту (таблица 1) указать категорию опасности выявленного дефекта и установить его ранг, а степень соответствия параметра конструкции требованиям норм автоматически определяется по приведенному в таблице 2 правилу с ошибкой, не превышающей примыкающих интервалов, поскольку выход за них практически невозможен».

Теперь очередь за перечнем проектных дефектов и мероприятий, влияющих на уменьшение ошибок в проекте, и также их оценкой.

Особенно они важны при анализе проектов уникальных сооружений. Как правило, их проектируют так же, как обычные, что уже изначально провоцирует появление ошибок. ■

Окончание следует

<sup>1</sup>Ветхость – старение во времени, и при определении проектного риска для строящихся объектов неприменимо.  
<sup>2</sup>НД – надежность



# Многоступенчатый анализ

Современный мир меняется стремительно. То, что вчера было новинкой, завтра становится обыденностью. Особенно актуально это для такой наукоемкой и технологичной отрасли, как строительство высотных зданий, возведение которых требует учитывать последние достижения науки и техники и одновременно является хорошим стимулом для развития научно-технического прогресса. О новых технологиях и материалах, применяемых при возведении комплекса башен «Федерация», рассказывает заместитель председателя правления корпорации Mirax Group Артур Александров.

**С**троительство высотного комплекса «Федерация» – для нас очень интересный опыт, мы многому учимся в процессе работы, привлекаем наиболее прогрессивные технологии и Запада, и Востока, решаем возникающие задачи силами отечественных специалистов. При возведении комплекса башен «Федерация» впервые успешно применяется бетон класса В90, это первый опыт такого масштабного использования бетона столь высокого класса. Даже при строительстве самой высокой башни Burj Dubai применялся бетон класса В80. Использование этой марки бетона дает нам преимущества девелоперского характера, оно уменьшает площадь вертикальной конструкции на 12%, т.е. колонны в нижних этажах имеют размеры 2х3,6 м вместо 2х4 м, что позволяет получить свободные площади. А это, как вы понимаете, дополнительные прибыли, ведь цена за квадратные метры превышает стоимость конструкций. Материал ведет себя отлично, что подтверждается постоянным мониторингом как состояния бетона в конструкциях, так и производства работ.

С точки зрения технологии был очень интересный опыт непрерывной заливки массивных бетонных плит, который применялся в России впервые. Обычно массивные сооружения заливались захватками. Высота нашей плиты составляет 3,5–4 м. Под башней «Запад» объем единовременной заливки составил 9,5 тыс. кубов, под башней «Восток» – 14 тыс. кубов. Было решено провести непрерывную заливку, что очень сложно в первую очередь с точки зрения логистики, ведь ни один завод не может произвести и поставить такое количество бетона. Для реализации процесса была создана специальная группа логистики, в производстве и поставке бетона участвовало шесть заводов. Чтобы избежать малейших нестыковок в составе бетона, была заказана единая партия всех

компонентов бетонной смеси, составлен жесткий график поставок материалов на бетонные заводы и бетона на стройку, достигнуто соглашение с милицией по его транспортировке на стройплощадку, проработан вопрос с подрядчиком по логистике укладки бетона. Существенной деталью стал регламент укладки бетона, разработанный лабораторией НИИЖБ под руководством С.С. Каприелова. Еще одним важным фактором является интенсивность укладки бетона. Нарушать эти параметры опасно – при снижении интенсивности укладки в бетоне могут образоваться холодные швы, при ее увеличении возможен разрыв опалубки. Цемент должен быть с особым содержанием клинкера и активностью. Основные сложности – обеспечение контроля и управление температурой при гидратации бетона конструкции, при этом необходимо не допустить образования трещин. Некоторое сомнение при устройстве плиты вызвало и наличие свай под плитой, которые не могут перемещаться по горизонтали. Жестко связанная с ними плита имеет свойство перемещаться вследствие температурных колебаний при гидратации. То есть набор прочности до 85°, затем остывание до 4° создают серьезные перемещения конструкции, и мы были обеспокоены взаимодействием плиты со сваями. Однако коллективом ученых под руководством С.С. Каприелова (НИИЖБ) и Н.И. Карпенко (НИИСФ) и при участии главного конструктора Сити В.И. Травуша был разработан регламент работ, что и помогло решить эту непростую задачу. При выборе технологии заливки плит учитывался существующий опыт устройства гидросооружений и опыт заливки плит Burj Dubai и Финансового центра в Шанхае.

Кроме всего прочего, серьезную сложность представляла концепция работы с грунтами. Первоначально предполагалось разместить здание на плите, но расчеты прогнозировали осадки в 15–18 см, которые близки



**Использование этой марки бетона дает нам преимущества девелоперского характера, оно уменьшает площадь вертикальной конструкции на 12%, т.е. колонны в нижних этажах имеют размеры 2х3,6 м вместо 2х4 м, что позволяет получить дополнительные площади**

дование фильтрационных характеристик известняков, которые подтвердились на практике. Откровенно говоря, мы не сразу поняли суть и важность этой работы, но опыт показал, что сваи с инъекциями обладают большей несущей способностью. Сейчас данный метод применяется на объекте «Миракс-Плаза»; с нашей точки зрения, такая технология очень эффективна. В Москве этот немецкий опыт не используется, он необязателен, но в нашей компании считают, что небольшие затраты на устройство инъекций компенсируются повышением надежности здания.

**При строительстве комплекса используются интересные и уникальные конструктивные решения, одно из них – навершие башни «Запад». Это уникальная металлическая пространственная конструкция, очень ажурная и, на наш взгляд, красивая, которая состоит из параболических балок двойной кривизны**



Заливка бетона



к критичным, и в случае возникновения крена спасти сооружение было бы невозможно. Основной фактор, влияющий на осадки здания, – наличие прослойки воскресенских глин между достаточно мощными слоями известняка. Вследствие техногенного воздействия человека эти глины начинают разуплотняться. Исключить проникновение воды в грунты невозможно, она фильтруется по боковым поверхностям стен в грунте, свай, изыскательских скважин... и замачивание глин неизбежно. Наше здание должно простоять не одну сотню лет, и нужно, чтобы сооружение было стабильным, поэтому был поставлен вопрос о его пересадке на сваи. Научно-технический совет, в котором приняли участие ведущие специалисты из разных стран мира, однозначного ответа не дал. Президент компании Mirax Group Сергей Полонский на свой страх и риск пошел на удорожание конструкции и принял решение выполнять фундамент на сваях. Последние изыскания подтвердили наши опасения – грунт разуплотняется, значит решение принято правильно.

Для улучшения сцепления сваи с основанием и повышения ее несущей способности проводилось инъектирование пространства между телом сваи и грунтом. Для этого через трубки, расположенные в сваях, нагнетается цементный раствор для заполнения пор и пустот в прилегающих массивах грунта. Это касается именно известняков, связанные грунты инъектировать бессмысленно. Опыт показал, что это очень эффективно, а по расходу цемента можно определить степень пористости известняков, насколько они восприимчивы к такому роду фильтрации. Перед началом производства работ было проведено исследование

Мы провели, по-моему впервые в Москве, очень важное исследование сжимаемой толщи. Грунты были просканированы от подошвы фундамента на 80–85 м. Все результаты исследования получили подтверждение в процессе работы и при повторных изысканиях.

Наша компания завершает исследовательскую программу «работа стыковых арматурных соединений в теле бетона». В России на данный момент применяются стыковые соединения арматуры двух видов – фиксирующего характера (обжимные фиксаторы на болтах) и обжимные фиксаторы прессового типа, т.е. арматура вставляется в трубу большего диаметра и потом обжимается специальными клещами. Технологичность данного стыка крайне низкая, теряется большое количество времени на производство работ, поэтому было принято решение использовать муфты для стыковых соединений. Они очень технологичны, удобны, позволяют уйти от перехлестов, которые для вертикальных конструкций составляют 55–60 диаметров. При высоте этажа 4 м расточительно терять на перехлест 2 м, к тому же здание получается переармированным в 1,5 раза. При выборе соединений был проведен тендер инженерных решений, так как стыки имеют свои особенности при работе конструкции. В основном это восприятие знакопеременной нагрузки в динамическом режиме, т.е. стык проверяется на многократное сжатие-растяжение. Сначала были проведены исследования только муфтовых соединений, а сейчас запланирована целая программа – проверить работу стыковых соединений в теле бетона. Отливаются специальные балки с муфтовыми соединениями в разнонагруженных сечениях изгибаемых элементов, для того чтобы проверить их в разных режимах работы с бетоном. Ведь в реальном здании арматура работает вместе с бетоном.

На зданиях комплекса башен устанавливается полуструктурный элементированный фасад. Отличие заключается в том, что обычно стекло крепится к фасаду прижимной планкой, на которой скапливается снег, наледь, что в конечном счете приводит к появлению протечек. Это создает дополнительные трудности в нашей климатической зоне. В полуструктурном фасаде прижимной планки нет, стекло сделано вровень с несущими элементами, что создает иллюзию гладкого, почти зеркального фасада и дает дополнительные плюсы и с точки зрения архитектурной выразительности и эксплуатации.





**При строительстве высотного объекта появилась необходимость использования шагающих кранов, пока на наших площадках установлены легкие краны для бетонных работ, но скоро появятся и тяжелые краны для металлоконструкций с грузоподъемностью на максимальном вылете 15 тонн**

Фасад сделан в Китае, и, несмотря на стойкое предубеждение ко всему китайскому, очень качественно. Наши эксперты совместно с НИИСФ провели тепловизионные исследования готового фасада. Результаты положительные и сомнений не вызывают. Параллельно НИИ СФ независимую проверку теплофизических свойств фасада и качества стыков, монтажа и элементов фасада по многим позициям проводит компания Thornton Tomasetti Group, у которой тоже нет претензий к качеству.

Интересен опыт применения самоподъемной опалубки для вертикальных конструкций, которую использовал китайский подрядчик на башне «Восток». На башне «Запад» подобная опалубка применялась только при устройстве центрального ядра, здесь же китайские специалисты используют ее для колонн, что существенно сокращает затраты кранового времени и повышает скорость и технологичность работ. Для нас это новшество. В России самоподъемной опалубкой для возведения колонн никто не пользуется.

При строительстве высотного объекта появилась необходимость использования шагающих кранов, пока на наших площадках установлены легкие краны для бетонных работ, но скоро появятся и тяжелые краны для металлоконструкций с грузоподъемностью на максимальном вылете 15 тонн. На данный момент нашей компанией выбраны краны «Liebherr 355» и дизельный «Favko 600». В процессе работы будет проведен сравнительный анализ, накоплена статистика отказов и только после этого сделан окончательный выбор для будущих объектов. В мировой практике чаще используется «Favko», однако в нашей стране эта компания имеет только представительство, нет центров обслуживания и эксплуатации, не проработана логистика поставки запасных частей. Правда, по мнению поставщика, все эти неудобства компенсируются существенным запасом надежности кранов в работе.

В строительстве комплекса «Федерация» задействованы и самые мощные в мире насосы для перекачки бетона. Исходя из мирового опыта использования насосов, мы сделали выбор в пользу марки Schwing, хорошо зарекомендовавшей себя в работе со сложными бетонами. Процесс перекачки ведется в один ярус, однако для башни «Восток», возможно, будет использована двойная перекачка, в два яруса.

При строительстве комплекса используются интересные и уникальные конструктивные решения, одно из них – наверху башни «Запад». Это уникальная металлическая пространственная конструкция, очень ажурная и, на наш взгляд, красивая, которая состоит



из параболических балок двойной кривизны. Парабола в двух плоскостях – непростая задача для изготовителя, но это решение позволяет создать хороший визуальный эффект. Красота – один из основных критериев, определяющих подходы корпорации Mirax Group к выбору проектных решений. Учитывая особую аэродинамическую ситуацию, для крепления металлоконструкций наверху здания были изготовлены уникальные шарниры, специально для этого сооружения. Благодаря использованию уникальных шарниров удалось избежать возникновения концентраторов напряжений в узлах креплений, что позволит выдержать любую ветровую нагрузку.

Уникальным инженерным сооружением смело можно назвать индивидуальные мосты-переходы, соединяющие две башни. Они жестко присоединены к башне «Восток» и при этом удерживают в вертикальном положении мачту панорамных лифтов, передавая на скользящих опорах вертикальную нагрузку башне «Запад». Очень сложное, интересное и своеобразно работающее сооружение, ведь колебания, возникающие в мостах-переходах, достигают 70 см относительно башни, а вес моста порядка 2 тыс. тонн. Сейчас ведется разработка компенсаторов для этих мостов.

Не менее сложным объектом является мачта панорамных лифтов. Рассматривалось несколько вариантов ее компоновки и конструкции. От мачты из сквозной металлической решетки пришлось отка-



заться, так как в наших климатических условиях лифты наружного расположения на такой высоте работать не смогут. Невозможно будет исключить выпадения конденсата и возникновение наледи, значит есть потребность в защите конструкции, т.е. необходимо устройство фасада. Но тогда возникает проблема ветровых нагрузок, что заставляет делать конструкцию жесткой. Поэтому было принято решение о создании сплошной бетонной оболочки до отметки 240 м. С этой отметки лифты, собственно, и становятся панорамными. То есть до данной отметки это будет жесткая бетонная труба, а выше – сквозная пространственная решетка с ограждением из стекла. Скорость лифтов составит 9–10 м/с.

В мачте панорамных лифтов будут ходить лифты, разработанные по индивидуальному проекту специально для этого объекта.

Очень интересное решение с точки зрения инженерии было принято по вертикальному транспорту башен. Не секрет, что мы используем схему деления здания на зоны. Это не новость в мире, хотя и не практикуется в России. На комплексе «Федерация» мы используем лифты системы TWIN, что практически нигде еще не применяется, если не считать штаб-квартиру ThyssenKrupp. Различие же заключается в том, что мы используем группы лифтов по четыре-семь заблокированных машин. Это позволяет комплексно решить проблемы вертикального транспорта и накопить статистику функционирования оборудования, провести исследования эффективности его работы. В одной шахте находятся сразу две кабины, перемещающиеся независимо друг от друга, одна над другой. Движением управляет компьютер. Комплекс «Федерация» – практически первое высотное здание в мире, где будет применена эта схема.

В нашем комплексе предусмотрены аутригерные этажи, и хотя их в России уже начала делать ENKA, отличия все же существенные. Здание, возводимое ENKA, легкое, и потому аутригеры ажурны. Нам же придется использовать максимальное сечение прокатных профилей, вес каждого этажа более 2 тыс. тонн. Работы должны начаться в июне этого года, это очень сложный технологический процесс с совме-

**Перед началом производства работ было проведено исследование фильтрационных характеристик известняков, которые подтвердились на практике. Откровенно говоря, мы не сразу поняли суть и важность этой работы, но опыт показал, что сваи с инъекциями обладают большей несущей способностью**



щением металлоконструкций и бетонного каркаса, такого в России еще не делалось, так что мы будем первопроходцами.

Интересной деталью комплекса является атриумное пространство, объединяющее 11 этажей (четыре подземных и семь наземных). Атриум расположится от лобби бал-залов до зенитного фонаря в линзе и, с нашей точки зрения, создаст хороший визуальный эффект, раскрыв башню панорамных лифтов, которая пройдет сквозь все атриумное пространство.

Компания Mirax Group всегда с интересом относится к новинкам в области технологий строительства и материалов, однако использование их не является для нас самоцелью, все они проходят через многоступенчатый анализ, так как главный критерий – это все же надежность сооружения. ■



# Телебашня Гуанчжоу

# Guangzhou

Муниципальные власти Гуанчжоу, города, в котором планируется проведение Олимпийских игр 2010 года, начали работу над проектом самого высокого здания в мире, которым должна стать телевизионная башня: ее высота достигнет 610 м. Планируется, что она сможет принимать ежедневно до 10 тыс. человек.

**М**еждународный тендер по проекту разработки дизайна башни и прилегающего парка площадью 17,9 га, а также подготовке генплана застройки окружающей территории – 56,6 га (на ней планируется построить комплекс-плазу, парковую, торговую и офисную зоны, телевизионный центр и отель) выиграли компании Information Based Architecture (IBA) и Arup в 2004 году. Проектом предусмотрено строительство 610-метровой винтообразной башни, сужающейся кверху.

Марк Хэмел, архитектор и директор из IBA, говорит: «Мы стремились разработать проект башни свободной архитектуры, которая как реальный человек обладала бы индивидуальностью. Мы хотели расположить

ее таким образом, чтобы с разных точек вид сооружения был иным. Свободная, простая геометрическая форма башни основана на концепции поворота верхних ярусов здания по отношению к нижним. В результате получается башня винтообразной формы с зауженной средней частью – «талией».

Внутри башня разделена на несколько зон различного функционального назначения, включая средства ТВ и радиосвязи, смотровые площадки, вращающиеся рестораны, залы для компьютерных игр, выставочные площади, конференц-залы, рестораны, торговые помещения и кинотеатры 4D.

Основное внимание при разработке проекта уделялось физическому восприятию башни потенциальными посетителями и внешнему облику здания.

В средней части здания находится 180-метровой длины открытый переход, с которого посетители могут рассмотреть конструкцию башни в средней ее части, находясь вблизи. Геометрическая форма, объем и сама структура здания сформированы двумя эллипсами, один из которых находится на уровне основания, а другой на уровне воображаемой горизонтальной плоскости, расположенной немного выше уровня 450 м над землей. Затяжка, возникающая в результате кручения, создает своеобразную суженную часть – «талию» здания и вызывает уплотнение материала. Это означает, что решетчатая структура, пористая и вместительная внизу, уплотняется по мере приближения к «талию». Сама же талия становится плотной, как перекрученный канат, т.е. просматри-





**Архитектор:** Information Based Architecture  
**Спроектировано:** Mark Hemel и Barbara Kuit  
**Конструкции:** Arup  
**Местный институт проектирования:** Guangzhou Design Institute



ваемость помещений снижается, как и возможность обзора из здания. Кверху от суженной части каркас вновь становится открытым, что подчеркивается сужением трубчатых колонн.

Проект предусматривает устройство садов непосредственно в здании. Кроме того, на высоте 450 м планируется установить смотровую площадку, с которой можно будет насладиться великолепным видом города.

В пространственном отношении башня представляет собой ряд «подвешенных» внутри главного сооружения мини-зданий. Таким образом достигается визуальный эффект мегапространств между этими зданиями, в которых организованы висячие сады, причем у каждого сада имеется индивидуальное световое оформление. Так, для средних ярусов здания характерна затененность, а для нижних – прозрачность, световая насыщенность и открытость.

Плита в основании скрывает просторные функциональные отсеки здания. Все соединения с городской инфраструктурой – выходы к метро и автобусным остановкам, пешеходный проход к северной набережной – расположены под землей. На этом же этаже размещаются другие функциональные зоны – музей, ресторанный дворик, обширная торговая зона, парковочная площадка для легковых автомобилей и туристических автобусов на 600 мест. Входы в здание расположены на двух уровнях: один, наземный, является продолжением ландшафта, другой соединен с остановками общественного транспорта и подземными стоянками. Лифты – панорамный (низкоскоростной) и высокоскоростной закрытый двухъярусный – обслуживают оба уровня входов.

Средняя зона – с 80 м и до 170 м – включает кинотеатр 4D, игровой зал, рестораны, кафе, открытые сады с чайными павильонами.

Открытая лестница и переход начинаются на уровне 170 м и винтообразно поднимаются почти на 200 м вверх через весь суженный участок средней части здания.

Компания Information Based Architecture (IBA) была организована в 1998 году в Лондоне и образовалась из партнерства между архитекторами Марком Хэмелом и Барбарой Кьюит. Оба специализировались в области архитектуры, градостроительства и проектирования. В 2002 году они попали в список претендентов на получение ежегодной премии, присуждаемой в Великобритании молодым архитекторам. В 2002 и 2003 годах Фонд изобразительных искусств, дизайна и архитектуры Нидерландов предоставил архитекторам грант на проведение исследований в области архитектуры.

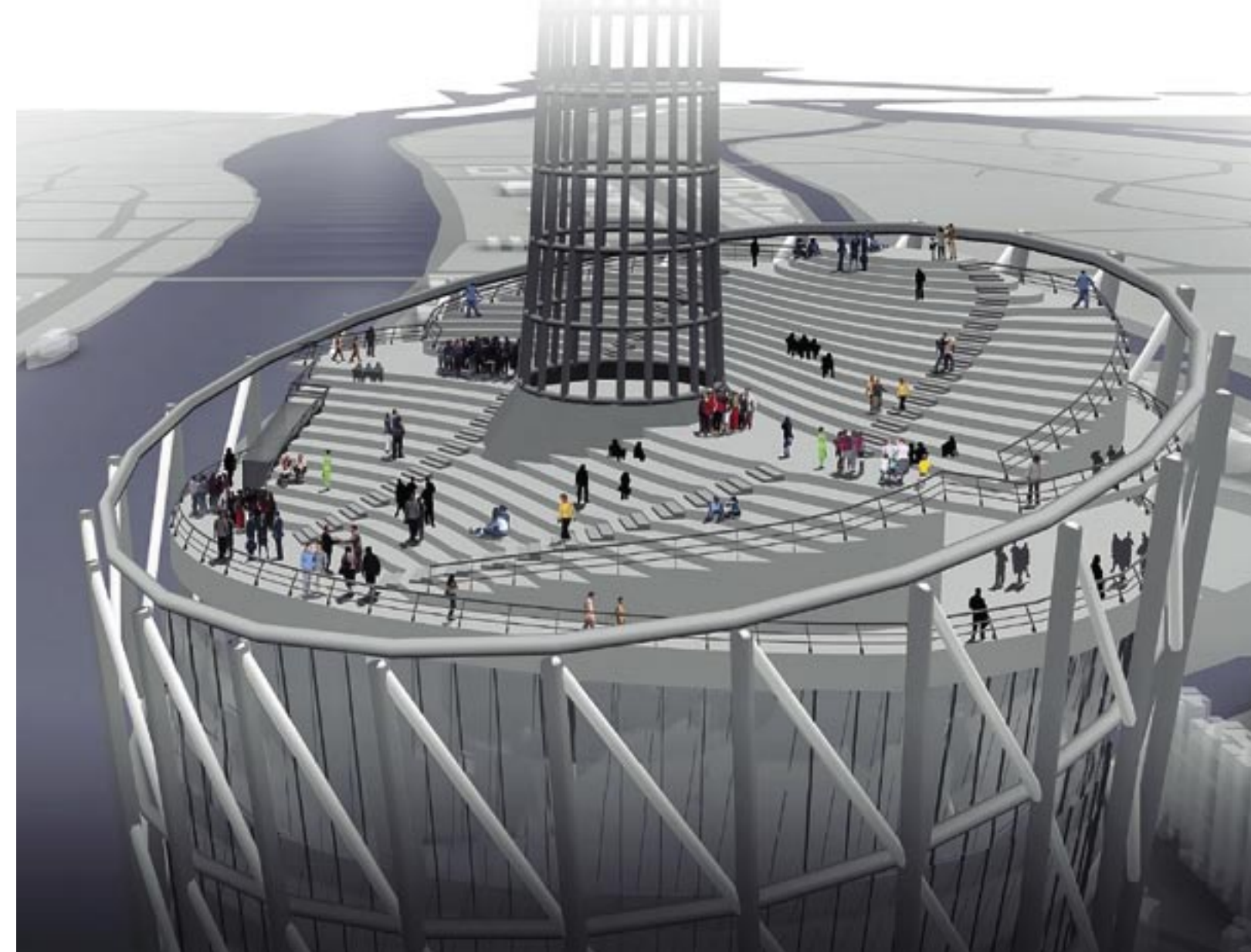
Сейчас компания IBA имеет офисы в Амстердаме и Нидерландах и продолжает работать над крупными и мелкими проектами в Азии и Европе. Эти проекты включают разработку генеральных планов градостроительства, оценку городской среды с точки зрения возможного строительства, архитектурные проекты, планировку ландшафта и дизайн мебели.

С 1999 года и по настоящее время Марк Хэмел – один из ведущих преподавателей Ассоциации архитекторов Великобритании. Барбара Кьюит работала над проектом Philippe Starck в Лондоне, участвовала в проектировании отелей Sanderson and St Martin's Lane. Несколько лет она проработала в офисе Zaha Hadid, где вела работу над многими известными проектами, среди которых можно отметить проект «Mind Zone» («Зона разума») – часть выставочного комплекса Millennium Dome, центр современного искусства в Риме и научный центр в Вольсбурге.

Верхняя часть здания начинается над лестницей и включает в себя различные технические помещения, двухэтажный вращающийся ресторан, виброгаситель и верхние ярусы обзора. С верхних ярусов обзора, поднявшись по лестнице, можно попасть на видовую площадку террасного типа, расположенную высоко над шумным Гуанчжоу.

После тендера проект дорабатывался. Были проведены аэродинамические испытания, противопожарные тесты, а также тесты на предельную нагрузку. В ноябре 2005 года состоялась церемония, посвященная началу строительных работ, после чего была начата закладка фундамента и забивка свай (24x4 м диаметром).

Первая очередь работ по возведению наземных металлоконструкций уже завершена. Предполагаемая дата окончания строительства – конец 2009 года. Если удастся завершить проект к этому сроку, здание можно будет полностью сдать в эксплуатацию к началу Олимпийских игр 2010 года. ■





# ДЕСЯТКА лидеров

**С**амо название журнала «Высотные здания» позволяет сделать вывод о масштабах поднимаемых вопросов. То есть употребляемое вместе со словом «здания», вызывающим ассоциации с материалами и всей областью их применения, прилагательное «высотные» создает эффект величия. В отличие от более распространенного и чисто урбанистического восприятия этого прилагательного в исследованиях Archigram, Superstudio или Constant Nieuwenhuys в 1960-х годах или более ограниченного, однако уже не настолько урбанистического восприятия в работах Рема Кулхааса (например, публикации «Delirious» 1978 года и работах, вышедших позднее, в 1990-х годах, посвященных вопросу «величины» и «высоты»), слово «высотные», когда оно относится к зданиям, лишается нематериальной, невещественной оболочки, налагаемой культурой, обществом или политической ситуацией, и представляет собой исключительно триединство вертикальных, поперечных и финансовых сил. Безусловно, и гравитация, и поперечные нагрузки проявят себя, они должны учитываться при разработке проекта, да и физически они могут быть восприняты. Однако фактически время между разработкой проекта высотного здания и реализацией этой «высотности» можно назвать, как сказал бы Марсель Пруст, «le temps perdu» (пустой тратой времени), так как силы, действующие вне физики, начинают двигаться в другом направлении, они смещаются или же их действие приостанавливается под влиянием сил, которые противятся физическому восприятию. Таким образом, можно сказать, что «высотность» олицетворяет то, что Питер Эйзенман и другие авторы считали неотрывной от архитектуры «метафизикой присутствия», в то время как высотные здания – всего лишь пример человеческих усилий, когда количество само по себе заявляет о качестве. Вне зависимости от того, является ли сооружение самым высоким в определенной местности или же во всем мире, высотное строительство неизменно вызывает вопросы: как строить, сколько будет сто-

ить строительство, почему и для чего? Когда речь идет о возведении высотного комплекса, достигающего мифической высоты 541 м, на месте бывшего Международного торгового центра в Нью-Йорке, ответы на эти вопросы найти легко. В более общем смысле бум высотного строительства в Азии и ОАЭ вскоре настолько изменит мировой пейзаж высотной застройки, что для того, чтобы понять, как строить и сколько это будет стоить, необходимо привести краткий обзор по десяти самым высоким сооружениям в мире. Такой обзор поможет читателю оценить перспективы дальнейшего строительства небоскребов, зданий, которые достигнут невиданных высот, и более четко определить период замораживания или изменения направленности поля действия.

Цель данной статьи – описать специфические инновационные решения в области строительства и проектирования, которые позволили этим 10 зданиям успешно противостоять триединству упомянутых сил (гравитация, боковые и финансовые нагрузки) и достичь своих, в буквальном смысле рекордных, высот. Не случайно восемь зданий из 10 находятся в Азии, а два в Америке. Удивительно то, что одно из 10 зданий было построено довольно давно – в 1931 году. То, что строительство нескольких было завершено лишь в течение последнего десятилетия, наоборот, не вызывает удивления, возведение большей части из них стало возможно лишь при условии применения новейших материалов и лишь по завершении детального расчета. При строительстве только нескольких из них были использованы исключительно металлоконструкции, при возведении же остальных применялось сочетание металлоконструкций и бетона, в особенности когда проект осуществлялся в зонах повышенной сейсмической активности или районах, где часто случаются ураганы. (Эти здания были первыми сооружениями, для которых возводились так называемые «суперколонны» или «мегаколонны».) Интересно отметить, что некоторые из зданий-рекордсменов по высоте побеждают с весьма небольшим отрывом от соперников (напрашивается аналогия с Олимпийскими



Башня Taipei 101





«Высотность» олицетворяет то, что Питер Эйзенман и другие авторы считали неотрывной от архитектуры «метафизикой присутствия», в то время как высотные здания – всего лишь пример человеческих усилий, когда количество само по себе заявляет о качестве

играми). Иногда разница не превышает 6 м. В 1996 году, когда устройство антенн, шпилей и всякого рода кровельных украшений (увеличивающих номинальную высоту сооружения) достигло широкого применения, Совет по высотному строительству и городской среде обитания (СТВУН) был вынужден пересмотреть шкалу критериев, согласно которой определялся ежегодно публикуемый список самых высоких зданий, чтобы удовлетворить претензии застройщиков, которые осуществляли возведение небоскребов, оспаривающих титул самого высокого здания в мире без ущерба для зданий, лишь немногим уступающих победителям. В настоящий момент список также включает сведения о том, в каком здании жилой этаж расположен на самой большой высоте от земли, какова высота до крыши, до архитектурной вершины и общая высота до верхней точки. Однако, оставив в стороне все эти нюансы, небоскребы, которые будут построены и станут претендовать на звание самых высоких сооружений, должны отличаться такой высотой, чтобы даже без учета всех этих изысков их победа не вызвала сомнений. Конечно, в том случае, если построят здание, высота которого превысит размеры рекордсмена на 50%, т.е. высоту небоскреба Burj Dubai, удерживающего непревзойденный на сегодняшний день рекорд (800 м), в такой детализации не будет необходимости, так как победа станет очевидной. Не вызывает сомнения и то, что пройдет совсем немного времени и картина высотного строительства изменится настолько, что придется переделывать списки СТВУН. Не исключено также, что понадобится созывать новый совет, который разработает свою систему показателей высоты, и бесполезность потраченного времени, о которой говорил Пруст, будет доказана.

#### TAIPEI 101

Taipei 101 Tower (Тайвань, Тайпэй) пока еще является самым высоким зданием в мире (вершина шпиля – 509 м), ему также принадлежит рекорд самой высокорасположенной крыши (449 м в высшей точке) и самого высокого жилого этажа здания (101-й этаж расположен на высоте 439 м). Интересен тот факт, что небоскреб построен в сейсмически активной зоне. Более того, здесь не удивляет появление тайфунов. Для того чтобы строительство здания такой высоты стало возможным, а также для обеспечения выполнения нормативных требований по жесткости и гибкости конструкций от предельных горизонтальных нагрузок (например, землетрясения > 7 баллов, силе ветра > 60 м/с, т.е. > 200 км/с) архитектор проекта – компания

C. Y. Lee & Partners и инженеры-проектировщики из компаний Thornton Tomasetti Inc. и Evergreen Consulting запроектировали башню из стальных и железобетонных конструкций, обладающую замечательными характеристиками.

Фундамент здания – это сплошная бетонная плита толщиной 5 м. В ее основании выполнены 380 бетонных свай диаметром 1,5 м, заделанных в коренную породу на глубину 30 м с помощью особо прочного бетона. Над фундаментом надстроены 36 опор из стали и бетона, причем использованные материалы обладают непревзойденными характеристиками по прочности. Из этих 36 опор 12 являются угловыми и связующими, заканчивающимися на уровне 26-го этажа, 16 – опоры максимальной высоты, которые образуют каркас здания и восемь – опоры максимальной высоты 3x2,4 м, так называемые «базовые опоры», расположенные по периметру здания. Все стальные опоры коробчатого сечения смонтированы из стальных листов толщиной до 8 см с высоким пределом текучести, равным 413 МПа (60 ksi), которые затем объединяются в составные колонны посредством частичного или полного заполнения бетоном прочностью до 70 МПа (10 000 psi) до уровня 62-го этажа (испытания показали, что фактически прочность бетона достигает 80 МПа (12 000 psi)).

Для восприятия горизонтальных нагрузок от фундамента до уровня 8-го этажа на площадках 4x4 пролета устроены стены жесткости между сборными колоннами каркаса. Выше уровня 8-го этажа колонны поэтажно соединены сборными железобетонными балками. Дополнительно, через каждые восемь этажей, устроены стальные связевые фермы высотой в 1 и 2 этажа, соединяющие колонны с основными опорами, расположенными по периметру здания. Система несущих фасадных стен, заполненных стеклянными панелями, смонтированными в наклонные шарнирные решетчатые конструкции, также увеличивает горизонтальную жесткость здания, связывая систему с основными опорами-фермами высотой в 1 этаж через каждые 8 этажей. Такая фасадная система способна компенсировать боковые смещения более 90 мм, которые могут быть вызваны сейсмическими колебаниями. И наконец, прогибы из-за сильного ветра можно минимизировать, установив три отдельных виброгасителя с регулируемой массой: первичный низкочастотный виброгаситель весом 635 т с диаметром подавляющей среды 6 м, состоящий из 41 слоя толстолистовой стали, крепится между 92-м и 88-м этажами для уравнивания горизонтального смещения башни; одновременно два меньших по размеру виброгасителя высокой частоты весом 7 т монтируются внутри 20-метровой мачты для подавления ее колебаний. Инженеры-проектировщики отмечают, что подобная конструкция здания позволяет выдерживать до 2500 сейсмических колебаний в год, вызывающих на уровне земли ускорения до 0,5 g.

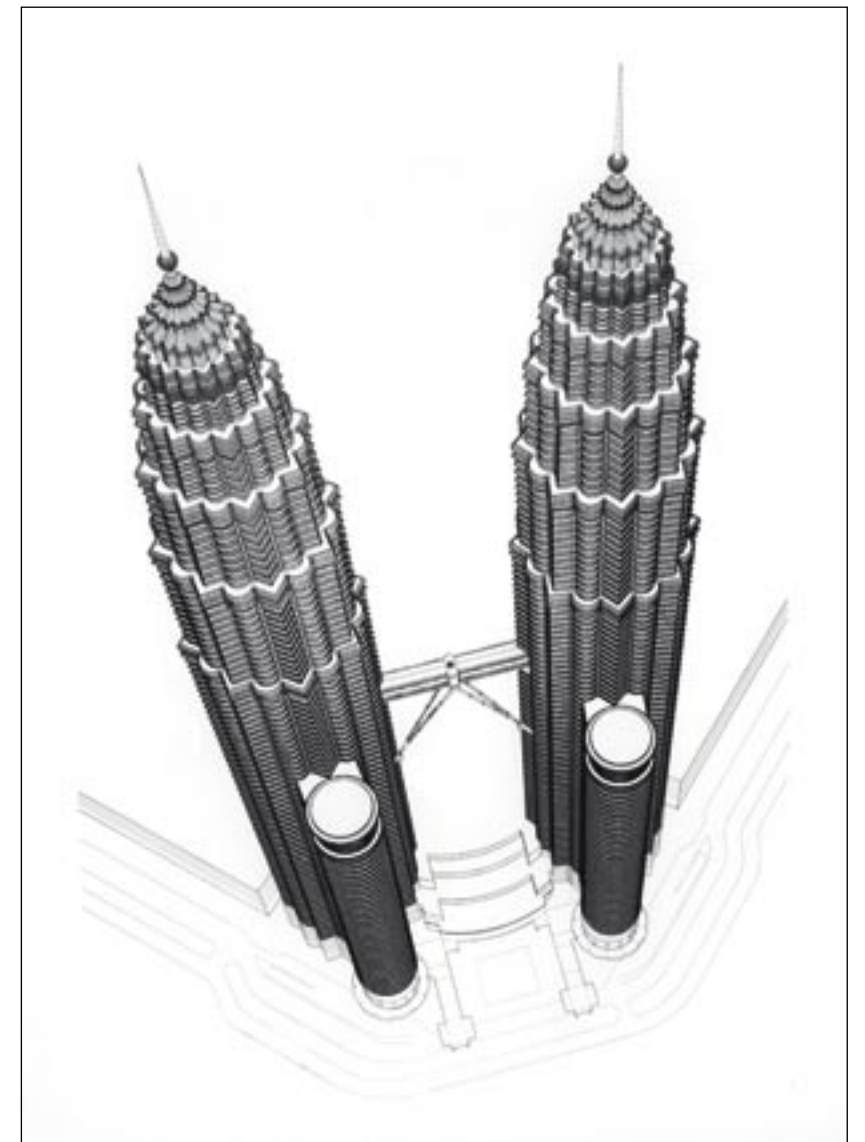
#### PETRONAS TOWERS 1&2

До недавнего времени самыми высокими зданиями в мире считались башни Petronas, расположенные в

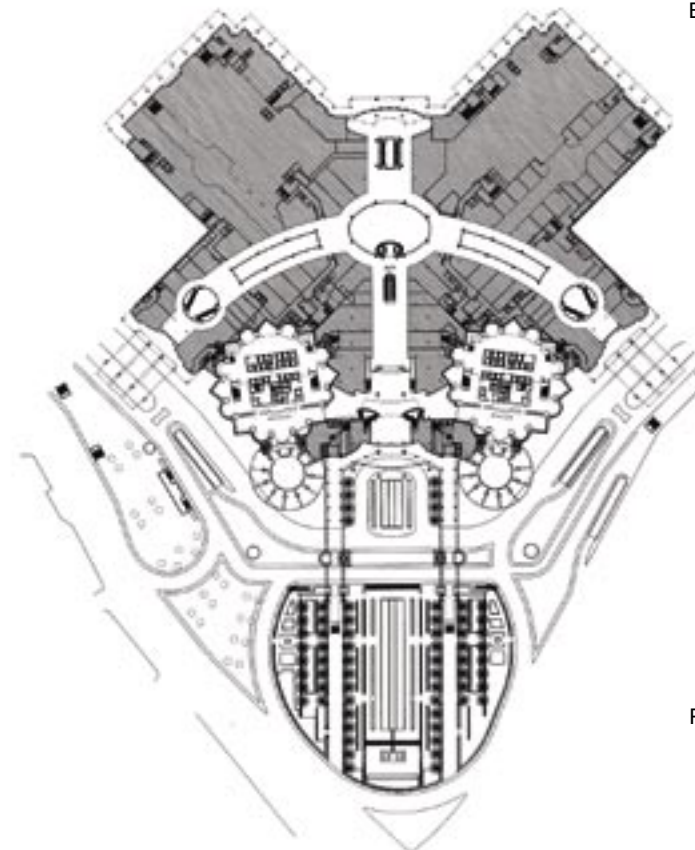
столице Малайзии Куала-Лумпуре и получившие этот статус сразу по завершении строительства в 1998 году. Хотя обоснованность данного заявления подвергалась сомнению, беспрецедентное достижение такой высоты железобетонным зданием не могло остаться незамеченным: 452 м со шпилем, 403 м до уровня крыши и 375 м – уровень расположения последнего жилого этажа.

Архитектор Сезар Пелли и инженеры-проектировщики строительных конструкций Thornton Tomasetti Inc. и Ranhill Bersekutu Sdn Bhd выбрали железобетон неслучайно. Здесь сыграли роль несколько факторов. Во-первых, для подрядчиков бетон был более привычен, нежели сталь: в Азии для высотного строительства железобетонные конструкции используются чаще, чем стальные. Кроме того, для островов в Южно-Китайском море бетон наиболее предпочтителен из-за чрезмерно высокой стоимости импортируемой стали. Высокая сейсмическая и ветровая нагрузки данного региона также требуют использования высокопрочного бетона, наиболее подходящего для большинства конструктивных элементов. Исходя из того, что соотношение полезной и занимаемой вертикальными конструкциями и инженерными коммуникациями площади для главного арендатора – Малазийского промышленного конгломерата Petronas не было настолько решающим с экономической точки зрения (что характеризует многих клиентов и рынки недвижимости), то занимающий большую площадь по сравнению со стальным бетонный каркас был вполне приемлем.

Обе башни были соединены двухэтажным мостом, расположенным на уровне 41-го этажа, что дало возможность использовать лестницу соседней башни в качестве запасного пути эвакуации. Это позволило уменьшить размер центрального ствола со стояками инженерных сетей в каждой башне и иметь только



Вид с высоты



Разрез на уровне земли

одну лестницу. Таким образом, была дополнительно освобождена площадь на этаже для размещения служб технического обслуживания. Также были оптимизированы бетонные элементы конструкции за счет применения новейшей высокопрочной бетонной смеси с прочностью на сжатие 80 МПа (11 600 фунтов на кв. дюйм) – первые в Малайзии. Что интересно, Сезар Пелли охарактеризовал получившийся в результате железобетонный каркас и периметральную столбчатую структуру как «гибкую трубу».

Две «гибкие трубы» башен Petronas возводились на плитном фундаменте толщиной в 3 м. Необычно для такой высокой конструкции то, что скальный грунт под площадкой находится слишком глубоко, эта плита поддерживается в основном за счет силы трения по боковой поверхности фундамента, происходящей в результате погружения 208 массивных (3 x 1 м в поперечном сечении) свай-барретт, имеющих высокую несущую способность по боковой поверхности за счет зубчатых боковых граней и погружаемых на глубину до 115 м в нижележащие плотные пески. Из этих свай-барретт 85 расположены непосредственно под каждой башней, остальные – под окружающим башни низким стилоба-



**Для высотных зданий, однако, отношение высоты к их ширине вносит существенное «сдвиговое запаздывание» между центром и углами жестких стержневых каркасов, что заставляет конструкцию искривляться**

том. Подземная часть железобетонных каркасов башен расположена на глубине 25 м и имеет размеры в плане 13 x 13 м. Стены центрального ядра здания имеют переменную толщину от 76 см у основания и, сужаясь к вершине, до 36 см. По периметру каждой башни расположены концентрические кольца из 16 железобетонных «суперколонн» с диаметром в 2,4 м у основания и 1,2 м у вершины башни. В уровне фундаментной плиты расстояние между осями этих колонн составляет 10 м. Колонны наклонены по направлению к центральному ядру, образуя характерную форму башни. Получившееся схождение колонн сокращает их шаг до 6,7 м у вершины. Эти колонны связаны между собой в уровне каждого этажа дугообразными балками, воспринимающими изгибающий момент, с целью сформировать совершенную и независимую систему периметральной стены. Из-за собственной высокой жесткости железобетона центральное ядро и «суперколонны» соединены вместе лишь одним рядом выносных опор: бетонными фермами Vierendeel (названными в честь бельгийского инженера Артура Вирендила) высотой в 2 этажа на уровне 38-го этажа. Таким образом, скрепленные центральное ядро и «суперколонны» формируют «гибкую трубу», которая высокоустойчива к поперечной силе, так что специальное демпфирующее устройство не требуется. Необходимая гибкость при ветровых нагрузках достигнута посредством того, что центральное ядро и колонны по периметру не скреплены выше середины здания, тогда как высокопрочные бетонные элементы уже имеют необходимую жесткость для того, чтобы выдержать также сейсмические нагрузки. Бетонирование так высоко над землей было само по себе трудной задачей. Был побит мировой рекорд, когда бетонная смесь подавалась насосом на высоту 380 м.

Конструктивные инновации во время строительства Petronas Towers, получили дальнейшее развитие при применении быстро изготавливаемого и легкого в монтаже металлического профлиста для плит перекрытия, консольных элементов фасада и солнцезащитных навесов над окнами из нержавеющей стали, скользящей стальной опалубки для формирования «суперколонн» и 29 высокоскоростных двухпалубных лифтов в каждой башне. «Небесный» мост 60 м в длину, 10 м в высоту и весом 653 тыс. кг, который соединяет две башни, был заранее изготовлен в Южной Корее, собран на стройплощадке и поднят домкратами как единое целое на высоту 184 м для установки на уровне 41-го этажа над боковыми опо-

рами башни. Этот мост опирается через специальные узлы, допускающие его боковое перемещение на 25 см, что достигается исключительной точностью установки и прочностью бетона.

#### SEARS TOWER, ЧИКАГО, США

Башня The Sears Tower сохраняла статус самого высокого здания в мире более 20 лет в значительной степени благодаря своей особой форме. Спроектированная партнерами компании SOM (чикагский офис), архитектором Bruce Graham и инженерами-конструкторами Srinivasa Iyengar и Fazlur Kahn, башня построена не просто с применением беспрецедентной, в основном стальной, конструкции «связки труб», но представляет собой цельную комплексную систему. Ее бетонная фундаментная плита, уложенная на глубине 30 м, в свою очередь опирается на 200 каменных кессонных свай, достигающих скального основания, расположенного на 30 м ниже.

Из этого фундамента поднимаются девять отдельных стальных «каркасных труб», связанных по три «трубы» посредством балок, и все вместе – связываемыми фермами высотой в один и два этажа, или фактически выносными опорами ферм по периметру и жестких плит перекрытия. Каждая «труба» является симметричной со сторонами 22,9 м и образована колоннами с шагом 4,6 м по периметру без внутренних колонн. Трубы изменяются по высоте, подобно расположению ступеней ракеты-носителя – так две трубы завершаются на 50-м этаже, две – на 66-м, три – на 90-м, и только две трубы достигают 108-го этажа. (Интересно, что башня отклоняется примерно на 10 см от вертикали ввиду несимметричной нагрузки на фундамент.) Эта новаторская конструктивная схема позволила разместить самый верхний (последний) обитаемый этаж на высоте 413 м, крышу здания – на высоте 442 м, а в 1982 году, с установкой двух телевизионных антенн высокой четкости, высота башни достигла 527 м в самой верхней точке. Более всего примечательно то, что эти высоты были достигнуты при большой материальной и финансовой экономии. По мнению Kahn, по окончании строительства расход материалов достиг 135 кг стали на 1 кв. м площади, тогда как традиционные конструкции, использующие внутренние колонны, потребовали бы 207 кг. Всего для The Sears Tower потребовалось 69 млн. кг стали при общем весе здания 200 млн. кг – превосходный образец эффективности расхода материалов для такого высотного здания в «Городе ветров». (Для сравнения, башня Taipei 101 весит 635 млн. кг, в основном из-за значительных сейсмических и ветровых нагрузок.)

«Связка каркасных труб» – это развитие системы каркасных труб, инициатором которой был знаменитый Fazlur Kahn, которого иногда называют «отцом современного небоскреба». Kahn был первым инженером, который внес эту идею. Затем, сократив шаг периметральных колонн по окружности, увеличив их поперечное сечение, особенно в угловых стойках, и соединив эти колонны наружными балками, он добился того, что они могут эффективно противодействовать горизонтальным силам. В частности, окончательная конструк-

ция здания позволяет перераспределить горизонтальную нагрузку таким образом, что она воспринимается периметральными колоннами как вертикальное (сжимающее или растягивающее) усилие. Иными словами, все здание представляет собой консоль, защемленную в грунте, и не требует применения стали повышенной прочности для своих элементов. Для высотных зданий, однако, отношение высоты к их ширине вносит существенное «сдвиговое запаздывание» между центром и углами жестких стержневых каркасов, что заставляет конструкцию искривляться. В этих случаях требуется развернутая система связей конструкции с целью контроля за выгибом здания. Либо посредством внедрения массивных перекрестных ферм в одном каркасе, что сделали Graham и Kahn несколькими годами ранее для башни Hancock в Чикаго, либо посредством группирования в блок нескольких, но с разными пропорциями труб, как они же проделали с Sears Tower, проблема сдвигового запаздывания была, по сути, устранена как раз к тому времени, как этим зданиям придали их характерную форму.

Хотя рамные трубчатые конструкции эффективны с экономической точки зрения, их изготовление – непростая задача. Соединения элементов, образующих конструкцию, должны быть сварными. Обеспечить качественное исполнение такого узла довольно-таки сложно, особенно при вертикальном расположении шва. Для здания Sears Tower стальные секции размерами 5x8 м (три пролета в длину и два этажа по высоте) были заранее изготовлены в заводских условиях для того, чтобы все необходимые сварные швы могли быть выполнены в горизонтальном положении. Полученные таким образом пространственные рамы – «рождественские елки» были подняты на определенную высоту и соединены друг с другом. Надежность узлов сопряжений была обеспечена за счет того, что соединения рам были выполнены в точках с нулевыми моментами. Строительство было также ускорено использованием инновационной системы с применением ферм пролетом 25 м и высотой 1 м, которые накрывались панелями заводского изготовления. Эти панели в свою очередь крепились к фермам с помощью стальных болтов, работающих на срез. Тот факт, что строительство здания было завершено за три года (в 1974 году) и на протяжении 26 лет удерживало рекорд высоты, подтверждает универсальность такого решения.

#### ДЖИН МАО ТАУЭР, ШАНХАЙ, КИТАЙ

Так же как и Petronas Towers, небоскреб Jin Mao Tower, построенный в том же году в Шанхае, имеет железобетонный каркас, способный противостоять экстремальным сейсмическим толчкам и ветровым нагрузкам. В отличие от Petronas Towers здесь не было возможности разделить ствол инженерных коммуникаций или вынести инженерные службы за пределы перекрытий. Следует также учитывать необходимость проектирования именно многофункционального высотного здания, в котором предполагается наличие помещений различного назначения (гостиница, офисы, торговые площади). Поэтому архитектор Адриан Смит и инже-



Sears Tower

нер Марк Саркисян из Skidmore, Owens & Merrill определили, что наиболее эффективным с точки зрения конструкции здания будет решение дополнить ствол весьма необычной восьмиугольной формы из бетона высокой прочности оригинальной комбинацией из восьми сложных стальных колонн и восьми «суперколонн», расположенных в стратегических точках здания и выполненных из стальных профилей, заполненных сверхвысокопрочным бетоном.

Весь огромный вес сооружения должен выдерживать бетонный фундамент толщиной 4 м, так как достичь подстилающего грунтового основания было невозможно, а верхний почвенный слой – это мягкий песок. Этот фундамент в свою очередь поддерживается уникальной конструкцией из 1062 стальных свай диаметром 1 м, которые закладываются на рекордную 80-метровую глубину. Толщина фундамента настолько велика, что возникла необходимость в специальной системе охлаждения для того, чтобы контролировать температуру бетона в процессе отверждения. (До сих пор не производилась заливка фундамента такой толщины, за исключением фундамента Taipei 101, толщина которого 5 м). В результате высота Jin Mao Tower составляет 366 м до верхнего жилого этажа и 421 м – до верхней точки декоративной 23-метровой конструкции, состоящей из «коньковой фермы»,







Jin Mao Tower

выполненной из нержавеющей стали, и шпиля. Эта конструкция способна выдержать сейсмические толчки до 6 баллов и ветровые нагрузки, возникающие при скорости ветра 60 км/с (200 км/ч). При этом отклонения сооружения не превысят 70 см. Бетонное ядро жесткости со спиралевидной сдвижкой стен с точки зрения противодействия боковым смещениям более эффективно, чем жесткие рамные конструкции – как в более поздней Taipei 101 Tower. Поэтому смещения Jin Mao в достаточной степени контролируются простой, но более рациональной амортизационной системой, состоящей из специально спроектированных срезных болтов, перемещающихся внутри демпфирующих каналов. Если сравнить ядро Jin Mao с ядрами высоток встречающейся чаще прямоугольной формы, при восьмиугольной форме ядра сдвижка стен может быть выполнена с помощью менее жестких угловых связей, так как у восьмиугольника есть дополнительное направление оси для противодействия горизонтальным силам. Восьмиугольная форма также более эффективна в противодействии внецентренным боковым нагрузкам, поскольку она обладает осевой симметричностью. Попарная установка восьми «суперколонн» с центровкой по каждому фасаду таким образом, чтобы каждые парные колонны были расположены с минимальным промежутком, а расстояние между парами равнялось длине сторон восьмиугольного ядра, позволяет реализовать крестообразную конфигурацию конструкции, которая минимизирует сдвиговое усилие, достигает высокой горизонтальной жесткости, а также оставляет больше пространства без колонн до выступа в бетонной балке. Остальные восемь сложных стальных колонн располагаются попарно по углам здания в основ-

ном для того, чтобы компенсировать вертикальные нагрузки, создаваемые отдельными частями плит перекрытий в этих точках. И наконец, все колонны, установленные по периметру здания, связываются с ядром с помощью трех групп стальных консольных ферм высотой в 2 этажа, расположенных на 24-м, 51-м и самом верхнем 87-м этажах.

Таким образом, если Petronas Towers имеют осесимметричную периметральную структуру и асимметричное ядро, то у Jin Mao Tower, наоборот, асимметричный периметр и осесимметричное ядро. Таким образом, крестообразная конфигурация с дополнительными угловыми колоннами сильно напоминает структуру девяти квадратных ячеек Sears Tower. Интересен тот факт, что такая структура позволяет проектировщикам передать инверсию сплошного и полого, которая и является основной характеристикой здания.

Пятьдесят нижних этажей Jin Mao Tower занимают офисные помещения, в то время как на 32 верхних будут находиться 555 номеров гостиницы Hyatt International – самой высоко расположенной гостиницы в мире. Технические службы для офисов (лифты, различные технические помещения, электрооборудование, лестницы) полностью размещены в восьмигранном техническом ядре здания (от земли до 53-го этажа). Удивляет то, что начиная с 53-го этажа и до крыши здания проектировщики фактически «выпотрошили» ядро, переместив все службы и оборудование для обслуживания гостиницы в пространство между двумя парами «суперколонн», стоящих друг против друга. Концентрические формы вестибюля, спиралевидные балконы и лифты, расположенные за впечатляющим, поднимающимся вверх монолитом гнутого стекла, вынесены из ядра в пространство атриума шириной 27 м и высотой 110 м, что создает эффект парения в пространстве.

#### ДВА МЕЖДУНАРОДНЫХ ЦЕНТРА ФИНАНСОВ (2 IFC), ГОНКОНГ, КНР

К моменту написания этой статьи здание Two International Finance Center было самым высоким сооружением в Гонконге. Этот стройный, грациозный небоскреб был спроектирован компанией Cesar Pelli & Associates и Rocco Design Limited, инженерное оборудование здания было выполнено Ove Arup & Partners. Общая высота сооружения от уровня земли до вершины – своеобразной короны из изогнутых шпилей, которой венчается здание, – составляет 416 м, высота до крыши – 407 м, до уровня пола самого верхнего обитаемого этажа – 402 м. Так как в Гонконге тайфуны и землетрясения довольно частые явления, при проектировании высотных зданий необходимо уделять особое внимание потенциальным экстремальным боковым нагрузкам. Поэтому при строительстве в этом районе проектировщики пытаются найти тонкий баланс между соблюдением строительных норм и применением перекрытий, позволяющих обеспечить необходимую жесткость конструкции без потери слишком большой площади под коммуникации и колонны. Так для 2 IFC, в частности, проектировщики

отдали предпочтение комбинации массивного железобетонного ядра квадратного сечения с восемью прямоугольными сложными «мегаколоннами», выполненными из стали и бетона, и восемью стальными колоннами гораздо меньшего размера.

Подобно Jin Mao Tower, построенной пятью годами раньше, этот набор конструктивных элементов расположен в плане в форме креста, где «мегаколонны» совместно с ядром воспринимают основные вертикальные и боковые нагрузки, а малые угловые колонны несут второстепенные вертикальные нагрузки на краях перекрытий.

Таким образом, использование бетона и стали высокой прочности, применение комбинации трех консольных ферм высотой в 3 этажа каждая, заземленных в ядре башни и связанных фермами, а также исключительно легкая конструкция навесных стен и большой пролет (24 м) между «мегаколоннами» на каждом фасаде – все это обеспечивает достаточное противодействие вертикальным, боковым и крутящим нагрузкам, настолько, что во внутренних или более мощных угловых колоннах нет необходимости.

От фундамента до отметки 6-го этажа от уровня земли «мегаколонны» выполнены из шести профилей высокопрочной стали 90 мм толщиной, обетонированных высокопрочным бетоном. По мере подъема количество стальных профилей сокращается с шести до трех, двух и в конце сводится к одному на верхних этажах здания, так же как уменьшаются размер колонн и прочность бетона. От фундамента здания до 26-го этажа основные колонны («мегаколонны»), по существу, выполнены из армированного бетона, в то время как выше 26-го этажа «мегаколонны», выполненные из стали с обетонировкой в качестве огнезащитного покрытия, работают гораздо эффективнее. В результате всего за несколько лет существования Jin Mao Tower ее конструкция явилась доказательством прогресса, достигнутого в области проектирования и материаловедения. Фактически наряду с огромным количеством других достижений подрядчики, работавшие по проекту 2 IFC, установили целый ряд рекордов – например, когда производили заливку бетона для самой большой в мире стены в грунте, когда возводили самую большую в мире консольную балку и подавали бетонную смесь на 28 м выше, чем на Petronas Towers (380 м).

Наряду с тем, что конструкция этого высотного комплекса отличается замечательной простотой и, как результат, наличием большого количества свободных от колонн площадей, необходимо отметить, что 2 IFC был возведен в рекордно короткие сроки. Благодаря относительной доступности коренной породы на участке строительства от уровня поверхности земли до коренной породы была возведена кольцевая «стена в грунте» очень необычной формы. Ее диаметр составил 61,5 м, толщина стены – 1,5 м. Глубина котлована от уровня земли до коренной породы в среднем составила 40 м. Сплошной фундамент башни толщиной 6,5 м заливался непосредственно поверх этого вскрытого основания. Затем,



Two International Finance Center



исключительно для облегчения строительства, было выполнено необходимое количество подвальных плит перекрытий. Такой метод одновременного строительства снизу вверх и сверху вниз позволил начать возведение ядра и колонн башни на 18 месяцев раньше завершения строительства фундамента. Кроме того, каждая «мегаколонна» возводилась с помощью собственной стальной гидравлической скользящей опалубки. Железобетонное ядро башни с сеткой внутренних колонн приблизительно 3x3 также возводилось с помощью собственной опалубки. И наконец, конструкции перекрытий и фасадов здания были спроектированы с использованием минимального количества элементов с применением длинных, утолщенных высоких периметральных и легко связанных балок под устройство полов. В свою очередь плиты перекрытий были выполнены из бетона по металлическому настилу, уложенному на эти простые перекрещивающиеся балки, так строителям не понадобилось возводить временные опоры до полного отвердения бетона. В результате применения этих инновационных скоростных методов подрядчик сумел решить трудновыполнимую задачу по возведению каждого нового этажа в трехдневный срок, несмотря на то, что работы велись одновременно на разных участках строительства башни. ■

Продолжение следует





Текст ЛАРРИ Б. КРАУЗЕР,  
фото SUNCOAST, DSI, JIM ROGERS, PTC

Опыт США

# Технология строительства зданий с использованием постнапряженного бетона

**Конструкции монолитных зданий в США уже много лет выполняются методом постнапряженного бетона (post-tensioning).**

**Технология натяжения арматуры на бетон позволяет создавать высокоэффективные строительные системы, с помощью которых в США было построено большое количество зданий гражданского и промышленного назначения общей площадью около 250 млн. кв. м. Цель данной статьи – познакомить читателей с преимуществами этой технологии, столь популярной у американских строителей.**



Marquis Condominiums,  
Майами, штат Флорида

С начала 1980-х годов компания General Technologies, Inc. занимается проектированием и изготовлением систем предварительного напряжения с последующим обеспечением сцепления напрягаемой арматуры и бетона и без сцепления. Кроме того, GTI разрабатывает и производит вспомогательные материалы и оборудование для post-tensioning. Основная цель компании – постоянное повышение качества и надежности производимой продукции. В то же время, адаптируя создаваемые материалы и оборудование к индивидуальным потребностям заказчиков, GTI помогает своим клиентам повышать эффективность их работы.

Заказчики строительных работ, проектировщики и строители смогли на практике оценить выгоды, которые можно получить, используя технологию постнапряжения, а именно:

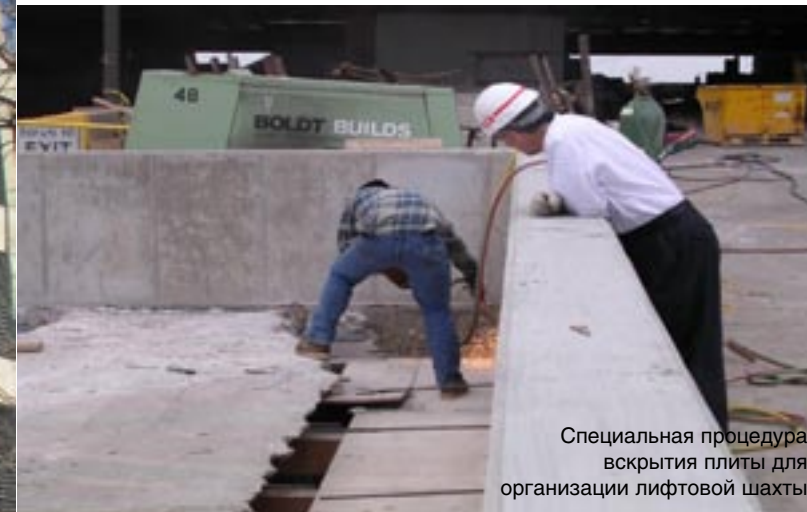
- высокую степень универсальности и отличные эстетические характеристики архитектурного проекта;
- высокую степень прочности и огнеупорности конструкций и долгий срок службы;
- выполнение работ в минимальные сроки в соответствии с графиками;
- долговечность проекта и минимальные требования к обслуживанию.

Эффективность системы в первую очередь зависит от того, применяются ли материалы высокой прочности, которые позволяют использовать новые строительные технологии, да и эффективность использования самих материалов будет значительно выше, чем обычных. Способность постнапряженного бетона воспринимать дополнительные нагрузки с помощью изменения степени натяжения стальных тросов и их положения в теле бетона позволяет проектировщикам добиться высокой



Trump Tower & Parking  
Structure, Лас-Вегас,  
штат Невада





Специальная процедура вскрытия плиты для организации лифтовой шахты



Напряжение арматурных тросов имеющих сцепление с бетоном

Пример использования балочной системы перекрытий

гибкости объемно-планировочных решений.

Совместная работа специальных постнатягаемых тросов, выполненных из стали высокой прочности и бетона, позволяет элементам конструкции лучше противостоять сжимающим и растягивающим усилиям.

**ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Постнатяженные системы с успехом применяются для строительства широкого спектра сооружений, включая:

- офисные здания и жилые многоквартирные дома, отели, многофункциональные комплексы, театры, торговые центры, промышленные здания, школы, казино, библиотеки;
- гаражи и автостоянки в коммерческих центрах, аэропортах, многофункциональных комплексах – встроенные, подземные, надземные, стоящие отдельно;
- мостовые сооружения: балочные мосты с монолитными прогонами коробчатого сечения, железобетонные из многосекционных балок, вантовые, сегменты мостов, мостовые настилы;
- незаглубленные фундаментные плиты («slab-on-ground») для жилых зданий и промышленных сооружений, выполненных из легких и тяжелых металлоконструкций, спортивных площадок, дорожных покрытий;
- емкости для хранения: водяные резервуары (напольного, настенного и кровельного крепления, отстойники, автоклавы и силосные башни);
- стадионы, трибуны;
- распределительные плиты, балки и другие элементы строительных конструкций.

<sup>1</sup> В регионах, где нет отрицательных температур и соответственно нет промерзания грунтов, применяется тип фундамента «slab-on-ground» (плита на грунте), представляющий собой монолитную плиту незаглубляемую в грунт.

**ПОСТНАТЯЖЕНИЕ**

Суть технологии преднапряжения с натяжением на бетон в построечных условиях (постнатяжение) заключается в том, что напрягаемая арматура – GTI Post-Tensioned Tendons натягивается после бетонирования и набора бетоном достаточной прочности. В результате напрягаемая арматура (трос) лучше воспринимает нагрузки, которые оказывают на нее внешние силы в течение всего срока службы сооружения. Постнатяжение может осуществляться как со сцеплением напрягаемой арматуры с бетоном, так и без сцепления – в зависимости от типа сооружения.

**ПОСТНАТЯЖЕНИЕ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ С БЕТОНОМ**

Преднапряжение без сцепления с бетоном с успехом применяется для строительства зданий и гаражных комплексов. Напрягаемая стальная арматура, не имеющая сцепления с бетоном, может свободно перемещаться в нем. Передача усилий на бетон осуществляется при помощи устанавливаемых на концы специальных анкеров. Для того чтобы не допустить сцепления с бетоном и предотвратить коррозию, напрягаемую арматуру заключают в пластиковую оболочку. Последняя покрыта специальным слоем полимера, уменьшающего трение, которое возникает между арматурой и пластиковой оболочкой. На рис. 2 изображено анкерное устройство – GTI Zero Void® Anchorage, которое используется для постнатяжения без сцепления с бетоном.

**ПОСТНАТЯЖЕНИЕ СО СЦЕПЛЕНИЕМ С БЕТОНОМ**

Такой метод широко применяется при строительстве мостов и гражданских зданий. Постнатяженная арматура (трос) помещается внутрь полимерной трубы, а сцепление с бетоном достигается инъецированием цементного раствора, который помогает распределять усилия вдоль напрягаемого элемента, одновременно обеспечивая антикоррозийную защиту арматуры. На рис. 1 представлены полимерные трубы различных диаметров, изготавливаемые компанией GTI.

Постнатяжение со сцеплением с бетоном используется для обеспечения дополнительной защиты тросов на случай возникновения пожаров, взрывов и т.д. Если арматура сцеплена с бетоном, степень натяжения не

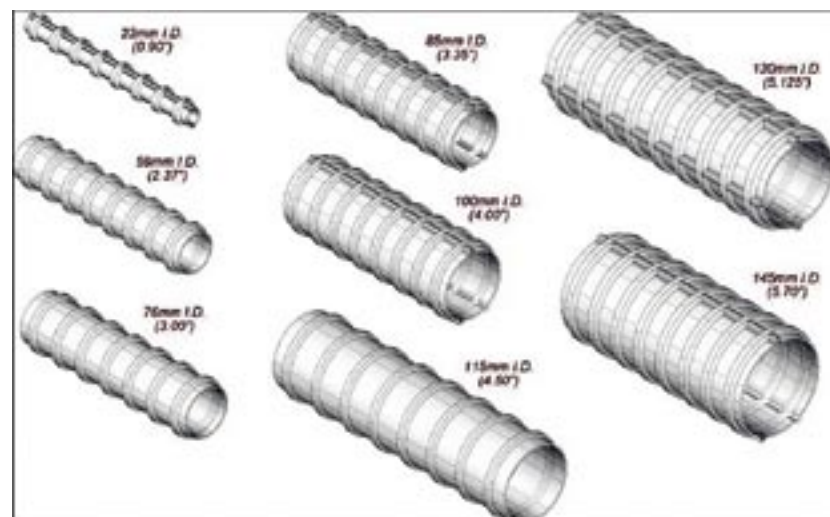
будет зависеть от анкерных креплений, даже если концы троса будут обрезаны. Трос, сцепляясь с бетоном, способен выдерживать усилия в случае обрыва по длине. Это особенно важно в случаях, когда необходимо вскрывать плиту или когда существует вероятность террористической угрозы, в результате которой часть конструкции может быть повреждена. На фото изображена конструкция с применением постнатяженной арматуры со сцеплением с бетоном (одиночный трос).

Постнатяженные системы одиночных тросов The GTI Zero Void® Bonded Monostrand System предоставляют ряд преимуществ для пользователей. Эти системы позволяют передавать усилия напряжений по тросам, инъецированному раствору и полимерным трубам на бетон, одновременно обеспечивая антикоррозийную

Пример использования системы безбалочных перекрытий



Рис. 1. Полимерные трубы GTI для постнатяжения со сцеплением с бетоном





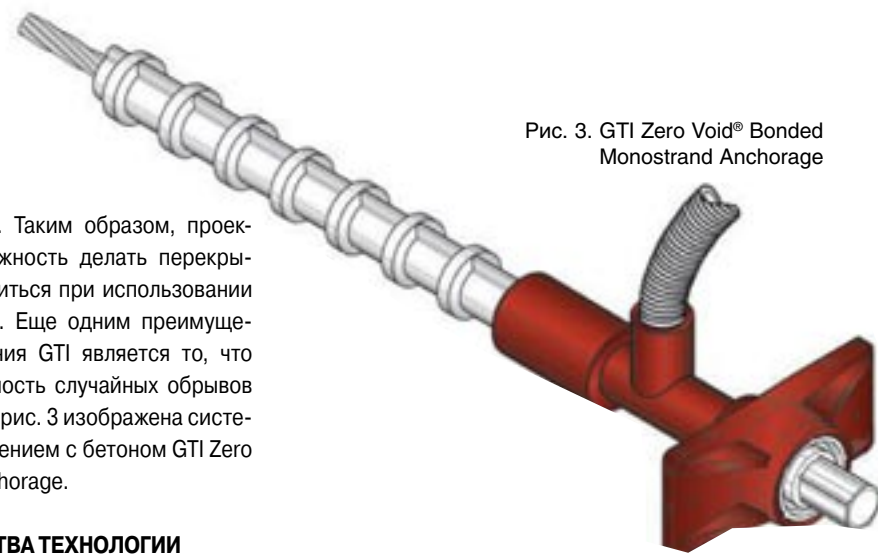


Рис. 3. GTI Zero Void® Bonded Monostrand Anchorage

и противопожарную защиту. Таким образом, проектировщики получают возможность делать перекрытия тоньше, чего нельзя добиться при использовании большинства других систем. Еще одним преимуществом систем постнапряжения GTI является то, что они предотвращают вероятность случайных обрывов постнапряженных тросов. На рис. 3 изображена система постнапряжения со сцеплением с бетоном GTI Zero Void® Bonded Monostrand Anchorage.

### ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ПОСТНАПРЯЖЕНИЯ

Системы постнапряжения позволяют добиться многих преимуществ. Основными из них являются:

- значительное сокращение расхода материалов (бетона и арматуры);
- улучшение структурной целостности конструкции за счет использования непрерывных арматурных тросов;
- повышение качества контроля над образованием трещин, прогибов и деформаций за счет постоянной нагрузки на тросы;
- снижение общей высоты сооружений, сокращение нагрузок на фундамент и увеличение длины пролетов благодаря снижению толщины перекрытий, что выгодно отличает эти сооружения от традиционных конструкций, выполненных из железобетона;
- устранение проблемы ненадежности соединений сборных элементов благодаря выполнению монолитных соединений между плитами перекрытий, балками и колоннами;
- снижение общего количества деформаций и сбалансированность вертикальных нагрузок благодаря использованию профилирования тросов;
- уменьшение общего веса сооружений, что чрезвычайно важно для зон повышенной сейсмической активности.

### СИСТЕМЫ МЕЖЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Системы межэтажных перекрытий зависят от функционального назначения здания и расположения колонн. Обычно для выполнения бетонных межэтажных перекрытий используют балочные и безбалочные системы.

Безбалочная система – это плоская плита с капителями или без них. Балочная система – это сочетание балок, работающих в одном направлении, и опирающейся на них плиты, работающей в противоположном направлении.

Безбалочные перекрытия используют при строительстве жилых (гостиниц, квартирных домов и т.д.) и офисных зданий. При этом длина пролетов может изменяться от 6 до 12 м, а стандартная нагрузка достигает 10 кН/м<sup>2</sup>. Толщина плиты зависит от длины пролета и расчетных нагрузок.

Преимущества использования систем безбалочных перекрытий:

- низкие затраты на опалубку;
- гибкость расположения колонн;
- гибкость конфигурации подпотолочного оборудования;
- наибольшая эффективность при условии, что пролет имеет форму квадрата или подобную квадрату;
- легко представить схему работы перекрытия.

Система балочных перекрытий обычно используется при строительстве большепролетных сооружений – гаражей или офисных зданий. Обычно при этом длина пролетов балок составляет 20 м, длина пролета варьируется от 5,5 до 9,5 м. Для США расчетная нагрузка на автостоянки составляет 2,5 кН/м<sup>2</sup>, для офисных зданий она может достигать 10 кН/м<sup>2</sup>. Размеры конструктивных элементов зависят от длины пролетов и расчетных нагрузок.

Преимущества использования балочной системы:

- оптимальное решение для строительства автостоянок;
- эффективное решение для сооружений с малыми пролетами в одном направлении и большими пролетами в другом;
- обычно балки укладывают в продольном, а плиты в перпендикулярном направлении.

### КОНСТРУКТИВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

Применение технологии постнапряжения позволяет сократить расход материалов и повысить эффективность их использования при строительстве сооружений. Преимущества системы постнапряжения по сравнению с прочими технологиями (например, по сравнению с использованием металлоконструкций, ненапряженного железобетона, сборных конструкций заводского изготовления) включают:

- ускорение процесса формирования перекрытий. Это становится возможным благодаря использованию стандартных конструктивных элементов для постнапряжения, минимальной загруженности конструкции арматурой, использованию бетона высокой прочности и быстрому снятию опалубки по завершении постнапряжения;
- снижение веса перекрытий, так как значение отношения длины пролета к высоте этажа для постнапряженных элементов будет больше, чем для ненапряженных элементов;
- уменьшение высоты этажей. Значение отношения длины пролета к высоте этажа для постнапряженных элементов будет больше, чем для ненапряженных, поэтому общая высота этажа может быть снижена при неизменности высоты внутренних помещений;
- сокращение затрат, связанных с формированием и обслуживанием оболочечных конструкций, необходимых при создании больших пролетов в традиционном армировании;
- снижение высоты отдельных этажей приводит к уменьшению высоты всего здания в целом;
- увеличение пролетов между колоннами. Облегченный вес и структурная целостность постнапряженных систем позволяют формировать пролеты большей длины;
- уменьшение фундамента. Сокращение веса постнапряженного сооружения позволяет уменьшить фундамент;
- повышение гибкости объемно-планировочных решений. Увеличение длины пролетов между колоннами и отсутствие балок позволяют повысить универсальность конфигурации помещений, что является важным преимуществом как с точки зрения жильцов, так и в плане прокладки инженерных систем.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ

Преимущества систем постнапряжения GTI были оценены в полной мере при реализации строительства комплекса Marquis Condominium (штат Флорида, США). Комплекс представляет собой 67-этажное здание с безбалочными железобетонными перекрытиями, позволившими снизить его высоту до минимума. Учитывая расположение здания в центре Майами на Biscayne Blv около Biscayne Bay вблизи Атлантического океана, антикоррозийная защита постнапряженных элементов была одной из наиболее важных задач. Системы GTI Zero Void® специально разработаны для решения подобных задач. Применение устройства плазменной резки GTI Plasma Cutter® позволило наиболее эффективно и быстро обрезать концы постнапряженных тросов. Защитные колпачки GTI Zero Void® Locking Cap были специально разработаны для того, чтобы не допустить проникновения внутрь оболочки переносимых через воздух соли и морской воды. GTI Composite Bar Supports – составные фиксаторы для арматуры применялись для обеспечения необходимого защитного слоя и долговечности конструкции.

Когда группа, работающая над проектом, проводит анализ наибольшей эффективности и экономичности общего проектного бюджета, применение систем пост-



Four Seasons® Hotel, Майами, штат Флорида

напряжения является решением, пользующимся неизменной популярностью у американских строителей. Использование этих систем предоставляет значительные преимущества при осуществлении крупных и малых проектов. Эти преимущества включают: повышение эффективности использования материалов высокой прочности, гибкость объемно-планировочных решений, повышение контроля над трещинообразованием и нарушением целостности конструкции, улучшение огнеупорных характеристик бетона, снижение уровня шума, повышение контроля прогибов, вибраций, а также сейсмических и поперечных нагрузок.

Системы постнапряжения GTI Post-Tensioning Systems могут применяться в любых отраслях строительства, таких как строительство новых, а также ремонт, реконструкция и переоборудование существующих сооружений. Эти системы имеют широкий диапазон применения – от высотных многоквартирных зданий до гаражей, автостоянок и жилых домов с незаглубленным фундаментом типа «плита на грунте». Постнапряженные конструктивные элементы прежде всего включают фундаменты, плиты перекрытий, балки и фермы, однако они могут также применяться при строительстве колонн и стен зданий.

В США использование монолитных, постнапряженных конструкций является наиболее популярным решением, когда заказчики, конструкторы и строители, сравнивая различные варианты сокращения первоначальной стоимости и эксплуатационного обслуживания объекта, стремятся уменьшить начальную и эксплуатационную стоимость, сохраняя целостность сооружения и гарантируя долговечность его существования. ■



Рис. 2. GTI Zero Void® Anchorage



General Technologies, Inc.<sup>®</sup> представляет наиболее надежную Полностью Инкапсулированную Коррозионно-Защитную Систему, доступную сегодня на мировом рынке. **GTI Zero Void<sup>®</sup>** — Система Инкапсуляции (Encapsulation System) — проверенный метод обеспечения защиты от коррозии.

Система **Zero Void<sup>®</sup>** исключает необходимость снятия наружного слоя пластика, обеспечивающего защиту троса от коррозии до натяжения. GTI разработал специальный инструмент для снятия наружной пластиковой оболочки (GTI Sheathing Stripper<sup>®</sup>), который позволяет снимать оболочку внутри анкерной полости для клиньев сразу перед натяжкой без оголения троса.

Система **Zero Void<sup>®</sup>** исключает необходимость заполнения труб коррозионно-защитным маслом, как того требует ACI 423.6 и Спецификации PTI. Система **Zero Void<sup>®</sup>** использует уплотнения для компенсации термической усадки пластиковой оболочки троса. Фиксированный конец (**Zero Void<sup>®</sup> Fixed End**) может быть установлен под давлением на заводе или вручную, используя систему с подпружиненными клиньями, тем самым устраняя вытягивание троса на фиксируемом конце и необходимость заполнять маслом трубку для защиты троса от коррозии.

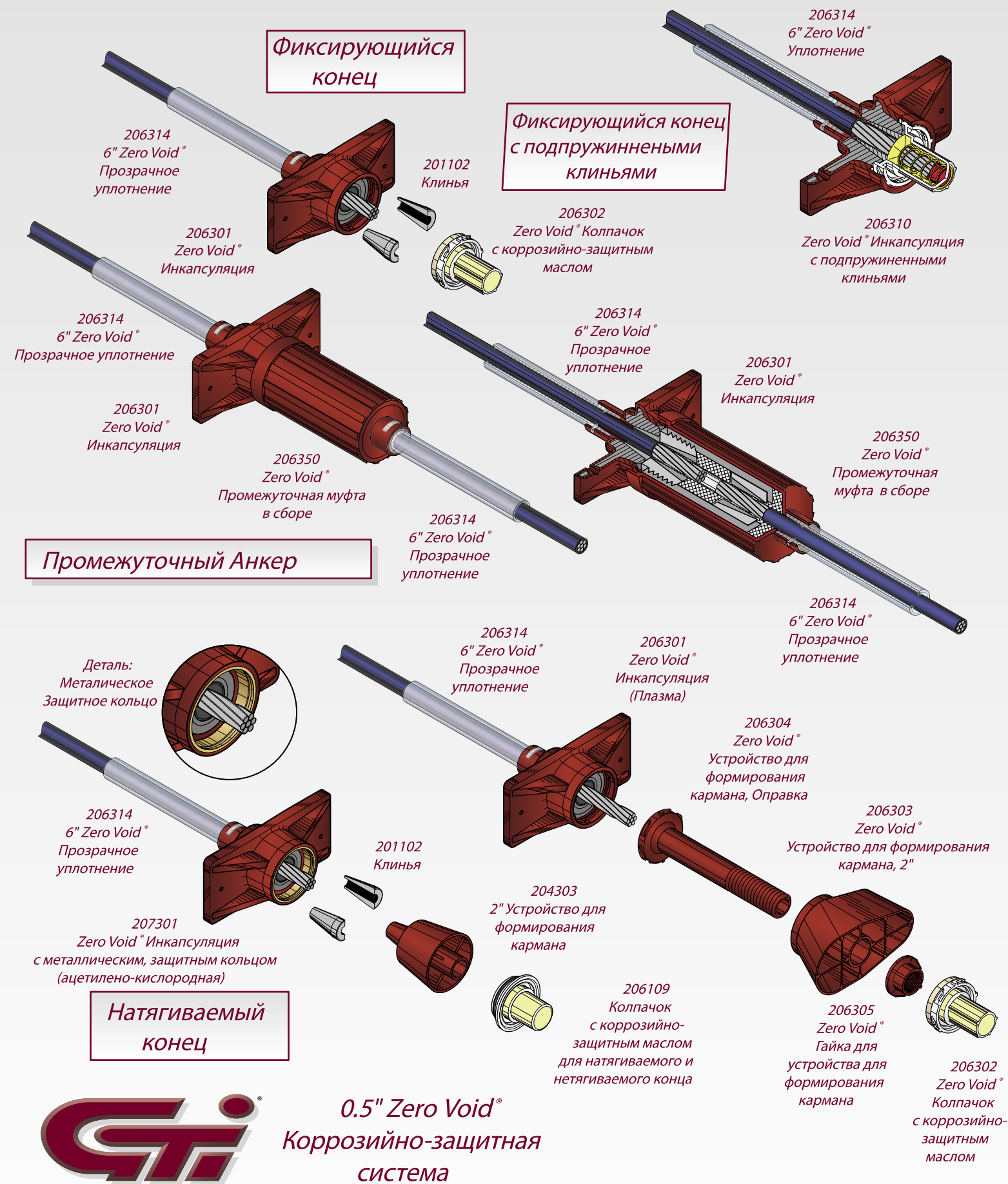
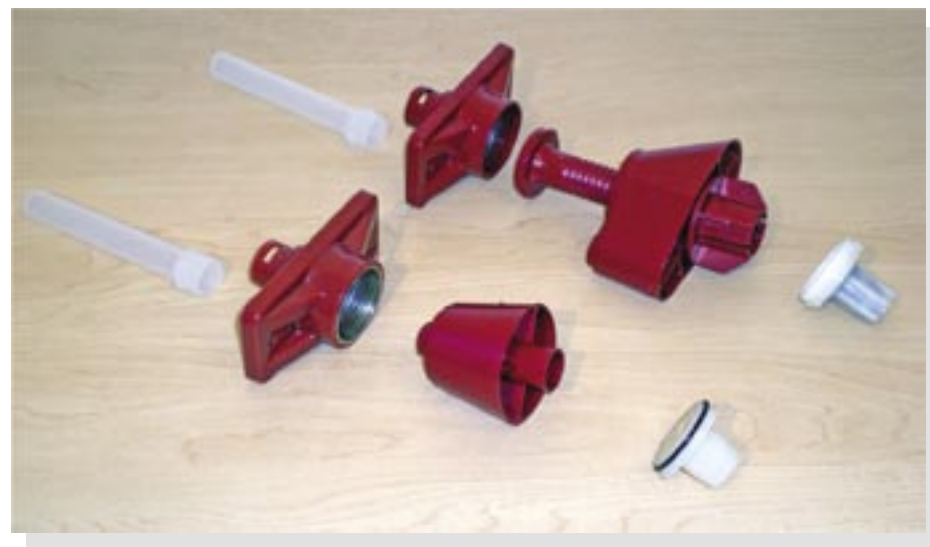
Устройство для формирования кармана, закрепляемое без гвоздей (**Zero Void<sup>®</sup> Nail-Less Pocket Former<sup>®</sup>**) — устраняет подтеки ржавчины на поверхности бетона.

Система **Zero Void<sup>®</sup>** использует устройство для плазменной резки конструкции GTI (**GTI Plasma Cutter<sup>®</sup>**) для отрезания концов троса после натяжения. Устройство для плазменной резки конструкции GTI (**GTI Plasma Cutter<sup>®</sup>**) выделяет минимальное количество тепла в процессе резки и не влияет на закалку троса и клиньев. В отличие от других методов, установка для плазменной резки обрезает конец троса очень быстро и с заданной длиной, таким образом, колпачок **Zero Void<sup>®</sup>** может быть установлен на место быстро и надежно.

Патентованные колпачки с коррозионно-защитным маслом (**Zero Void<sup>®</sup> Grease Cap**) были разработаны специально для системы Zero Void<sup>®</sup>. Колпачок, как часть системы Zero Void<sup>®</sup>, имеет полость, заполненную маслом и закрытую прозрачной пленкой. При позиционировании колпачка происходит разрыв предохраняющей пленки и заполнение полости клина маслом, что способствует защите внутренней части системы от коррозии при последующем монтаже.

Наша патентованная система состоит из анкера, покрытого 2-мм слоем полиэтилена, обладающего превосходной устойчивостью к низким температурам и химическому воздействию.

Система **Zero Void<sup>®</sup>** значительно превышает требования Post-Tensioning Institute (PTI) и American Concrete Institute (ACI) и является значительным достижением системы постнатяжения.





# МОНИТОРИНГ ЭТО ЗВУЧИТ ГОРДО

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений – это система технически обоснованных и экономически оправданных наблюдений за факторами воздействия, сопротивления этому воздействию или иными интегральными показателями, определяющими работоспособность и заданную надежность здания и сооружения, производимых с периодом, при котором вероятность возникновения неблагоприятного события или проявления его последствий ничтожно мала.

Как звучит официальное определение мониторинга, проблема которого будоражит умы многих людей от науки и не только от нее. Сейчас на страницах средств массовой информации развернулась бурная полемика о роли и месте мониторинга. На эту тему не писал только ленивый. Кто только не пытался в очередной раз отделить зерна от плевел – доказать разницу между обследованием зданий и сооружений и собственно мониторингом. Разница настолько очевидна, что видна, образно говоря, невооруженным глазом. К величайшему сожалению, достучаться до умов умных (простите за тавтологию) пока не удалось. Давайте разберемся в задачах одного и другого.

## МОНИТОРИНГ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ И МЕСТ КОНТРОЛЯ

Осуществляется на стадии возведения и эксплуатации зданий и сооружений. Установка датчиков (сенсоров) на основные несущие конструкции или их элементы, отвечающие за конструкционную безопасность зданий и сооружений. Определение основных параметров, которые могут проконтролировать эти датчики (отследить состояние):

- давление свай на грунт;
- изменения усилий в арматуре;
- линейную деформацию бетона;
- температурные преобразования;
- давление воды на конструкции;



**Николай Четверик**, начальник департамента мониторинга научно-производственного объединения «Современные диагностические системы» (НПО СОДИС), научный сотрудник экспертно-диагностического центра МГСУ

Схема армирования бетонной подготовки и стяжки

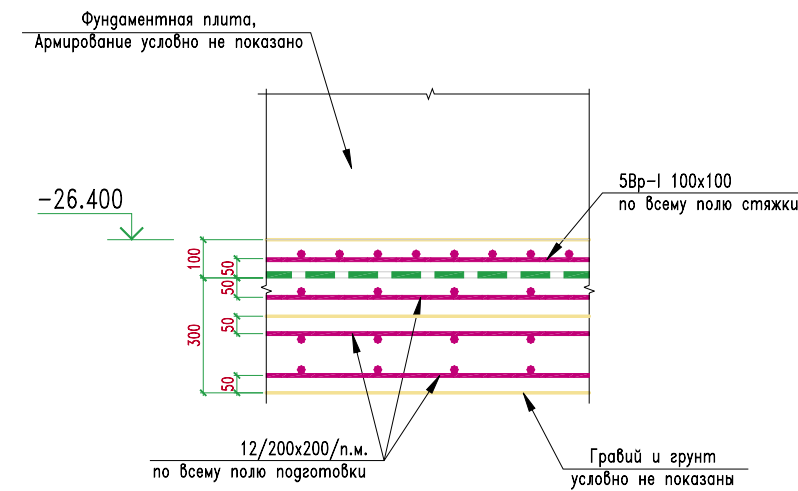
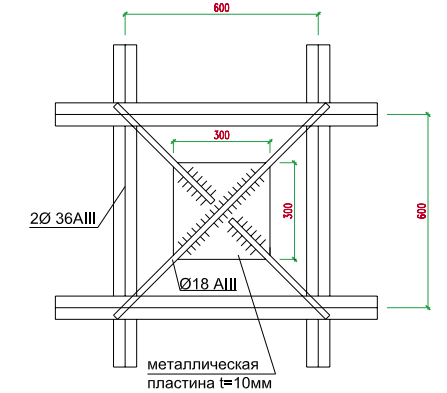


Схема закрепления защитной металлической пластины



-На схеме условно не показана часть арматуры каркаса 2Ø36AIII (300x300)

- давление конструкции на грунт;
- контроль напряжений (деформации) в конструкциях;
- вибрацию (колебания) здания;
- смещение объекта;
- измерение смещения структурных пустот и образование (раскрытие) трещин в конструкциях.

### Методы контроля:

- геодезический, геотехнический (геотехнологический) и геофизический мониторинг на основе новых перспектив детального обследования различных сейсмических и геофизических событий до и во время нулевого цикла строительства;
- контроль воздействия и сопротивления воздействию на стадии строительства и эксплуатации зданий и сооружений;
- мониторинг напряженно-деформированного состояния основных несущих конструкций здания;
- мониторинг нагрузок и воздействий как на конструкции, так и на все здание в целом;
- деформационный мониторинг;
- мониторинг структурного напряжения, динамического влияния и других деформаций, вызванных сейсмическими волнами;
- точное измерение расширения и сжатия структурных элементов, материалов и компонентов зданий и сооружений;
- точный расчет профиля внутреннего напряжения и оптимальная интерпретация динамического влияния.

вопроса мониторинга на основе оптоволоконка.

Волоконно-оптические сенсоры на базе использования решеток Брэгга (FBG) были созданы в качестве основы для новой системы мониторинга зданий и сооружений. Система эта используется для обеспечения измерения деформации, вибрации и температуры посредством оптического волокна. Она позволяет контролировать основные параметры несущих строительных конструкций, перечисленные выше.

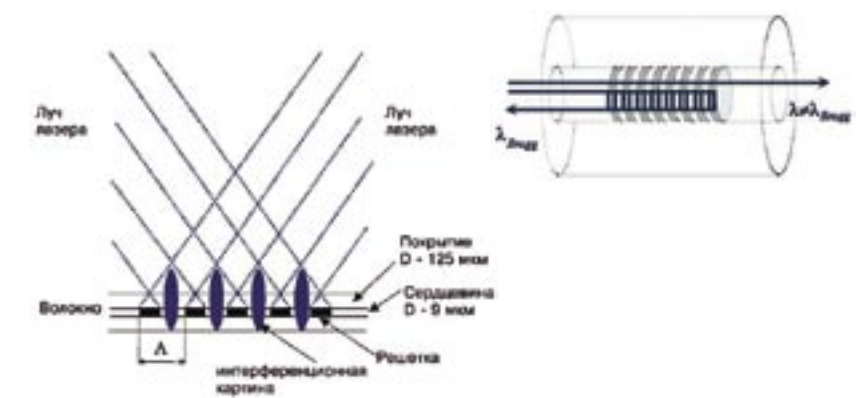
### ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ

Свет от источника попадает в волоконно-оптический кабель на одном конце волокна, а сенсор расположен на другом. FBG-сенсор отражает часть проходящего света с известной частотой, которая будет сдвигаться в зависимости от степени деформации или температурных изменений. Сдвиг частот отраженного света как раз и будет регистрироваться в особом блоке и затем переводиться в определенные величины деформации и температуры.

### ФУНКЦИИ FBG-СЕНСОРА

Решетка Брэгга действует по принципу периодического изменения коэффициента преломления внутри оптического волокна. Она отражает свет с определенной частотой, что зависит только от физической структуры решетки. Частота света меняется из-за деформации и тепла, влияющих на область расположения сенсора.

Решетка Брэгга

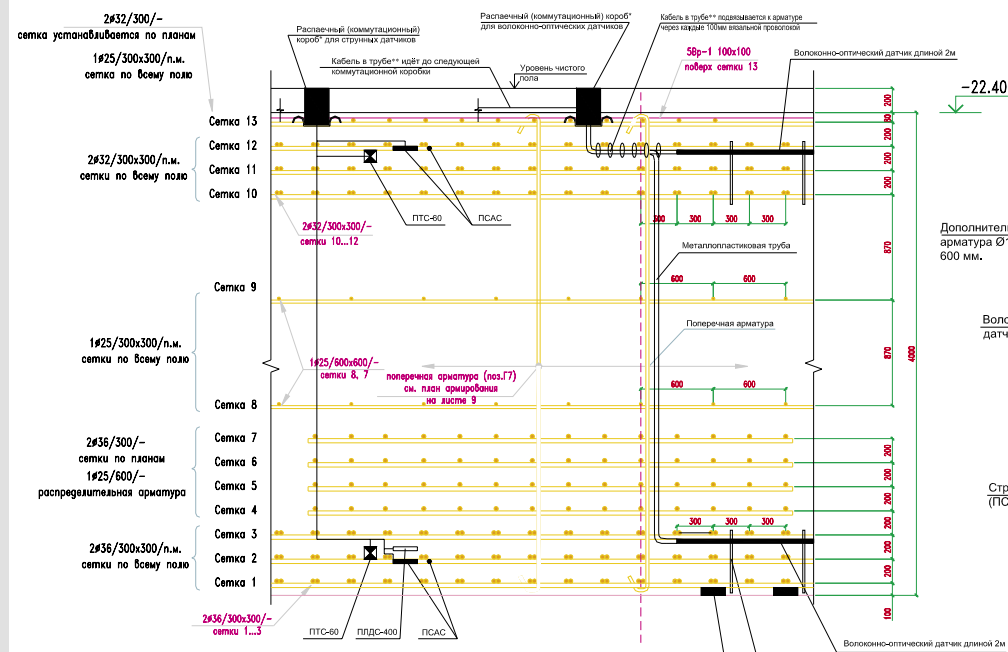


### ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Мониторинг дополняется плановым визуальным осмотром и инструментальным обследованием, а также внеплановым обследованием по сигналу, выработанному системой мониторинга.

Лавина аварий и катастроф, пронесшаяся по нашей стране в прошлые годы, заставила многие структуры повернуться лицом к проблеме безопасности зданий и сооружений. Выбор среди датчиков для мониторинга конструкционной безопасности сейчас достаточно широкий. Но давайте вначале разберемся в теории

Схема армирования фундаментной плиты (условно показано максимальное количество сеток)



Примечание: по завершению отдельных работ выполнить настенную разметку мест расположения коммуникационных коробов.  
 \* Короб распределительный 331x215x90мм 210x280x300 с термовкладышем IP66  
 \*\* Металлопластиковая труба Ø20  
 Спецификации по распределительным коробам с термовкладышем и трубами будут уточнены по факту поставки.  
 Расшифровка обозначений датчиков:  
 ЛПДС - струнный датчик на арматуре (2 сверху и 2 снизу)  
 ФТС-60 - тензометрический датчик (1 сверху и 1 снизу)  
 ЛПДС-400 - датчик линейной деформации бетона (1 сверху)

Схема расположения датчиков деформации на арматуре 2-го сверху и 2-го снизу арматурных каркасов

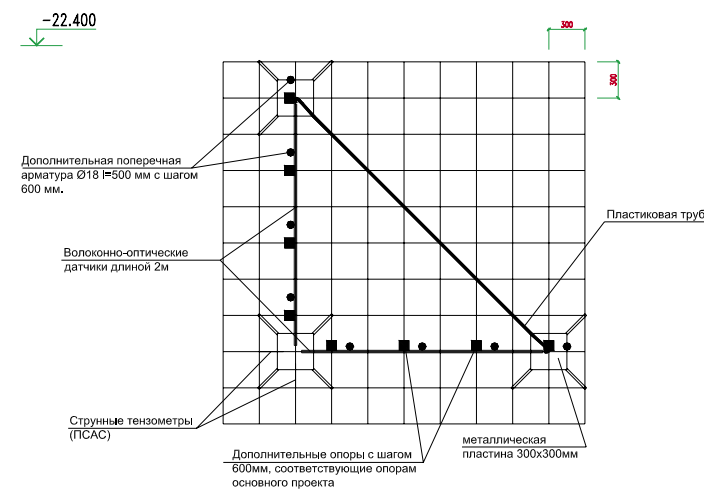


Схема закрепления защитной металлической пластины



**Мониторинг осуществляется на стадии возведения и эксплуатации зданий и сооружений, это установка датчиков (сенсоров) на основные несущие конструкции или их элементы, отвечающие за конструкционную безопасность зданий и сооружений**



**УДЛИНЕННЫЙ ДАТЧИК ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА (LG)**

Датчик может быть либо выполнен в виде вкладыша в бетонную структуру, либо предназначен для использования на поверхности, так как имеет якорь для закрепления на ней.

| Технические характеристики  | Стандарты        |
|-----------------------------|------------------|
| База измерения (м)          | 1 ... 2          |
| Диапазон измерений (мкм/м)  | -3000...8500     |
| Разрешение (от диапазона)   | 10 <sup>-4</sup> |
| Точность (от диапазона)     | ю <sup>-3</sup>  |
| Рабочий диапазон температур | -20°...80°C      |
| Длина кабеля                | до 1000 м        |

**Оптические параметры**

|  |                     |
|--|---------------------|
| Длина волны (нм)                         | 850/1300/1550       |
| Длительность на 1/2 амплитуды (FWHM)(нм) | < 0,3 или по заказу |
| Соединительное устройство                | по заказу           |

Установку системы мониторинга нулевого цикла здания Московской законодательной и исполнительной власти ММДЦ «Москва-Сити» на участке № 15 в составе двух различных видов датчиков – волоконно-оптических и струнных – осуществляет компания «Современные диагностические системы» (НПО СОДИС). Струнные датчики отечественного производства располагаются на свайном поле, в плите и под плитой. Эту работу осуществляет компания «Гидропроект». В каждой из выбранных для установки датчиков свай размещаются:

- датчик под пятой сваи для определения давления сваи на грунт типа ПНГС- 3(10);
- преобразователи силы арматурных ПСАС на двух уровнях по высоте сваи;
- датчики линейных деформаций бетона ПЛДС-400 на двух уровнях по высоте сваи.

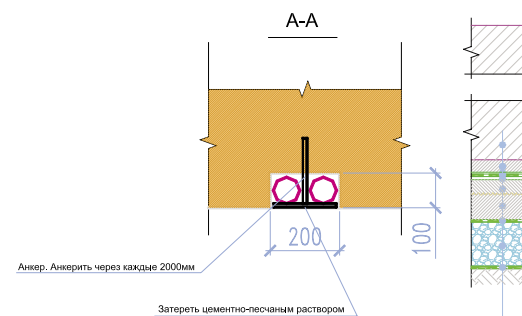
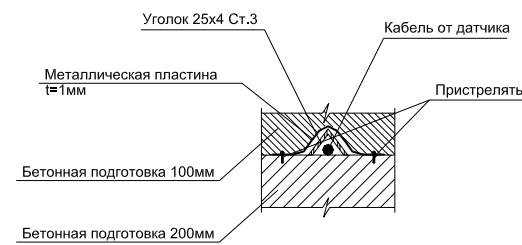
В плите и под плитой устанавливаются датчики давления воды ПДС-3 (10) в дренажной системе в уровне подготовки фундаментной плиты на контакте гравий-песок и датчики давления конструкции на грунт (ГД). В этих же местах в фундаментной плите устанавливаются:

- арматурные преобразователи силы типа ПСАС в верхнем и нижнем рядах арматурного каркаса;
- температурные преобразователи типа ПТС-60;
- датчик линейных деформаций бетона типа ПЛДС-400.

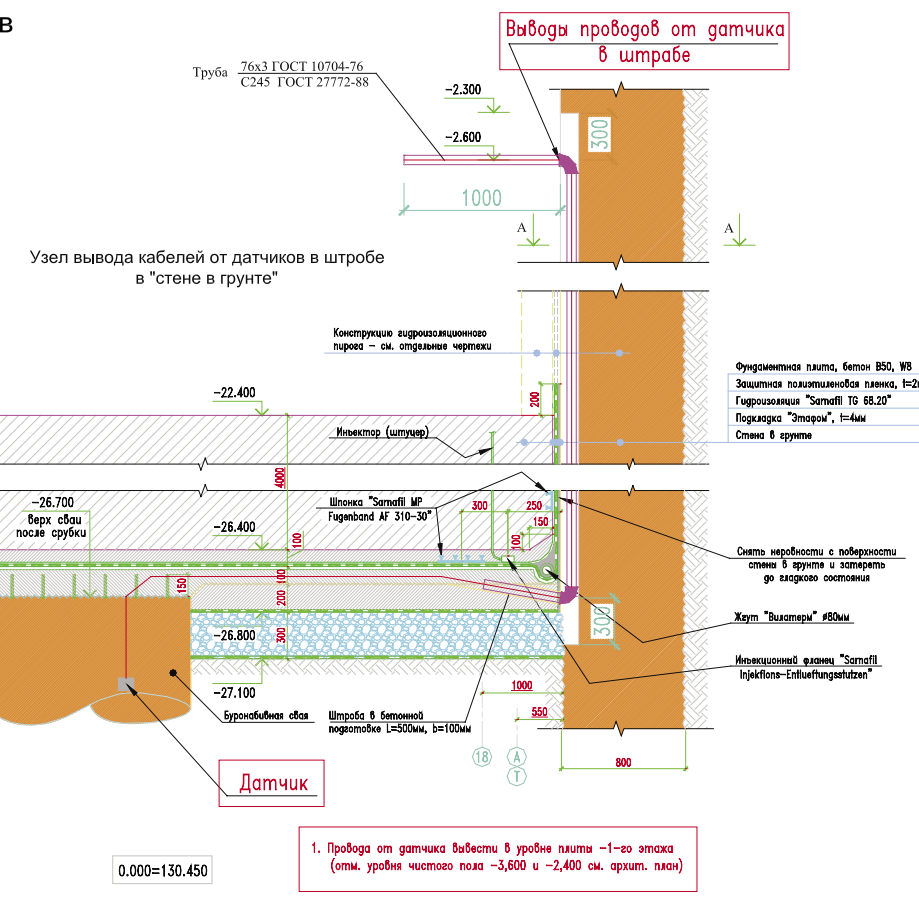
Удлиненные волоконно-оптические датчики деформации длиной 2 м устанавливаются в фундаментной плите, в верхнем и нижнем поясе в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Все датчики выводятся в коммутационные коробки с последующим соединением с контроллером и интеграцией с системой управления зданием. Основной составляющей современных зданий является комплекс инженерных систем, которые объединены в так называемую СУЗ (систему управления зданием) или SCADA (Super Control and Data Acquisition). На данный момент на российском рынке представлено огромное количество систем управления зданиями, от надежного и правильного функционирования которых зависят комфорт и безопасность находящихся внутри людей. Выбор той или иной системы полностью зависит от заказчика, а вернее от его кошелька. Автоматизированные инженерные системы здания (отопления, горячего и холодного водоснабжения, газоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха, электроснабжения, контроля освещения, аварийной и пожарной сигнализации, охранной сигнализации, контроля доступа, видеонаблюдения, управления вертикальным транспортом и т.д. – вот далеко не полный список систем, которыми оснащается современное здание) являются своего рода нервной системой, обеспечивающей оптимальное и безаварийное функционирование всего комплекса инженерного оборудования, а также значительное снижение затрат на энергоресурсы и эксплуатацию.

Использование новейших технологий привело к появлению одной из самых передовых в своей области типовых систем автоматизированного мониторинга технического состояния строительных конструкций, разработанной НПО СОДИС. В своей основе она имеет многоуровневую структуру, на первом уровне которой находятся первичные датчики и оборудование, позволяющие измерить основные параметры конструкционной безопасности. Контроллеры системы непосредственно обеспечивают управление локальными системами нижнего уровня, устройствами интеграции, осуществляют передачу информации о работе локального оборудования в сеть. Система включает пользовательские интерфейсы, обеспечивающие оптимальное управление.

**Узел устройства защиты кабеля в бетонной подготовке**



- Фундаментная плита, бетон В50, В8
- Ж.Б. армированная стяжка, бетон В25, В8
- Защитная полиэфирная пленка, l=2мм
- Гидроизоляция "Саталит ТГ 68.20"
- Подкладка "Эпорок", l=4мм
- Ж.Б. подготовка, l=100, бетон В25, В8
- Ж.Б. подготовка, l=200, бетон В25, В8
- Полиэфирная пленка, l=2мм
- Гранитный щебень, фракция 20...40 мм
- Геотекстиль



Второй уровень представлен системой сбора, управления и первичной обработки данных измерений в режиме онлайн, которая предназначена для централизованного управления, получения и обработки данных измерений с помощью каналов проводной или беспроводной связи, хранения результатов измерений, проверки работоспособности и калибровки первичных датчиков и оборудования. И далее комплекс специального программного обеспечения обрабатывает, отображает и оценивает реальное техническое состояние здания, т.е. проводит диагностику состояния основных строительных конструкций на предмет аварийности, либо извещает об их предаварийном состоянии. Он включает специальный процессор по интегрированной обработке различных измерений, алгоритм его работы основан на критериальной базе элементов зданий и сооружений, которая сформирована на основе допустимых нормативов и их сравнения с реальным положением дел на объекте мониторинга. Комплекс имеет возможность отобразить в трехмерном виде места и отрицательную динамику развития дефектов зданий. Информация передается в диспетчерский центр на основе BMS (Building Management System) в виде простых световых сигналов («зеленый» – нормально, «желтый» – повышенное внимание, «красный» – опасно) на автоматизированное рабочее место (АРМ) специалиста-диспетчера.

Таким образом, **можно сделать два вывода:**  
 1. Для обеспечения надежности и безопасности особо сложных и социально значимых зданий

**Все датчики выводятся в коммутационные коробки с последующим соединением с контроллером и интеграцией с системой управления зданием. Основной составляющей современных зданий является комплекс инженерных систем, которые объединены в так называемую СУЗ**

и сооружений необходимо создать научно-экспертный центр конструкционной безопасности, как некое объединение ученых и специалистов с необходимым программно-методическим и техническим обеспечением, которое может принимать различные организационно-правовые формы в этой сфере.

2. Следует подготовить и ввести технический регламент «Безопасность строительных конструкций высотных зданий» и методику технических решений по мониторингу состояния строительных конструкций.

Преодолевая инертность, а порой и откровенную нетерпимость по отношению к этой области определенного круга лиц, всем заинтересованным сторонам надо еще больше сплотить свои ряды вокруг архиважной темы конструкционной безопасности, диагностики и мониторинга технического состояния зданий и сооружений, ведь самым главным итогом нашей работы станут спасенные человеческие жизни. И тогда с полным основанием мы сможем сказать: «Мониторинг – это звучит гордо!». ■



# Высотные здания – продукт интеграции с системой общественного транспорта

Характерные силуэты высотных зданий делают легко узнаваемой любую местность. По ним люди отличают один город от другого, рассматривая фотографии городских пейзажей. Эти высотные здания уникальны с точки зрения архитектуры и размеров, но в первую очередь они отличаются своей высотой.

**П**режде всего хочется отметить небоскребы Торонто, Нью-Йорка, Чикаго, Дубая, Куала-Лумпура и Гонконга, ставшие своего рода символами. В нашем сознании они ассоциируются с городами, в которых построены.

В Нью-Йорке и Гонконге небоскребы оспаривают друг у друга право на внимание пешеходов. Они являются опознавательными знаками конкретного района города, бизнес-зоны или определенной коммерческой отрасли.

Все эти высоты имеют сообщение с сетью общественного транспорта города, что, возможно, и послужило первопричиной их строительства. Для того чтобы здания могли нормально функционировать, т.е. для того, чтобы их обитатели могли войти и выйти из зданий, не тратя много времени и усилий, сеть общественного транспорта необходимо расширять.

Все города мирового значения, в которых расположены самые известные небоскребы, обладают развитой транспортной инфраструктурой с мощной пропускной способностью для их обслуживания. То есть во всех таких городах была создана мощная транспортная сеть, «питающая» эти высотные здания.

Так, метрополитен Нью-Йорка ежедневно перевозит миллионы людей к Манхэттену и из него. Большинство из них имеют офисы в высотках. Без сомнения, если бы количество высоток не было так велико, не было бы и необходимости строить столько линий метро.

Первая линия метрополитена в Торонто, соединяющая станцию «Элингтон» со станцией «Юнион», была построена в 1954 году. В то время количество высотных зданий было еще невелико, но даже тогда из-за большого количества людей, работающих в старом здании Imperial Bank of Commerce и окружающих его домах, улица Yonge Street была перегружена транспортом.

Калгари





## Для того чтобы высотные здания и коммерческие центры были жизнеспособны, необходимо интегрировать их с системой общественного транспорта города

Когда линия была открыта, многие считали, что ее пропускная способность чересчур высока, что она не отвечает реальным потребностям города. Сейчас в часы пик линия перевозит до 40 тыс. пассажиров в час в деловой центр города, и, несмотря на это, ее пропускной способности уже не хватает. Так что мнение о том, что строительство линии с такой избыточной пропускной способностью было ошибкой, неверно само по себе.

С другой стороны, строительство метро позволило увеличить численность населения города, а также сделало возможным возведение высотных зданий, которые стали эмблемой Торонто.

Проблема строительства высотных зданий в тесной связи с расширением системы общественного городского транспорта касается многих крупных городов мира. Застройщикам приходится искать для стро-

ительства города, транспортная система которых сможет удовлетворить потребности, возникающие в связи с возведением высоток. Развитость транспортной инфраструктуры является одним из факторов, определяющих высоту здания. Если пропускная способность такой инфраструктуры недостаточна, осуществить строительство будет нелегко.

Вот почему необходимо, чтобы застройщики, осуществляющие возведение крупных высотных комплексов, вели тесный диалог с городскими властями, обсуждая вопросы размещения строительства в точках, где сообщение с транспортной инфраструктурой наиболее удобно. Если договоренность будет достигнута, обе стороны получают выгоду. Муниципалитет выигрывает от максимального использования населения общественного транспорта, а застройщик – от удобства сообщения инфраструктуры с комплексом.

В качестве примера таких договоренностей можно привести соглашения, заключенные застройщиками и городскими властями Торонто и Ванкувера. В результате тщательного планирования бизнес-комплексы (так называемые узловые центры) были построены вблизи станций метро, таким образом, линии метрополитена напрямую обслуживают работников и посетителей этих центров.

Шанхай, транспортная развязка вблизи высоток



В Торонто метро помимо центра города обслуживает такие узловые центры, как Yonge/Bloor, Yonge/Eglinton, North York Centre, Scarborough Town Centre и Yorkdale. В Ванкувере – Burnaby, Surrey, New Westminster и др. В Ванкувере продолжаются работы по строительству узловых центров вдоль линии Canada и организации сообщения с City Hall/Broadway, ванкуверским аэропортом и Richmond.

По мере приближения московской конференции мы все более внимательно оцениваем возможности столицы России с точки зрения высотного строительства. Мы задаем себе вопрос: способна ли система общественного транспорта города удовлетворить потребности, которые возникнут в связи с возведением высотных зданий?

Несколько лет назад городские власти Москвы приступили к осуществлению весьма амбициозного проекта – «Москва-Сити». Этот проект, бюджет которого измеряется миллиардами долларов, представляет собой узловой центр, в котором будет построен целый ряд высоток. Строительство некоторых из них уже завершено. Одними из ключевых моментов осуществления проекта были интегрирование существующих и новых линий метрополитена, а также сообщение с ближайшей станцией метро.

План проекта предусматривает организацию в долгосрочной перспективе железнодорожного сообщения с аэропортами Внуково и Шереметьево. Проект комплекса «Москва-Сити» включал организацию такого сообщения, хотя некоторые линии метро еще не были сданы в эксплуатацию.

Принимая во внимание перегруженность московских дорог, такие решения представляются весьма перспективными. Необходимо предотвратить проблему ограниченного доступа, т.е. ситуацию, при которой страдают жители высоток, работники расположенных в них организаций и посетители торговых центров. Ведь в результате застройщик и владелец центра терпит убытки, да и сам центр превращается в полузабытое сооружение, которое никто не хочет посещать.

Для того чтобы высотные здания и коммерческие центры были жизнеспособны, необходимо интегрировать их с системой общественного транспорта города вне зависимости от того, какой именно вид транспорта используется: метро, подземная железная дорога, монорельсовый или скоростной автотранспорт. Если это не будет достигнуто, город потеряет привлекательность с точки зрения развития бизнеса и туризма. ■

Ванкувер



# Останкинская телевизионная башня.

## Результаты расчета и реконструкции после пожара

### Расчет Останкинской телевизионной башни с учетом дефектов и разрушений, полученных в результате пожара

В августе 2000 г. произошел сильный пожар на Останкинской телевизионной башне. Возгорание началось на отметке ~ 453 м, и в течение почти полутора суток пожар спустился до отметки ~ 275 м, где его наконец удалось локализовать и потушить (рис. 1). Температура в очагах пожара составляла 200–500 °С.

В результате обследования, которое выполнялось группой сотрудников НИИЖБ при участии авторов доклада, были выявлены области серьезных повреждений в железобетонном стволе башни (рис. 2), в виде выколов защитного слоя бетона на внутренних

Рис. 2. Дефекты после пожара в стволе Останкинской телебашни  
 а) обрыв канатов, б) выколы бетона, в) трещины в железобетонной диафрагме, г) деформации металлической диафрагмы, д-е) трещины в стволе башни

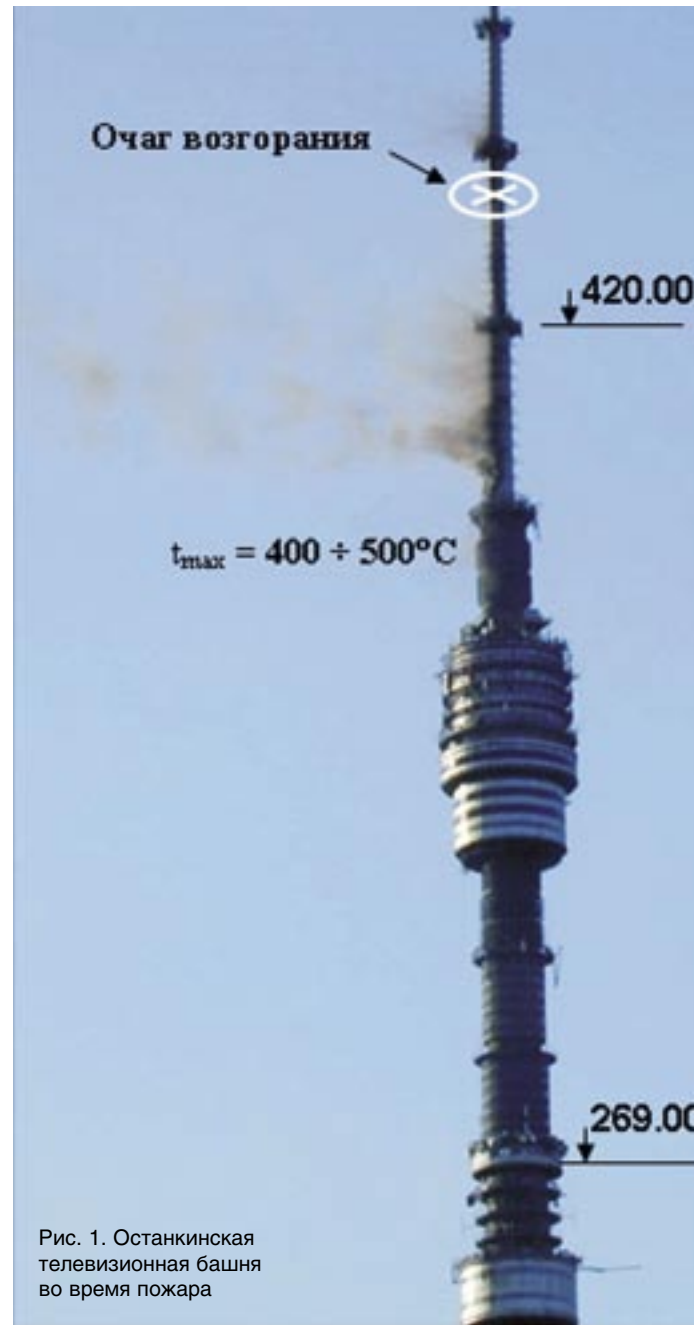
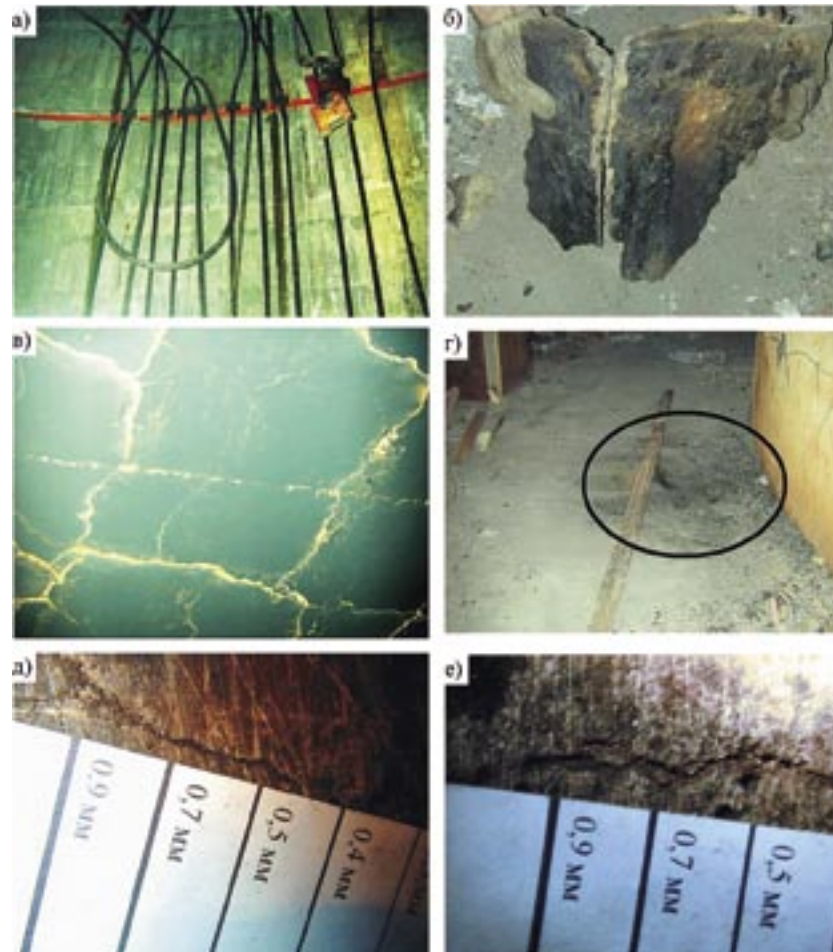


Рис. 1. Останкинская телевизионная башня во время пожара

Текст ВЛАДИМИР ТРАВУШ, акад. РААСН, д.т.н., проф., зам. директора ЗАО «ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева», НИКОЛАЙ КАРПЕНКО, акад. РААСН, д.т.н., проф., зав. лабораторией Проблем прочности и качества в строительстве НИИСФ РААСН, СЕРГЕЙ КАРПЕНКО, к.т.н., вед. науч. сотрудник НИИСФ РААСН

поверхностях ствола и множества трещин раскрытием 0,2–0,5 мм; практически полностью вышли из строя канаты, которые располагались в стволе башни и обжимали его.

После пожара авторами статьи на основании полученных данных была составлена новая подробная расчетная модель башни с учетом выявленных повреждений и определены резервы ее несущей способности.

Как известно, Останкинская башня состоит из двух частей – железобетонного ствола высотой 385 м и металлического ствола (антенны) высотой 155 м. Общая высота составляет 540 м.

Для моделирования напряженного состояния стенок металлической антенны и железобетонного корпуса в виде цилиндрических оболочек использовались оболочечные четырехугольные конечные элементы (КЭ). При этом срединные поверхности оболочек разделялись радиальными и горизонтальными сечениями (рис. 3, а–в); шаг радиальных сечений  $\Delta\varphi = 7,5^\circ$ , деление окружностей производилось на 48 частей, шаг вертикальных сечений равнялся ~ 0,2–0,5 м). Пространственный расчет выполнялся по программному комплексу Лира-Windows с учетом влияния дефектов по специально разработанным методикам.

Основные повреждения в железобетонном стволе башни, возникшие в результате пожара, были сконцентрированы на участке соединения железобетонного ствола башни с металлической антенной. Дефекты разделились на два вида:

- 1) в виде выколов защитного слоя бетона на толщину 50–80 мм с внутренней стороны ствола башни (в основном в верхней части ствола, в месте его соединения с металлической антенной);
- 2) в виде горизонтальных трещин раскрытием 0,15–0,35 мм.

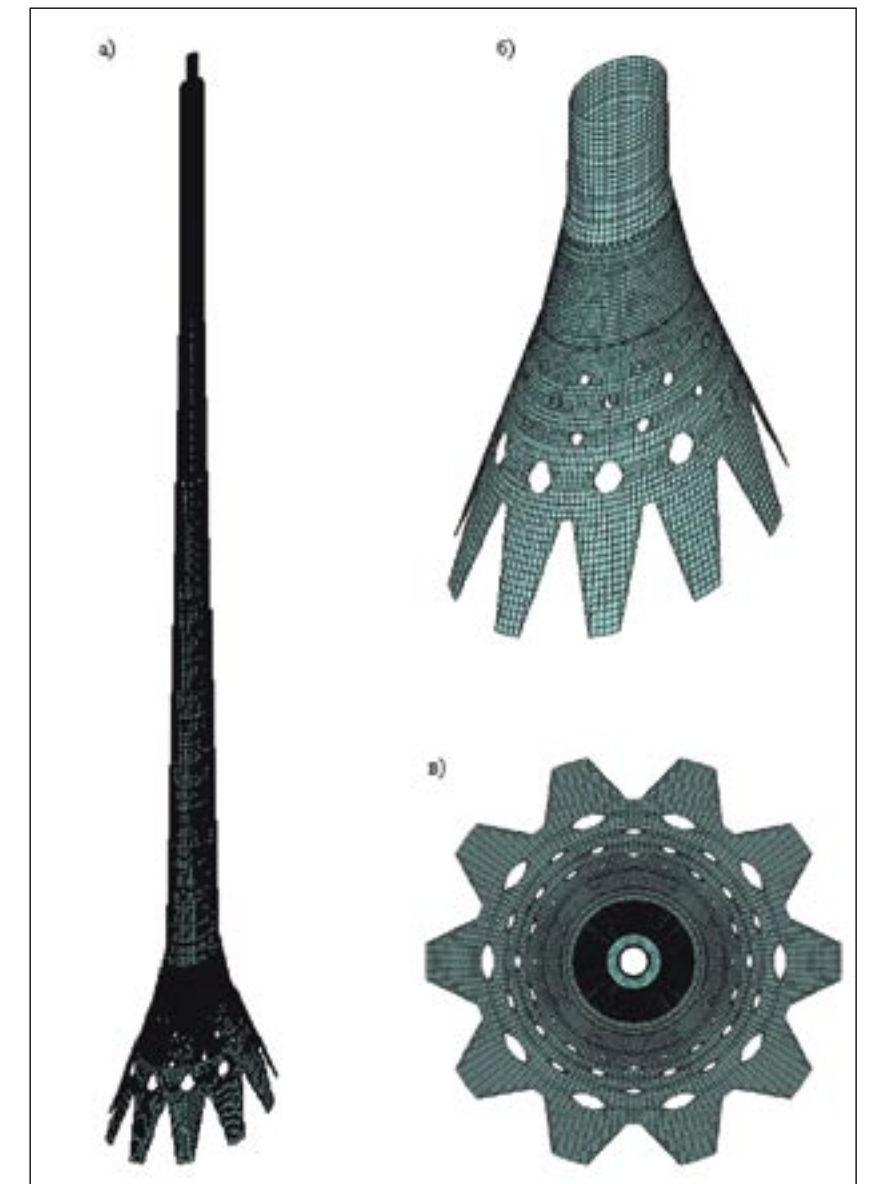
Выколы учитывались в расчетах путем уменьшения толщины стенок цилиндрической оболочки железобетонного ствола башни – точнее, сведением практически до нуля значений защитного слоя бетона в этих областях. Кроме того, оголенная арматура не учитывалась в расчетах на сжатие из-за возможности потери устойчивости. Что касается трещин, то их влияние учитывалось следующим способом. В сжатой части сечения трещины приводили к снижению прочностных характеристик бетона и его модуля на 15%, а в растянутой зоне они сказывались на снижении жесткости через снижение модуля упругости бетона. Эквивалентный сниженный модуль находился из равенства жесткостей элемента без трещин и элемента с трещинами. Жесткости с трещинами определялись по раскрытию трещины на основании диаграммного метода расчета и автоматизированного проектирования элементов кольцевого сечения. В элементах с трещинами жесткость снижалась до 4 раз.

Прочность железобетонного ствола башни оценивалась по трем методикам: методике СНиП 2-03-01-84\*, диаграммному методу, в котором учитывались двухрядное расположение арматуры в стенках и реальная диаграмма деформирования арматуры, и по крите-

риям прочности оболочечных конечных элементов (КЭ). В СНиП 2-03-01-84\* двухрядное армирование учитывается приближенно – путем сведения к однородному. Влияние выколов по первым двум методикам оценивалось за счет снижения толщины сечения. При этом усилия в отдельных конечных элементах по сечениям железобетонного ствола башни сводились к общим моментам и нормальным силам. Во всех случаях прочность ствола башни из-за имевшихся запасов оказалась обеспеченной, хотя в отдельных областях во время пожара она снижалась более чем в 1,5 раза. Диаграммная методика приводила к несколько большему (до 29%) запасам по прочности (т.е. к большим моментам, воспринимаемым сечениями).

На снижение запаса прочности оказали влияние два фактора: 1) выколы бетона (при этом прочность снизилась до 20%); 2) неравномерный обрыв канатов во время пожара, который привел к значительному внецентренному сжатию башни вместо центрального по проекту. Действующие моменты в верхней части железобетонного ствола башни (из-за неравномерного обрыва канатов) увеличились в узле соединения

Рис. 3. Конечнo-элементная расчетная схема железобетонного ствола башни  
 а) железобетонный ствол, б) нижнее основание, в) вид сверху





железобетонного ствола с металлической антенной в 1,62 раза, однако из-за заложенных в этой части более чем трехкратных запасов по прочности при проектировании моменты, воспринимаемые сечением, в 1,86 раза превышали действующие. Однако по высоте башни имелись сечения, где проектные моменты приближались к расчетным (моменты, воспринимаемые сечением, на 14% превышали действующие).

Что касается таких критериев, как жесткость, трещинообразование и раскрытие трещин, определяющих несущую способность по второй группе предельных состояний, то железобетонный ствол после выхода из строя канатов перестал им удовлетворять, чем и вызвана была рекомендация по скорейшему натяжению новых канатов, ремонту трещин и выколов.

Как уже указывалось, в результате обследования было установлено, что наибольшие повреждения получил основной конструктивный узел соединения железобетонного ствола с металлической антенной.

В основном узле соединения металлическая антенна заходит внутрь железобетонного ствола ~ на 10 м и крепится к стволу на двух уровнях (на отметках 385,5 м и 375,1 м). В верхней части металлический ствол прикрепляется к кольцевому утолщению железобетонного ствола (в виде кольцевой плиты-диафрагмы толщиной 1,5 м, рис. 4, в) при помощи специальной круговой анкерной детали, которая с одной стороны приваривается к металлической оболочке, а с другой – при помощи круговой системы вертикальных анкеров закрепляется в железобетонной плите-диа-

фрагме (рис. 4, б). В нижней части крепление осуществляется через металлическую диафрагму.

Учитывая большую ответственность узла соединения, все его элементы моделировались весьма тщательно с учетом полученных повреждений.

Железобетонная плита-диафрагма (рис. 4, в) моделировалась объемными элементами КЭ в цилиндрической системе координат. Шаг радиальных сечений разбивки  $\Delta\varphi = 7,5^\circ$ , разбивка по вертикали производилась на восемь частей. На нижней поверхности плиты диафрагмы было обнаружено множество трещин (рис. 2, в), которые учитывались путем снижения жесткости элементов на глубине проникновения трещин по указанной выше методике.

Особое внимание уделялось тщательному моделированию всех элементов анкерных деталей (рис. 4, б). Пластины представлялись системой четырехугольных КЭ, косынки – четырехугольных и треугольных КЭ.

Нижняя диафрагма была представлена в виде плоской кольцевой плиты с разбивкой на КЭ радиальными и кольцевыми сечениями (рис. 4, а).

Особую трудность в МКЭ представляет моделирование анкеровки стержней в плите-диафрагме. Был разработан специальный способ внедрения стержней в узлы объемных КЭ. Известно, что на начальном (от места приложения силы) отрезке стержня практически полностью нарушается его сцепление с бетоном, и он не оказывает сдерживающего влияния на деформации стержня. В других узлах условие совместности перемещений арматуры и бетона будет частично нарушаться, приводя к частичной сдвигке узлов стыковки арматуры и конечных элементов из бетона. В расчетной схеме эти факторы учитывались по двухступенчатой модели. На первом участке стержня длиной ~ 10 см в узлах стыковки полностью исключалась связь перемещений стержня и плиты, вводилась их расстыковка, а на остальных участках накладывалось условие совместности перемещений арматуры и бетона в узлах КЭ. Величины участков назначались из условия совпадения смещений арматуры относительно бетона, вычисляемых по предлагаемой двухступенчатой схеме и более точными методиками.

Укажем еще на одно обстоятельство. Не все усилия с анкерной детали передавались на железобетонную плиту-диафрагму через анкера. Исследования показали, что примерно на 40% периметра анкерной детали усилия в анкерах являются растягивающими, а на 60% – сжимающими. В результате расчетная схема была уточнена – в области растяжения усилия передавались только через анкера, а в области сжатия учитывалось прижатие анкерной детали всей поверхностью к бетонной плите-диафрагме путем приравнивания вертикальных перемещений в соответствующих узлах анкерной детали и находящихся под ней узлов КЭ плиты.

Остановимся на особенностях моделирования креплений нижней диафрагмы к железобетонному стволу башни. Поскольку ствол башни представлялся оболочечными КЭ, заданными геометрией срединной поверхности ствола, моделирование анкеров воз-

можно было только стержневыми или плоскими элементами, прикрепляемыми к срединной поверхности. В расчетной модели анкера представлялись двумя кольцевыми пластинами с двухступенчатой приведенной жесткостью. На части растянутого периметра жесткость анкерных пластин соответствовала жесткости стержней на выдергивание (условная толщина), а на другой сжатой части – условно жесткости слоя бетона толщиной  $0,5h$  на сжатие, где  $h$  – толщина железобетонного ствола.

Расчет показал, что реальная схема передачи усилий с металлической антенны на анкера значительно отличается от классической, принимаемой в виде потока касательных сил по круговому контуру диафрагм. Последняя схема реализуется лишь в нижней

диафрагме. В верхней диафрагме возникает значительное защемление антенны в кольцевой железобетонной плите-диафрагме и передача через нее значительных моментов с верхней металлической антенны на нижний железобетонный ствол. Этот фактор оказал существенное влияние на напряженное состояние и прочность всех элементов узла крепления металлической антенны с железобетонным стволем башни (рис. 5).

В плите-диафрагме указанный эффект защемления привел к существенному неоднородному напряженному состоянию (к значительному изменению всех шести компонент напряжений, частично – для двух компонент – они представлены на рис. 5, а, б). По полученным компонентам напряжений вычислялись

Рис. 4. Расчетная схема узла соединения железобетонного ствола с металлической антенной

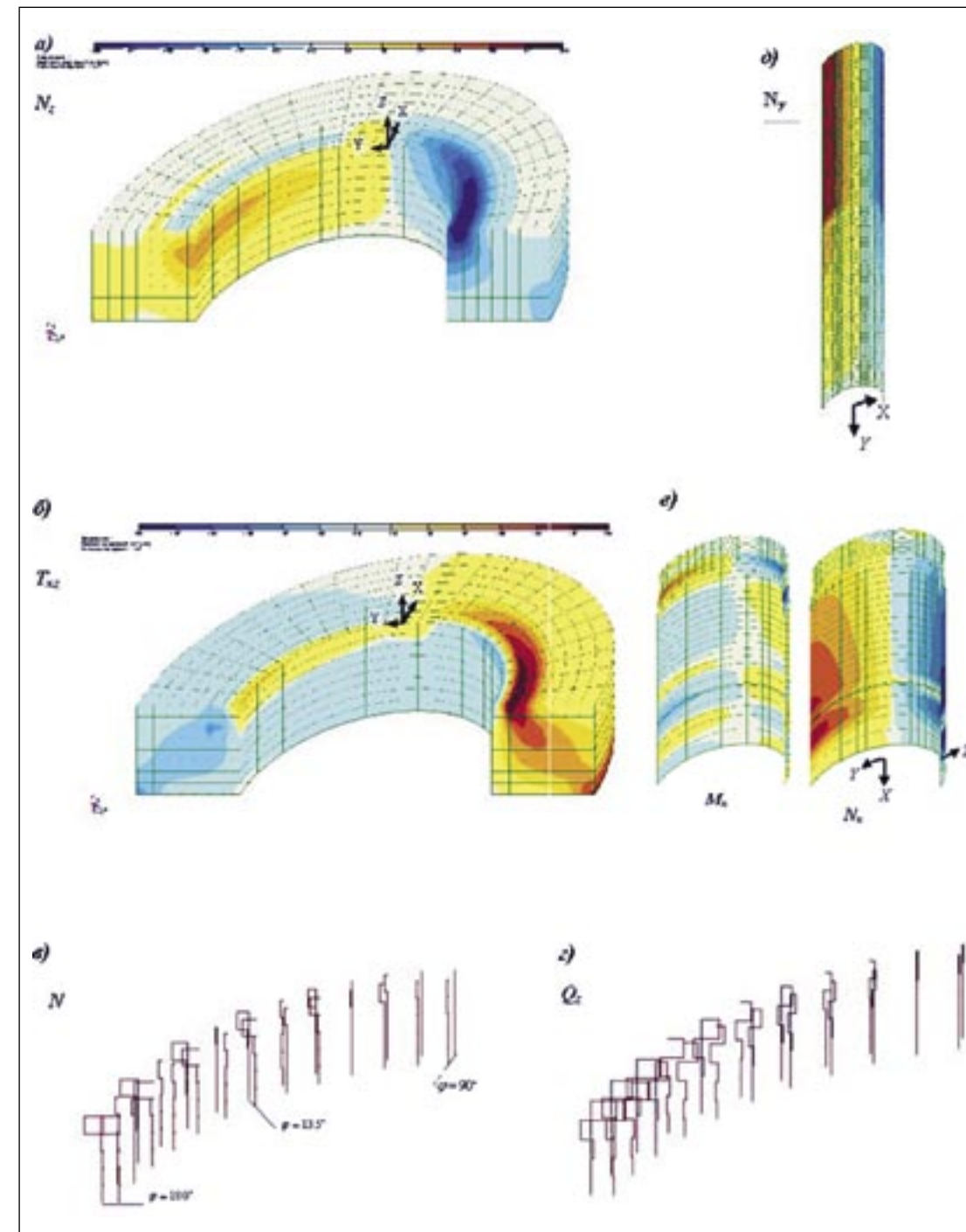
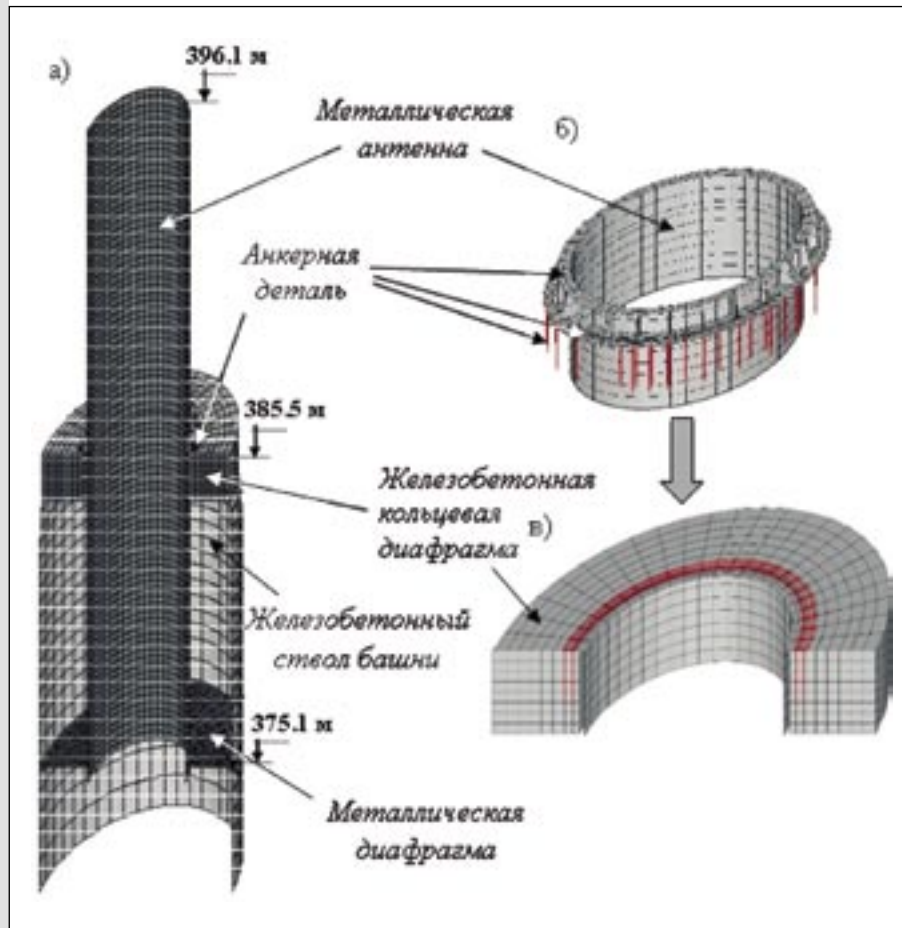


Рис. 5. Напряженное состояние в элементах башни: а–б) в железобетонной диафрагме, в, г) в анкерах детали, соединяющей железобетонную диафрагму с металлической антенной, д) в железобетонном стволе башни между двумя диафрагмами



**Прочность ствола башни из-за имевшихся запасов оказалась обеспеченной, хотя в отдельных областях во время пожара она снижалась более чем в 1,5 раза. Диаграммная методика приводила к несколько большим (до 29%) запасам по прочности (т.е. к большим моментам, воспринимаемым сечениями)**

главные напряжения и по ним определялись три вида областей: 1) области трехосного неравномерного сжатия, 2) области смешанных напряжений «сжатия-растяжения» и 3) области трехосного растяжения. Для первых областей проверялась прочность бетона на сжатие, для вторых – прочность бетона на сжатие и прочность элемента на растяжение по арматуре, для третьих – прочность элемента на растяжение по арматуре. В качестве расчетных принимались критерии общих моделей механики железобетона.

Эффект защемления металлической антенны в верхней железобетонной плите-диафрагме привел к возникновению значительных усилий в анкерах анкерной детали крепления. Нормальные и касательные усилия в анкерах распределялись довольно неравномерно и различались по модулю до 2 раз и более (рис. 5, в, г). При этом в силу действия моментов в области защемления на части анкерной детали усилия в анкерах были растягивающими и на другой половине сжимающими. В областях действия максимальных усилий прочность анкеров и металлических деталей обеспечивалась с небольшим запасом (до 5–16%). Были даны рекомендации по усилению узла, представленного на рис. 4, б.

Анализ полученных эпюр напряжений показал, что прочность элементов верхней железобетонной плиты-диафрагмы по бетону на сжатие и по арматуре на растяжение при возникших дефектах обеспечивалась, однако при этом нарушалось требование норм по допустимой ширине раскрытия трещин, которые потребовали «залечивания» путем инъектирования полимерными растворами.

При обследовании нижней диафрагмы после пожара в ней было обнаружено значительное коробление с большими вмятинами, что указывало на то, что во время пожара нижняя диафрагма могла потерять устойчивость. Действительно, пожар распространялся вдоль одной из сторон башни. При этом односторонний разогрев нижней диафрагмы доходил до 500°C. Моделирование такой ситуации путем значительного снижения модуля металла в области разогрева и учета температурных напряжений показало потерю устойчивости металлической диафрагмы от действия момента, передаваемого с верхней метал-

лической антенны на железобетонный ствол башни через диафрагму. При этом значительно возрастали усилия на анкера диафрагмы с другой стороны ее крепления к железобетонному стволу, что обусловило существенные повреждения в местах заделки анкеров в тело железобетонного ствола в виде выколов бетона. Моделировалась еще одна схема работы металлической диафрагмы во время пожара. В этой модели в области пожара находилась растянутая часть диафрагмы и ее анкера. Растянутые анкера из-за температурных деформаций исключались из работы, и в расчетной модели оставались только анкера сжатой зоны. Такая ситуация приводила к значительному перенапряжению сжатой области диафрагмы и к потере устойчивости. Были даны рекомендации по усилению металлической диафрагмы и ее креплений к стволу башни.

Полученные эпюры нормальных сил в металлической антенне свидетельствуют об указанном эффекте ее защемления в плите-диафрагме (рис. 5, д).

В результате моделирования выявлена основная схема деформирования башни при пожаре. В процессе огневого воздействия нижняя металлическая диафрагма в основном узле соединения железобетонного ствола с металлической антенной потеряла устойчивость и все моментные усилия от антенны передались на верхнюю железобетонную диафрагму, которая, как показали расчеты, оказалась способной воспринять эти усилия благодаря мощной системе анкеров анкерной детали (рис. 4, б). Такое напряжение верхней плиты-диафрагмы привело к возникновению дополнительных моментов, а также дополнительных нормальных и касательных сил в железобетонном стволе в месте соединения с диафрагмой (рис. 5, е). При этом, несмотря на повреждения и дополнительные нагрузки от неравномерного обрыва канатов, остаточная прочность верхней части ствола башни оказалась достаточной в виду заложенных при проектировании запасов прочности. Результаты расчета были в полной мере учтены при восстановлении и реконструкции башни после пожара.

#### **СЕМЬ ЛЕТ ПОСЛЕ ПОЖАРА. РЕЗУЛЬТАТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

Руководство всем процессом реконструкции было возложено на ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева. В первую очередь были устранены повреждения железобетонного ствола башни и верхней железобетонной диафрагмы. Технология ремонта поврежденных участков была разработана лабораторией полимербетона НИИЖБ. Заделка трещин осуществлялась низковязкой полимеризующей композицией на основе метилметакрилата (ММА). Эта композиция, закачиваемая в трещины под давлением, легко заполняет их с пропиткой берегов трещины на глубину 5–10 мм и после полимеризации восстанавливает сплошность бетона. Указанная композиция применялась также для пропитки выветренных поверхностей башни и трещин, возникших в ней до пожара. Отслоения защитного слоя, а также более



мелкие сколы заделывались полимерцементным составом на основе вяжущего низкой водопотребности с добавлением полимерной эмульсии. Состав закачивался под опалубку, устанавливаемую над участком с отслоившимся бетоном. Отслоившийся (бухтящий) бетон укреплялся инъекцией полимеризующей композиции на основе ММА в образовавшуюся пустоту.

При этом для предотвращения повторного отслоения ремонтного состава от поверхности дефектных участков с выколами бетона к составу предъявлялись следующие требования: прочность бетона на растяжение и сжатие должна быть выше прочности бетона ремонтируемой конструкции, адгезия к «старому» бетону должна быть выше его прочности на растяжение. Принятая технология восстановления целостности железобетонного ствола позволила вести работы круглосуточно и сократить цикл этих работ на 1,5–2 года.

После устранения повреждений бетона начался процесс полной замены старых канатов на новые с их натяжением в определенной последовательности. На данный момент эти работы полностью завершены (рис. 6).

В результате воздействия высоких температур металлоконструкции лифтовых шахт, машинных помещений и приямков были значительно дефор-

мированы и частично разрушены. Были разработаны специальные технологические схемы по усилению нагруженных металлических конструкций шахтной клетки высотой 320 м, находящихся в стесненных условиях при отсутствии возможности их замены. Эти технологии были проверены на экспериментальной площадке, фрагменты металлических конструкций испытаны на действие расчетных нагрузок и только после этого проводилось их усиление.

Даже после проведения капитальных работ по их восстановлению геометрия лифтовых шахт оказалась сильно нарушена. Возникла серьезная проблема возможности восстановления лифтового хозяйства башни. По результатам всесторонних обмеров с помощью специальной компьютерной программы была создана реальная модель лифта и рассчитаны оптимальная геометрия и местоположение лифтовых шахт, кабин и лифтовых агрегатов.

Благодаря сотрудничеству с целым рядом научно-исследовательских институтов удалось полностью восстановить несущую способность конструкций телебашни и в полном объеме наладить работу специального оборудования. А построенные и введенные в эксплуатацию новые скоростные лифты телебашни по уникальности значительно превосходят как бывшие, так и современные лифты ряда других высотных сооружений. ■

Рис. 6. Новые канаты Останкинской телебашни



# Системы автоматизации зданий и эффективность эксплуатации

**В последнее время вопрос экономии энергоресурсов выходит на первое место не только в Европе, но и в России. Дефицит энергоресурсов уже ощущается в динамично развивающихся городах России, в том числе и в Москве. Особенно актуальны эти вопросы при эксплуатации высотных зданий, высокотехнологичных и сложных объектов.**

При рассмотрении вопросов применения систем автоматизации зданий необходимо отметить их прямую взаимосвязь с эффективностью эксплуатации. Наиболее яркое выражение эта взаимосвязь нашла, в частности, в Европейской целевой программе энергоэффективности зданий, реализацией которой руководит Ассоциация по автоматизации зданий EU-BAC в соответствии с принятой в 2002 году Директивой Европарламента. В докладе Винфрида Брандта, управляющего директора EU-BAC, на конференции в рамках выставки Light & Building 2006 были приведены заслуживающие внимания цифры.оборот рынка систем управления зданиями в Европе в 2005 году составил 3,3 млрд. евро. Из них 45% рынка – это новое строительство и 55% – реконструируемые здания. Расход энергоносителей, особенно газа, составляет: 41% – здания, 31% – промыш-

ленность, 28% – транспорт. В связи с этим понятно внимание, уделяемое вопросам энергоэффективности оборудования зданий, существенная часть которых решается за счет применения систем автоматизации. Это нашло выражение в Целевой европейской программе сертификации для жилых и общественных зданий по использованию энергоносителей. По словам Винфрида Брандта, «без сертификации производитель не может серьезно заявлять об эффективности своих продуктов».

В России отношение к эффективности эксплуатации зданий приняло в последнее время своеобразное выражение. Если еще несколько лет назад основными факторами, сдерживавшими внедрение систем автоматизации, считались относительная дешевизна энергоресурсов и рабочей силы, то сейчас намного более актуальными оказались ограничения по выделяемым энергоресурсам при высокой стоимости на предос-

тавление сверхнормативных мощностей, а также выявившиеся в процессе профессионального управления высокие затраты на эксплуатацию.

Эти новые тенденции нашли свое отражение на прошедшей 5 апреля в рамках выставки МосБилд-2007 конференции «Возможности автоматизации современных административных и жилых зданий для архитекторов и эксплуатационных служб», организованной Центром автоматизации зданий.

Главной темой мероприятия стали практически реализованные на различных объектах решения и реально полученный в процессе эксплуатации экономический и технический эффект. В этом заключалась отличительная черта конференции. Приводившиеся данные представляют очевидный интерес для специалистов в области высотного строительства, хотя касаются не только высотных объектов.

Текст ВЛАДИМИР МАКСИМЕНКО, исполнительный директор Центра автоматизации зданий, председатель комитета НП «АВОК» «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ»

В частности, приводились расчеты объема инвестиций в системы автоматизации инженерного оборудования. В процессе работы над одним из таких объектов выяснилось, что выделенная мощность в 2 раза меньше необходимой для обеспечения нормального функционирования заложенного в проект оборудования. Это заставило компанию-интегратора, реализовавшую данный проект, предпринять целый комплекс мероприятий по снижению энергопотребления. Среди них как применение энергосберегающих технологий и оборудования, так и реализация специальных алгоритмов управления инженерным оборудованием, закладываемых в системы автоматизации, которые позволили обеспечить энергосберегающие режимы функционирования оборудования и распределить по времени работу наиболее энергозатратных систем. По ряду систем достигнутый эффект составлял от 20 до 50%. В итоге для объекта, состоявшего из четырех зданий, удалось приблизить энергопотребление к выделенным мощностям. При этом потребление энергии частью зданий выходило за отведенные пределы, в то время как оставшиеся использовали меньшее ее количество. В результате общее потребление удалось вписать в размеры выделенной мощности, так как использование сверхнормативных ресурсов не удовлетворяло заказчика из-за их высокой стоимости.

Большой интерес вызвали доклады представителей управляющих компаний. В первом из них, посвященном организационным аспектам применения систем автоматизации зданий, были рассмотрены вопросы распределения ресурсов между функциями управления при наличии и отсутствии систем автоматизации и диспетчеризации. Эта информация наглядно показала преимущества, достигаемые на этапе эксплуатации за счет применения систем автоматизации зданий, причем интересно было то, что они появляются и в областях, не имеющих прямого отношения к указанным системам.

Доклад представителя второй управляющей компании содержал развернутую статистическую информацию о результатах применения систем автоматизации инженерного оборудования здания на конкретном объекте площадью 43 000 кв. м, который в качестве одной из подзадач, требующих решения, также имел существенные ограничения по подводимым мощностям. Реализованная в результате система обеспечивала мониторинг и управление пятью основными типами помещений, имеющими более 30 типов индивидуальных configura-

**Автоматизация систем управления позволила существенно снизить затраты на обслуживание объекта. Так, экономия энергоресурсов составила 12–17%, повысилось качество работы сервисных служб. Общая экономия составила около 120–170 тыс. долл. в год**



ций, выполнение диагностики любых неисправностей и нарушений, дистанционное управление оборудованием, а также осуществление архивации всех данных.

Масштабное внедрение технологии LonWorks позволило эффективно распределить 4,5 МВт холодильной энергии и 400 кВт освещения офисных зон, обеспечивая для всех пользователей комфортные условия.

Суммарный объем информационных «точек» всех систем здания составил более 25 тыс., системы визуализации насчитывали более 800 графических схем, выводимых на семь станций операторов управления.

Автоматизация систем управления позволила существенно снизить затраты на обслуживание объекта. Так, экономия энергоресурсов составила 12–17%, повысилось качество работы сервисных служб. Общая экономия составила около 120–170 тыс. долл. в год. Кроме того, по данным службы эксплуатации, постоянный анализ системой автоматизации поступающей с контроллера холодильной машины информации позволил заблаговременно пре-

дупредить диспетчера об изменениях в работе компрессора, оценочная стоимость ремонта которого составила бы 12 тыс. у.е. Это только один из выявленных случаев. Более полная статистика показывает, что система автоматизации позволила избежать реальных расходов, исчисляемых десятками тысяч у.е.

В то же время достигнутое за счет применения системы автоматизации и диспетчеризации сокращение обслуживающего персонала не менее чем на восемь человек позволило сэкономить в течение года около 93 тыс. у.е. при общем повышении качества работы инженерных систем.

Это только некоторые из приведенных на конференции данных, но и они убедительно и на конкретных примерах подтверждают целесообразность применения систем автоматизации зданий, что особенно актуально для высотного строительства. Предложенный формат конференции, по отзывам участников, вызвал интерес, и Центр автоматизации зданий планирует сделать такие мероприятия регулярными. ■





# Молниезащита высотного здания



Олег Чернышов,  
зам. главы  
представительства  
DENN в России

Молния – одно из самых впечатляющих природных явлений, но и последствия ее попаданий в сооружения бывают не менее впечатляющими. Удар молнии сопровождается рядом эффектов, которые могут быть разрушительными и опасными, следовательно, от них требуется защита. Наиболее часто ударам молнии подвергаются высотные здания.

При прямом попадании молния воздействует на объекты тепловым и механическим ударом, они также подвергаются воздействию значительных токов, порой до ста тысяч ампер. При этом возникают разрушения и пожары, ведь температура ствола молнии достигает 30 тыс. градусов! Энергия разряда настолько велика, что ее вполне хватило бы зажечь миллион электрических лампочек.

Какую опасность может нести молния? Во-первых, механические повреждения. Молния в буквальном смысле слова способна вырвать часть бетонной конструкции. Причем ее удар может быть нанесен и в боковую поверхность высотного здания. Во-вторых, опасность возгорания, ведь огромная электрическая энергия трансформируется в тепловую. В-третьих,

наведенные в электрических проводниках токи в несколько десятков киловольт ввиду электромагнитной индукции способны вызывать короткие замыкания, что ведет к повреждению электрооборудования, связи и компьютеров. Таким образом, молния способна нанести серьезный ущерб зданию. Более того, выход из строя оборудования может парализовать работу многих служб.

Вот почему молниезащита высотного здания является важной составляющей, проработку которой необходимо вести на этапе проектирования.

## МОЛНИЕОТВОДЫ

Для защиты от этого природного явления традиционно используют молниеприемники. Наиболее

известные молниеотводы – стержневые, тросовые и в виде молниеприемной сетки с размером ячейки 5х5 м или более. Все они получили наибольшее распространение благодаря простоте, невысокой стоимости и в силу исторической традиции. Кровля современного высотного здания представляет собой сложную геометрическую форму, поэтому одной или несколькими отдельно стоящими молниеприемными мачтами обойтись не удастся. На крыше располагают чиллеры системы кондиционирования воздуха и передачи данных, антенны, сигнальные огни и другое электрооборудование. Задача системы молниезащиты – защитить все это оборудование, электрические и информационные кабели, а также саму кровлю. При проектировании молниезащиты важно учитывать безопасное расстояние от молниеприемных проводников до электрооборудования или кабелей. Соблюдение безопасного расстояния позволит избежать пробоя молнией воздушного промежутка и дальнейшего растекания тока по электрическим магистралям.

**При прямом попадании молния воздействует на объекты тепловым и механическим ударом, они также подвергаются воздействию значительных токов, порой до ста тысяч ампер. При этом возникают разрушения и пожары, ведь температура ствола молнии достигает 30 тыс. градусов!**



Решением вопроса молниезащиты такой сложной кровли является создание молниеприемной сетки с применением одновременно стержневых и тросовых молниеприемников, опорных мачт и проводников. Безопасное расстояние обеспечивают многочисленные изоляционные держатели. В итоге получается, что сетка, как «зонтик», покрывает все электрооборудование на кровле. Использование современных комплектующих позволяет сохранить архитектурный облик здания, не менять его эстетику.

Далее молниеприемную сетку соединяют с токоотводами или «спусками», которые предназначены для отведения тока молнии по фасаду здания на заземляющий контур. Они входят в систему молниезащиты, так же как и заземление, которое необходи-

мо для равномерного и безопасного растекания тока молнии в землю.

В настоящее время руководящим документом по грозозащите является «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций», утвержденная приказом Минэнерго России от 30 июня 2004 г. № 280. Этот документ подробно описывает, какие меры следует принимать по молниезащите. Но только для зданий высотой до 60 м.

Отличительная особенность зданий выше 60 м – то, что удары молний приходятся не только в кровельную часть, но и в боковую. Ту, которая превышает 60-метровую отметку. В этом случае в стандарте МЭК 62305 указано на необходимость использования молниеприемной сетки на боковой поверхности здания с

Вертикальный удар молнии



Молниезащитная сетка, защита систем кондиционирования воздуха



Молниезащитная сетка



**Кровля современного высотного здания представляет собой сложную геометрическую форму, поэтому одной или несколькими отдельно стоящими молниеприемными мачтами обойтись не удастся. На крыше располагают чиллеры системы кондиционирования воздуха и передачи данных, антенны, сигнальные огни и другое электрооборудование**

таким же размером ячейки, как и на кровле.

В последнее время при строительстве оконных рам высотных зданий все чаще применяется алюминий. Его использование допускается в качестве естественного приемника тока молнии, если обеспечена надежная электрическая связь всех рам между собой и соединение с токоотводами. Вентилируемые фасады также часто стали изготавливать из алюминиевых пластин. Если они электрически соединены между собой и контуром заземления, то можно использовать их в качестве естественного молниеприемника или токоотвода.

Но с другой стороны, при прямом ударе молния прожигает в алюминиевом листе отверстия размером с рублевую монету, нарушая герметичность конструкции в нескольких местах. Это происходит потому, что стандарты четко определяют минимальную толщину алюминиевого листа, который должен быть равен 7 мм для применения в качестве естественного молниеприемника, в то время как толщина фасадного листа редко превышает 0,5 мм. В связи с этим применение подобных фасадов считается возможным, если конструкцией здания допускаются нарушение герметичности и прожиг листа.

#### ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Эффективность молниеприемной системы во многом определяется качеством заземления. Правила тут достаточно просты. Для удешевления конструкции используется стальная арматура фундамента. Ее сваривают между собой для уравнивания потен-

циалов. Все металлические коммуникации, такие как водопровод, теплоснабжение, газопровод и канализация, также соединяются с заземлением. Возможно применение электродов глубинного заземления.

#### СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Но молния опасна не только разрушениями и пожаром. Атмосферные разряды приводят к появлению импульсных перенапряжений в электрических и информационных сетях. Перенапряжения – это кратковременное повышение амплитуды до нескольких десятков киловольт. Перенапряжения той же величины возникают и при операциях переключения на подстанциях. Современные небоскребы сегодня оборудуются большим количеством средств автоматики, управления, контроля, системами сигнализации, видеонаблюдения, отопления и вентиляции, дорогой аудио- и видеотехникой. Перенапряжения приводят к выходу из строя всех этих систем, а в некоторых случаях при воздействии молнии и к короткому замыканию.

Очень часто сбои в работе компьютеров и «зависание» программ вызваны именно перенапряжениями. Нарушения в работе могут возникать даже при питании от автономного источника или источника бесперебойного питания, так как для возникновения перенапряжения необязателен непосредственный электрический контакт с источником помех, оно может и наводиться под воздействием электромагнитного поля.

Особенно чувствительны к перенапряжению современные компьютерные системы «интеллектуальных зданий». Даже просто переход на автономное питание в случае падения напряжения в стационарной сети может из-за импульса, сопровождающего запуск электрогенератора, привести к сбою компьютера.

Защита от перенапряжений – непростая задача. Для ее решения ведущие мировые компании по молниезащите создали различные комплексные многоуровневые системы на основе ограничителей перенапряжения (ОПН). При защите высотных зданий используется трехступенчатая система. В ее состав входят:

- трехступенчатая система защиты цепей электропитания аппаратуры и оборудования;

- система защиты телекоммуникационных сетей и цепей управления;
- система защиты компьютерных сетей;
- система защиты радиочастотных входов аппаратуры;
- система защиты низкочастотных входов аппаратуры.

Каждая из этих систем состоит из элементов, способных ограничивать импульсы перенапряжений и поглощать их энергию (разрядники, варисторы, защитные диоды и т.д.).

В качестве примера рассмотрим принцип действия трехступенчатой системы цепей питания. На каждой из ступеней происходит последовательное понижение амплитуды входящего импульса до безопасного уровня. Разница между ступенями состоит в особенностях конструкции и принципе действия гасящих элементов и в допустимом уровне входящего импульса. На первой ступени системы стоят устройства на основе высоковольтных разрядников, на второй – варисторы, в конце – защитные диоды, варисторы и фильтры. Первую ступень защиты устанавливают на главном распределительном щите. В высотных зданиях главных распределительных щитов может быть несколько, так же как и трансформаторных подстанций, расположенных на технических этажах. Место установки второй ступени защиты – поэтажные вторичные распределительные щиты. По габаритам устройства первых двух уровней совместимы со стандартными защитными автоматическими выключателями и устанавливаются в обычные распределительные щитки.

Первые два уровня обеспечивают безопасность сети питания, но ни в коем случае не защищают непосредственно аппаратуру, удаленную от распределителей. Безопасность приборов обеспечивает только третий уровень защиты (уровень розетки). Для этого разработано большое количество различных устройств, которые можно устанавливать в подрозеточное пространство, или возможен монтаж самой розетки со встроенной защитой. Это также сохранит эстетику помещения. В случае более требовательных схем (безопасность компьютера или система сигнализации) такая защита может быть дополнена высокочастотным фильтром. Так как последний уровень расположен в непосредственной близости от аппаратуры, то она защищается и от любых неприятностей, даже связанных со статическим электричеством.

Другие системы обеспечивают защиту не только по сети питания, но и по высокочастотным и информационным входам – телевизионным, телефонным и т.д. В случае их применения аппаратура будет неуязвима. Стоимость комплексной системы, конечно, зависит от уровня автоматизации здания и количества защищаемой аппаратуры. Но стоит просчитать уровень риска: что дороже – установка защиты или перспектива полной замены в худшем случае или регулярный ремонт и настройка аппаратуры в условиях эксплуатации без защиты.

Защита от грозовых перенапряжений, молниезащита, уравнивание потенциалов, заземление – все это составляющие комплексной молниезащиты, обеспечивающей безопасность высотного здания. ■

Защита чиллеров



Молниезащита вентиляционных установок



Проблема молниезащиты высотных зданий актуальна и серьезна, в разработке мер защиты небоскребов российские специалисты постоянно используют имеющийся российский и международный опыт. Международный стандарт МЭК 62305 допущен к использованию на территории РФ наряду с Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций 2003 г. и Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87. Но в отличие от этих нормативов стандарт МЭК 62305 содержит несоизмеримо больше нормативной и особенно справочной информации и позволяет спроектировать молниезащиту на современном европейском уровне. Однако, с моей точки зрения, расположение токоотводов по фасаду высотного здания довольно проблематично. Возможно использование в качестве токоотводов металлических, железобетонных колонн, расположенных по периметру здания.

Использование алюминиевого профиля остекления и тонкого фасадного листа в качестве токоотвода перерастает в другую проблему: обеспечение качественного электрического соединения алюминиевых элементов фасада между собой по вертикали в условиях атмосферных воздействий. На высотном здании таких соединений может быть более сотни. Надежность такого комбинированного токоотвода резко снижается. При этом использование металлических элементов фасада для создания молниеприемной сетки на стенах высотного здания с присоединением к токоотводам, проложенным от кровли к заземлителю, может быть оптимальным решением.

Фундаменты высотных зданий располагаются на глубине нескольких метров и даже десятков метров с опорой на свайное поле, удерживает грунт по периметру фундамента бетонная стена. При обеспечении надежного электрического соединения комплекс «фундаментная плита – сваи – стена в грунте» обеспечивает надежное заземление не только для целей молниезащиты, но и всего электрооборудования здания.

В современных высотных зданиях размещаются десятки разных организаций. Защита от «происков» молнии всего здания должна решаться комплексно на уровне системы электроснабжения здания. Выполнение защиты от импульсных перенапряжений на уровне розетки – забота владельцев и арендаторов отдельных помещений (офисов). Аналогичный подход должен быть и к информационным, компьютерным и другим слаботочным сетям здания. Особое внимание следует уделять защите от перенапряжений слаботочных кабелей, входящих в здание снаружи.

**Статистические данные**  
В Германии более 25% страховых выплат приходится на покрытие ущерба от молнии и перенапряжений! Чтобы обезопасить потребителей от перенапряжений, а владельца (управляющую компанию) от исков со стороны арендаторов, комбинированные разрядники I и II ступени устанавливают в главном распределительном щите (ГРЩ), возможна установка защиты II ступени в промежуточных распределительных щитах, к которым подключены этажные щитки. В этажных щитках здания, питающих арендаторов, устанавливаются элементы защиты III ступени.

**Сергей Егорушков, главный специалист отдела электроснабжения ЗАО «Горпроект»**

Вторая ступень защиты





# Комплексное обеспечение безопасности и антитеррористической защищенности высотных зданий и уникальных сооружений

Правительство столицы уделяет большое внимание обеспечению безопасности высотных и уникальных объектов. Именно поэтому в соответствии с решением межведомственной комиссии (МВК) недавно прошла городская научно-практическая конференция «Комплексное обеспечение безопасности и антитеррористической защищенности высотных зданий и уникальных сооружений г. Москвы». Она была проведена для консолидации усилий по выработке единой организационно-технической политики в области комплексной безопасности и антитеррористической защищенности высотных зданий и уникальных сооружений Москвы, нормативно-правового обеспечения сферы антитеррористической защищенности при проектировании и строительстве. Организаторами конференции выступили правительство города и Всемирная академия наук комплексной безопасности (ВАНКБ).

В конференции приняли участие специалисты из Росстройнадзора, ФСБ, МВД, Московской городской Думы, Минрегиона, Минпромэнерго, представители проектных, строительных организаций.

Открывая конференцию, руководитель Управления научно-технической политики Департамента градостроительной политики Москвы **А.Н. Дмитриев**, подчеркнул главную цель мероприятия: консолидировать усилия в выработке единой технической политики обеспечения безопасности и антитеррористической защищенности при проектировании и эксплуатации высотных зданий и уникальных сооружений.

Выступая с докладом на конференции, председатель МВК, первый заместитель руководителя Департамента градостроительной политики Москвы **А.Д. Косован** сказал, что концепция уже разработана и 15 декабря 2006 г. рассмотрена и одобрена МВК. Он отметил необходимость последующей интеграции в нее программных и нормативных документов по тем упущениям, которые вызваны сегодня отсутствием федеральных технических регламентов. Косован призвал к созданию головного Центра по

разработке нормативно-правовых и технических документов, регламентирующих вопросы безопасности и антитеррористической защищенности, подчеркнул острейшую необходимость разработки основополагающих документов во взаимодействии столичной науки и органов федеральных служб безопасности, государственного стандарта «Антитеррористическая защищенность высотных зданий и сооружений», городской программы, технических условий и целого ряда других нормативов.

Первый заместитель председателя, главный инженер Москомархитектуры **П.А. Шевоцуков** подчеркнул актуальность ускорения разработки единой политики и концепции безопасности различных типов зданий и сооружений, которой нет до сих пор, принятия и введения единых терминов и понятий в сфере антитеррористической защищенности. Необходимо для каждого конкретного объекта разрабатывать технические условия с перечнем возможных угроз и мер по их предупреждению. В то же время, отметил он, подчас заказчику навязываются необоснованные требования по обеспечению безопасности.

Депутат Мосгордумы **И.Ю. Святенко** рассказала о некоторых трудностях использо-

вания принятых федеральных законов, необходимости – с учетом специфики столичного мегаполиса – разработки собственной нормативно-правовой базы для устранения тех проблем, которые усложняют правовое регулирование осуществления госнадзора за проектированием, строительством и эксплуатацией высотных зданий и обеспечением их безопасности. Разработанные и введенные в Москве нормативы МГСН носят временный и рекомендательный характер. До сих пор не разработаны и не внесены в Госдуму на рассмотрение специальные технические регламенты в области строительства и стройматериалов, что создает правовой вакуум в осуществлении государственного контроля за строительством и эксплуатацией высотных зданий.

Председатель межведомственного Совета строительной отрасли по техническому регулированию при РСПП, председатель Технического комитета 465 **Л.С. Барина** рассказала о работе по созданию регламентов и выразила мнение, что именно разработанные в Москве нормативы по высотному домостроению послужат основой для национальных стандартов.

Правительством столицы и Комплексом архитектуры, строительства, развития и

реконструкции города Москвы принимаются все меры по решению поставленной задачи, сказал в своем докладе начальник Управления по вопросам безопасности Департамента градостроительной политики Москвы **Л.В. Никитин**.

Разработана и утверждена Концепция безопасности города Москвы, образованы антитеррористическая и межведомственная комиссии, в аппарате мэра и правительства Москвы создано Управление координации антитеррористической деятельности в городе Москве, формируется Реестр

жарной защиты, которая включает в себя комплекс конструктивно-планировочных решений здания и средства противопожарной защиты. Он подчеркнул, что Главк очень активно работает в этом направлении с правительством Москвы, у которого находит понимание и поддержку. Так, уже в феврале 2007 года правительством Москвы утверждена «Схема размещения пожарных депо». Немаловажную роль играет расстояние до пожарных частей. Данный вопрос для Москвы является очень актуальным, так как для такого мегаполиса характерно недоста-

заний. Необходимое число контролируемых параметров и точек (зон) достаточно велико, и обеспечение мониторинга в высотном здании невозможно без автоматизации данного процесса. При этом список «предметов», в настоящее время включенных в перечень мониторинга, нельзя назвать полным. Он должен уточняться и дополняться по мере накопления опыта.

В своем выступлении **О.Б. Долгошева**, главный специалист Управления промышленных зданий и сооружений Мосгосэкспертизы, обратила внимание на наиболее острые проблемы, которые были выявлены в процессе рассмотрения проектов высотных зданий в Мосгосэкспертизе. Анализ ситуации, сложившейся в проектировании, требует незамедлительного реагирования. В первую очередь для решения проблемы необходима разработка нормативной документации для высотных зданий.

В своих выступлениях ведущие специалисты ВАНКБ и НИИ Мосстроя изложили подходы к формированию единой политики города и концепции по комплексному обеспечению безопасности высоток. Присутствующие обсудили предложенные требования к разработке специальных разделов проектов на проектирование комплексного обеспечения безопасности, ход разработки технических регламентов и группы стандартов по комплексному обеспечению безопасности высотных зданий и сооружений, изложенные в докладах меры и средства для обеспечения пожарной безопасности и управления инженерными системами пожарной автоматики, средства спасения и способы эвакуации людей в случае чрезвычайных ситуаций. На выставке, организованной в рамках конференции, можно было ознакомиться с современными инженерными системами и средствами, обеспечивающими защиту и безопасность зданий и людей.

Участники конференции рекомендовали взять за основу предложенный их вниманию проект Концепции комплексного обеспечения безопасности и антитеррористической защищенности высотных и уникальных объектов и дополнить его с учетом прозвучавших замечаний и предложений. Они одобрили разработку ВАНКБ группы стандартов по функциональной безопасности систем, связанных с безопасностью зданий и сооружений, рекомендовали в качестве базы при разработке национальных стандартов по обеспечению комплексной безопасности использовать основные положения МГСН 14.19-2005. Принят также ряд других решений, в том числе продолжить практику конференций по данной тематике. ■

точное количество транспортных развязок и большое число автомобилей, создающих пробки не только в часы пик, что в основном и препятствует своевременному прибытию пожарных подразделений.

Президент Ассоциации строителей России **Н.П. Кошман** в докладе рассказал о международном опыте высотного строительства и проблемах проектирования высотных объектов. Проектирование уникальных сооружений должно быть строго регламентировано. Необходимо узаконить многоступенчатый контроль при проектировании, а также порядок, время и объем информации, передаваемой от одной группы специалистов-проектировщиков другой.

В своем выступлении заместитель начальника службы УФСБ по г. Москве и Московской области **А.И. Сафонов** напомнил, что угроза терактов существует и необходимо постоянно совершенствовать технические средства и методы защиты, так как террористы изобретают новые способы поражения, отравляющие вещества.

**В.И. Щербина**, проректор Университета комплексных систем безопасности и инженерного обеспечения, в частности, остановился на проблемах контроля и мониторинга безопасности крупных объектов и высотных



деловой репутации партнеров Москвы. По инициативе Департамента градостроительной политики Москвы создано и функционирует специальное подразделение милиции – Управление по охране строительных объектов УВО при ГУВД города Москвы, силами которого сегодня обеспечивается охрана 84 объектов массовой застройки и ряда точечных строительных объектов. Подготовлен и утвержден Реестр частных охранных предприятий, допущенных к охране объектов строительства по госзаказу города Москвы. Создана отраслевая Ассоциация негосударственных структур безопасности – «Стройбезопасность», объединившая около 160 охранных организаций и ставшая одной из самых мощных в обеспечении охраны госимущества Москвы. В 2006 году под их охраной находились около 3 тыс. объектов.

Начальник УГПН, главный государственный инспектор по пожарному надзору г. Москвы ГУ МЧС России **С.В. Аникеев** в своем выступлении остановился на особенностях, характеризующих пожарную опасность зданий повышенной этажности. Чтобы предотвратить тяжелые последствия пожара, проектируемый объект должен обеспечиваться системой противопо-



# Guards of the sky on the Promised Land



It's difficult to say exactly how many articles – one, two, twenty-two or even more – dedicated to the problems of tall building construction start with an epigraph taken from a song: "Skyscrapers, skyscrapers, and I am oh so small...". In this review the small one is not Billy or Jimmy the beggar, lost amidst gigantic man-made stone colossi, but a small country, where every skyscraper is comparable with the dimensions of the country, with its length and especially with its width! The classical high-rise silhouette of New York is lost on the national scale. Europe swallows its

skyscrapers; on the vast territory of Russia even Egyptian pyramids seem minute... And in Israel when you climb up to the 20th floor, you can literally see Jordan and Syria, without exaggeration. If you are not short- but rather far-sighted or have a standard range finder with you, here you are: you've peeped beyond the state borders. What does it mean? That the problems of tall building construction in Israel and discussions, which have been focused around it for 50 years, are similar to those in other parts of the world, where the guards of the sky have set their foot (and that's

about everywhere). But at the same time these problems have specific nature, since every skyscraper changes the image of the country at large. At the beginning of 2006 there were 3000 high-rise buildings in Israel, situated mainly in the three cities: Tel-Aviv, Ramat-Gan, and Haifa. And these include buildings which are 20 or more stories tall. Formally, 20-storeyed buildings may be qualified as 18-storeyed; in this case the ground-level support block housing technological facilities and parking lots is not taken into account. Speaking about buildings which have more

than 25 floors, there were 190 of them at the end of 2006, and in the near future (within 18 months) another 40 buildings, 26 to 80 stories high, are to be constructed.

Present-day disputes bring back the one of 50 years ago: then the country was young, the population was growing rapidly, and among the large-scale housing projects there was one focused solely on tall building construction, its aim being the efficient use of the land. Complexes of skyscrapers, surrounded by orange orchards, techno- and green parks; connected by highways with industrial zones

stretching along. But... there were no means to create the necessary infrastructure; moreover, it became known that the majority of immigrants and refugees, coming to the Promised Land, wanted to live on this very land and not in the sky. So the project fell into oblivion, and the focus shifted to cottages and low-rise buildings construction, the latter being under 5 stories high and adopting the structural design of Bauhaus style characteristic of Tel Aviv of 1930-40s).

In early 1960s Israel got its first skyscraper – the Tower of Peace in the centre of Tel Aviv ("Migdal Shalom", 142m, 36 floors, architect – I. Perelstein, 1965). The official name of the building is Migdal Shalom Meir, but a shortened name – the Tower of Peace or Shalom Tower – is used instead.

These symbols of modern world may be found in other cities as well – skyscrapers erected in the mid-20th century by a new generation – the generation of the space age, who rejected classical European ornamental art and focused on functionality. This generation wanted cheap housing for everyone and valued strict simplicity – straight lines and absence of ornamentation.

Historical buildings were knocked down in other cities to make room for the new world. In Tel-Aviv a fine specimen of the early 20th century architecture – the Herzliya Gymnasium – was pulled down to erect Migdal Shalom in its place. Publicist Ami Nahari in his article 'Walking through air castles' emphasizes that according to the architect's conception Herzl Street, the main street of the city then, was to run beneath the tower. Today going southwards along Herzl Street we pass beneath the

skyscraper. A tremendous impression produced by the building is due to its location: it isn't placed alongside of the road like most buildings are; but, on the contrary, the road leads right to it, which reminds a bit of how the interior space of a basilica leads to the altar. There's something of pilgrimage there – the road to the outside world. No wonder that the name – 'the Tower of Peace' suits so well.

Though higher and more technically advanced buildings have been constructed since then, Migdal Shalom remains a symbol which is loved and recognized by the citizens. This may be because it is an example of how simple architectural ideas should be fulfilled. Yes, there are straight lines, yes, there are rectangles, but there's also thorough design and accuracy in details. Regular proportions: the height of the building is measured in relation to its depth and width to create the necessary effect. The attention is focused on small variations in form: alternation of prominent and concave horizontal elements, an overhanging roof. Designers and urban authorities attached great importance to Migdal Shalom. The project was carefully worked out and no means were spared. For instance, the cream-coloured tileboard was brought from Italy.

Stop at the corner of Ahad-Haam, Montefiore and Herzl streets (German professor and expert in urbanology I. Schler in his book "Tel-Aviv: from dream to the city" points out that every street here is full of twists and turns, and more than two streets usually meet at the crossing, which gives this city some exceptional energy) and look up. A great tower is right in front of you. Its top is in the clouds, but



where's the ground floor entrance? How do you get inside? There's a paradoxical effect: on the one hand the building immediately catches the eye, on the other – it's inaccessible, there seem to be no entrance and you have the feeling that it's not altogether there. Here are the two paradoxes: simplicity and at the same time drama of the design; the tower is here and at the same time not. This contributes to its mystery, irreality, especially at night when the lower floors sink into darkness and the upper ones are brightly lit.

Ami Nahari finds a supporter in

such an 'inconvenient' critic and expert as architect Israel Gudovic, the author of "Architectology. Provisional report." (London, 1967). In Gudovic's new book "40x40" devoted to the analysis of 40 tall buildings, constructed in the last 40 years, which in the author's opinion, paraphrasing Marcel Proust, will turn Tel Aviv into the city dominated by towers, Migdal Shalom is presented as one of the best (he even uses the word splendid) buildings. Why does he praise it so much? It's functional, it's not fragmentary and doesn't look like a chapter from a textbook





on architecture. Its beauty is in its simplicity. Its construction was a real breakthrough into the world of tall building development."

Tall buildings growing rapidly all over Israel are accompanied by constant arguments and debates. It is possible to single out two ways of resisting the pressure of building companies. The first one: where should skyscrapers be built – in the centre or on the outskirts? Should they replace the old constructions or grow on unbuilt sites? The second: what's their function? Are they intended as residential and hospitality units or business centres? Anyway, the two questions are interrelated. The most heated discussions are caused by the advance of skyscrapers on Jerusalem. The capital of Israel is not rich in tall buildings. They do exist there (hotels, for instance). However, until recently, high-rise buildings were situated only at the entrance to Jerusalem; they were not admitted to the Old Town. The sacred landmarks of the three religions – the Western wall of Solomon's Temple, built of Cyclopean stone blocks, the golden Dome of the Rock, the Church of the Holy Sepulchre – none of them was overshadowed by skyscrapers. However, the Mayor's Office of Jerusalem has to consider numerous projects of high-rise building development which according to some experts threaten the ancient walls. Where is the threat? Even if skyscrapers remain outside the walls of this historical centre, the Old Town with its sacred landmarks may come to look like some sort of decoration, children's playground at the foot of giants, if the guards of the sky appear on the surrounding hills. In February 2007 a number of such projects were rejected by the Office.

In other cities the approach to tall building construction has become more cautious. The thing is – high-rise buildings in the centre are half-empty. Even if the huge constructions are not meant for offices, there are few apartments there. The apartments are spacious, expensive and fashionable, but few. And families who buy such flats are not numerous either: these are family couples either yet childless or with grown-up children. So in the daytime when offices and shops are open things are humming around the skyscrapers; and at night the vicinity is almost empty. That's why development schemes in Israel focus on restoration and renovation of old ensembles, on laying out recreation parks and opening theatres, museums, cinemas, restaurants and various educational centres for the young. Due to such policy the amount of taxes raised from the former downtown area has increased tenfold in the last 3-4 years.

But we can't say that the battle has been won and the skyscrapers will retreat to the outskirts and unbuilt sites. There are old districts that with time have turned into slums, so nobody will object to their renovation. There are decrepit industrial zones, which need a radical renovation of communication systems. However, time will show whether skyscrapers will be populated or not: perhaps they'll appeal to extended families and not only those, who come to their apartments to enjoy the view of the Mediterranean or Mountain Carmel twice a year – at Pesah in spring and Rosh-a-Shana (New Year) in autumn.

Let's have another look at Tel Aviv, the business capital – the last decade has altered the con-

tour of the city. It has darted up: a number of 20 to 30-storeyed buildings have appeared in the south and in the north and along the seaside. Many of them truly appeal to the eye due to its experimenting with plastic and colour. Another interesting example is the Azrieli Centre Towers (architect Yaski Sivan, 1999). These are two huge buildings of circular (187m, 49 floors) and triangular (169m, 46 floors) form, to which as conceived a huge square one will be attached later. Pure geometry whirling up clearly raises the skyline. May be that's the reason the complex has so much appeal to this nervous, energetic city and restless country.

The Square Tower was completed while this article was being written. Its height is 169m, 42 floors.

If we look at Tel Aviv from a plane or approach it from the east, we'll see another complex similar to Azrieli Towers in the south – Moshe Aviv Tower (a.k.a. City Gate), built by architect Moshe Aviv in 2001. Ramat-Gan has long merged with Tel Aviv and walking through the city you may not even notice that the opposite side of the street is governed by another town council.

The vicinity of the Diamond Exchange in Ramat-Gan is the only district in Israel which fully consists of skyscrapers, but its finest example is of course City Gate – the only skyscraper in Israel which combines the functions of an office block with those of a residential unit. This tower – 244m high, 68 floors, dominates the district. It holds the 105th place on the list of skyscrapers in the world.

There are no such skyscrapers in Europe. Moshe Aviv Tower won't be lost even in New York, Chicago or Hong Kong. This building may serve as an example of a

skyscraper which has a strong emotional impact. It's easily recognizable from a distance. If you stand next to it, you may sprain your neck trying to see it all. From the top floors everything seems microscopic. As a rule, skyscrapers with emotional component reflect the aspiration towards lofty aims and the achievement of these aims. Next to Moshe Aviv Tower other constructions of the Diamond Exchange seem insignificant. But all together they are the symbols of modern time, of technological and economic power. City Gate is a beautiful building. The strict simplicity of modernism (one of the best examples is Migdal Shalom) has been gradually (since 1970s) replaced by stylistic variety of post-modernism.

The design of Ramat-Gan skyscraper is inspired by the House of Nation in Frankfurt. The walls are decorated with vertical and intersecting lines and of course the building has a 'crown' as the king of skyscrapers should. There's a certain geometrical sophistication in the design of Ramat-Gan skyscraper as well as in the Azrieli complex. In both cases the architect combined a circular tower with a square one. But if in case of Azrieli the two towers stand far apart (the third – the square one, is not finished yet), in case of City Gate they are closely attached to one another, creating a dynamic interplay of forms.

#### MIGDAL ESHKOL (THE UNIVERSITY OF HAIFA)

Though most of tall buildings are erected in Tel Aviv (it holds the 5th place in the world according to the number of buildings, 90m high and above), it is Haifa that plays a unique role in the history

of high-rise building construction. Skyscrapers are not built on top of a mountain anywhere else in the world. Either because of a horrifying effect it produces or because of certain technical difficulties, the account of which follows below. These tall buildings seem to have won Haifa notorious fame; especially Migdal Eshkol. Outstanding Brazilian architect Niemeyer suggested placing a straight vertical structure on a horizontal surface, but could he imagine anything like the creation of Shlom Gilad, professor of architecture? If Migdal Shalom may be considered a successful example of modernism with its strict simplicity, we can't say the same about Migdal Eshkol. This example clearly shows why the motto of modernism "less is more" has been replaced by "less is a bore". Straight lines and dull forms devoid of imagination can bore anyone to death. Even from a distance this tower looks imposing and spoils the view of Mountain Carmel. The location creates additional difficulties for its function-

ing. In winter it has to be closed because the entrance is subject to high winds. The building of Migdal Eshkol, justly criticized, may serve as an example of an ill-conceived tall building design and its negative consequences, which are as visible as the skyscrapers themselves.

But in Haifa you will also see a skyscraper that will produce a most favourable impression – and this will be the Sail Tower. Approaching Haifa from the south you can't but notice this building, probably one of the most remarkable in the country. It may not be very high, but interesting enough to acquire international fame. The Sail Tower is considered one of the brightest examples of futuristic architecture. The architecture of today is inspired by future, by hopes for changes and the new world. However its views on the future are not solely connected with practical functionality, straight lines and simple forms. At the new stage there's a tendency for wild futuristic fantasies, for the combination of scientific meth-

ods and imagination, and artistic self-expression. Present-day air castles are less rational and corporate in character, but more humane, creative and original. That's why modern development projects make use of unusual forms and new materials (plastic and glass).

The Sail Tower with its cold gloss seems alien among the dusty harbour blocks. But that's not the problem: there's a development plan and we hope, new buildings together with the original skyscraper will make an elegant and dynamic area. The Sail Tower is built by a local architect Abraham Curiel in co-operation with Dina Amar in 2002. Its height is 140m, 37 floors. The designers used the local motif of the sea. Haifa is the most maritime among Israel cities. And it's really impossible to imagine a sail tower somewhere in Jerusalem. The Sail Tower combines worldwide novelty with local colour of Haifa. The use of local motifs helps to reflect the local character. If architecture

is frozen music, then skyscrapers are the melody of globalization. But different songs may be set to this melody.

Finally, there's a 'baby' among the skyscrapers of Israel – only 16 floors. And that's Migdal Pivko or Pivko Tower (named after the architect) which provokes heated discussions and contrary feelings. The author of the book about the 40 towers of Israel I. Gudovic included this building in his book with unfavourable comment. He calls it a distorted quotation, an ambitious imitation of Americanism. He hates this unfinished skyscraper. He thinks that this enlarged beehive of fashionable apartments appeared because the architect having a considerable budget at his disposal, wanted to make use of it no matter what, even in the most absurd way. This is an example of a lifestyle according to Ilan Pivko and nothing more – remarks Gudovic sarcastically. But Amir Nahari who walks through air castles, admires Pivko's creation and is grateful to him: this is a futuristic fantasy intended to impress. It's not a tower, but a tower-ette – just 70m! but it captures your attention unlike other skyscrapers of the Diamond Exchange. Individuality is more important than size – the building seems to say. It looks like an ancient tower on the one hand, a space ship on the other and yet on the other – like an obelisk by the bygone wars – says Nahari unable to conceal his admiration. May be it looks absurd, but it certainly has an impact on our imagination and feelings as real architecture should. Architecture is not only frozen music, it's the destiny of living space. ■





# «White Sail» for Haifa

Haifa is a Mediterranean city, spreading over the gulf and the slopes of Mount Carmel. Haifa is an industrial city and has the major port in Israel.



Haifa is an industrial city and has the major port in Israel.

In the last years, there was a trend of renewal in the Down-town, and the Sail Tower represents a significant part of the new urban development projects.

The building was designed as a land-mark to the eastern entrance to the city with consideration to its location and how it is seen from the top of Mount Carmel.

The Sail tower forms a true «cry», a strong element that yet does not forget history and tradition.

Witness to this are the curved surfaces, which beyond the facile reference to the sails of a boat, represent the memory of all the Middle Eastern architecture and its rejection of the straight line.

The tower erects from a plaza which is a public space that serves other office buildings.

On the floors beneath the plaza are located the archives, the parking and the Energy planet.

The area of the Tower's floors at top and bottom is 850 sq m., and it gradually increases to reach in the

central floors 1250 sq m., with a constant height of 3.7 m. The total height of the tower is 136.4 meter.

The tower consists of a central core and a system of columns placed along its outside perimeter.

The tower was programmed for offices and for this reason the design avoids the presence of columns in the floors.

The main service core is located at the center of each floor, and at each floor is bounded by orthogonal septum walls. It is surrounded by four wings. Two opposite wings are shaped as a quarter of a cylinder with radius of 16.5m, and the other two are shaped as double-curved structure, with a radius of up to 16m, that looks like a quarter of a cigar.

The floors are mostly columns free, with the exception of the two double-curved structures. The entire office area at the cylindrical wings is columns free, and is supported by 20÷23cm thick cast in-situ flat slab with spans varying from 6m to 9m. The flat slab at all the floors area is fixed to the core walls on one side and simply supported on the façade columns on the other side. A finite-elements analysis of the slab was performed in order to optimize the mesh & mild reinforcement layout.

The façade columns at the cylindrical wings (2 corner walls with fixed size 0.4m x 3.1m and 3 other columns 0.5m x 0.55m that are reduced up to 0.35m x 0.35m at the upper floors) are separated by 6.25m and connected by 0.6m x 0.2m flat beams.

At the spatial wings, the façade columns (2 corner columns with fixed sizes 0.4m x 0.6m and 4 other columns 0.65m x 0.68m that are reduced up to 0.35m x 0.35m at the upper floors) are separated by 5m- at the biggest floor

The radius of the spatial wings increases rapidly from floor to floor. At the 8th floor, when the floor radius becomes 11.3m, 2 more interior columns are added in order to reduce the slabs span, which would have increased up to 16m without them. These columns start from the intersection point of the sloped columns, which follows the curved line of the building, and the round edge beam.

The façade columns that are located on the edge of the spatial wing floor are getting closer to each other as the floor radius reduced toward the lower and upper parts of the Tower. These columns are supported by a massive concrete base, shaped like a quarter of a building's main core.

The design loads at the cylindrical and spatial wings columns are up to 6,000 kN and 11,000 kN respectively

The absence of beams provides ample space for the office space (275cm) and for all the mechanical systems, running through the ceiling, with no structural interference. The lowered ceiling of each floor consists of 15cm for the acoustic ceiling, and 60cm under the concrete slab for air ducts, sprinklers, water and electrical systems and lighting fixtures.

The main service core, made of reinforced concrete (18.5m x 20m), is designed to withstand all the lateral forces due to earthquakes and wind. The core is formed mainly by combining the following: 4 elevator shafts, 2 secure staircases, a safe room (air raid protected, 22m<sup>2</sup>), service elevator, 2 washrooms, main & service corridors, electrical and communication rooms, kitchenette, smoking rooms and vertical shafts for the building piping and ducts.

The main elevator corridor

(300cm wide) and the service corridor (140cm wide), divide the core into four sections. These sections are connected together by four beams (0.5m x 0.9m and 0.5m x 1.2m) in each direction, which are designed to carry the shear forces, and make these four sections work together as one big core. The reinforcement arrangement in those shear beams is based on two groups of rebars (connected together by very close ties) in each direction, forming a scissor shape, according to the Israeli Earthquake design regulations.

Due to the proximity of the Tower to a geological fault, which crosses at the Haifa bay vicinity, it was necessary to consider an extra cautionary measure and to double the seismic zone coefficient ( $Z=0.2^*g$  instead of  $Z=0.1^*g$ ). As a result of this measure, the overturning moment due to the earthquake loadings was relatively big for a building of this size. As for the big bending moment, tension stresses at the outer walls of the core had to be considered, and consequently alternated vertical reinforcement bars were used.

The concrete that was used has characteristic strengths of 50 MPa for the columns and 40 MPa for the floor slab and core walls. These values are reduced at the upper floors columns and core walls to 40 MPa and 30 MPa, respectively. The yielding stresses are 500 MPa for the mesh steel, and 400 MPa for the mild steel.

The service vertical load of the core is 350,000 kN and the overturning moment due to the earthquake loadings is 1,420,000 kNm. Due to the fact that there was not enough mass to overcome the great overturning moment, the tension forces at the base of the building core were given to tension piles. The 60cm diameter tension piles, that penetrated the dolomite bedrock 10–17m deep, were located below the perimeter wall of the core and arranged in pairs. A continuous foundation beam (pile cap of 2.8m x 1.3m) transfers the vertical forces from the core to the piles.

Only the main core resists the wind actions. This system proved to be quite effective, limiting the drift to 4cm (at a height 113m). The fundamental period of the structure is 2.5 s, and the maximum acceleration at the corner of the uppermost-occupied floor (at a height 113m) for a10-year return period is  $7.8 \times 10^{-3}g$ .

Wind loading was determined by a model study performed at the Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory of the University of Western Ontario, Canada. The Office Tower was modeled accurately using 1:300 scales, according to the detailed architectural drawings.

Simultaneous time histories of the pressures at 300 points of the façade for 36 azimuths were recorded for one hour in the laboratory tunnel, which simulated a real wind gradient and turbulence. A detailed proximity model of the surrounding city was built in block outline from Styrofoam for a radius of 370m. The upstream terrain was modeled coarsely using roughness representatives of the actual site topography for each azimuth.

A random dynamic analysis of the structure was then performed by applying the time histories of the simultaneous pressures to a dynamic mathematical model that reproduces mass distribution and the first nine vibration modes. Means, root-mean-square deviations, and maximum probable responses in terms of displacements, accelerations and base moments were obtained for all the azimuths for a return period of 50 years. A set of equivalent static lateral and torsion loads was also computed. A complete structural CAD model was then loaded with an appropriate number of combinations of these static loads.

The curved surface at the upper and lower part of the spatial wings of the Tower introduced significant horizontal thrusts in these floors. These thrusts are equilibrated by the overall structural stiffness through spatial action, and introduce a slight permanent horizontal displacement at the top.

The overall overturning moment due to the wind loading was 322,000 kNm and 343,000 kNm in both main directions respectively, and the torsion moment was 16,100 kNm. These values are given for return period of 100 years and damping value of 1% (of critical).

The largest differential pressure and suction on the curtain walls were 1.5 kPa at the western façade and 1.8 kPa at the northern façade respectively.

Both the tower and its basement floors were built of situ-poured concrete and clad with curtain wall, in which aluminum strings and cross pieces combine with shining plate glass.

The building's entire formal aspect is influenced by structural

choices which are the result of intense interaction between architectural and structural design.

Nowadays architecture is increasingly directed at intricate structures in which the quality of the details is the first sign of the overall quality of the construction. The Sail Tower gained its status as an architectural object, mainly due to the absolute attention given to details and to perfect connections between the glass and the curtain facade structure.

A well made construction detail is a key part of the design.

A modern day building as the Sail Tower communicates through engineering its cultural background and its identity as a work of architecture projecting into future. ■

## THE SAIL TOWER HAIFA, ISRAEL PROJECT:

Dina Ammar, Avraham Curiel  
—Architects

**PROJECT TEAM:**  
Ben Avraham (Lazar) Yaakov,  
Saks Avigail

**STRUCTURAL ENGINEERS:**  
S. Ben Abraham Engineers,  
Ballas Rami (Eng. In Charge)

**PROJECT MANAGEMENT:**  
Ganor Yoram — Ashtrum properties Ltd.

**PROJECT SITE MANAGER:**  
Lazar Yossi — Ashtrum Group

**GENERAL CONTRACTOR:**  
Ashtrom Engineering &  
Construction Ltd. Israel

**COURTAIN WALL CONTRACTOR:**  
Solel Bone Ltd. Israel

**CLIENT:**  
Seralwall — Italy

Joint Venture of Ashmoret  
Tichona Ltd. Israel

Found by — Ashtrum Properties Ltd.

Secom — Israel Ltd.  
Industrial Building Corporation Ltd.

**CUSTOMER:**  
Israel Government, Ministry of Finance

**CUSTOMERS' MANAGEMENT & MEDIATOR:**  
Architect Yair Arzzi — C.P.M Ltd.  
Mrs. Margalit Mosses-Friedberg, Enosh System & Management

## THE SAIL TOWER HAIFA, ISRAEL DATA

**Building Height**  
Total Height — 136.4 meter

Haatzmaut str — +5.60 over the sea level

Roof level — +113.25 over the sea level

Top of the spear — +142.00 over the sea level

**Number of floors**  
3 floors beneath plaza

2 floors entrance level  
25 office floors

3/5 floors the spear height

**Floors area**  
27,000 sq m. Of office area

3,000 sq m. Of commercial space

2,000 sq m. Of emergency planet

5,000 sq m. Of parking

37,000 sq m. In total

**Number of employees** —1200

**Number of visitors per day** —1400

**Construction time table**  
Start —October 1999

**End of construction**  
—February 2002

Interior design and inhabiting

—March 2002 to February 2003





## Yoo Tel Aviv

2 residential high-risers are currently being built in one of prestigious regions of Tel-Aviv – Tzameret Park. The two round towers will have 37 and 41 floors. Despite the fact that the project is still an on-going construction Yoo Tel Aviv has already been cited among Israel top 10 high-risers and is expected to become a symbol of the city. The builders plan to complete all construction activities as early as this year. The design of the towers has been developed by Yaski-Sivan Architects in cooperation with Philippe Starck. In fact Philippe Starck designed the exterior of the complex and the apartments in it. According to the plan, all the apartments are divided into 4 types called respectively “culture”, “minimalism”, “nature” and “class”. The budget of the project is estimated as 145 mln dollars. The structural design has been made by Ben-Abraham Engineering. The Yoo Tel Aviv complex will include 297 apartments, beauty saloons, fitness centers and a small cinema. Total area of the complex will reach

52 000 sqm. Yoo Tel Aviv is the most elite residential complex ever built in Tel-Aviv.

Both round towers have a diameter of 34 m and reach the height of 127 and 140 m, respectively. The buildings have a common underground part that contains 3 floors (total area - 25 505 sqm.). The towers are made of cast in situ concrete. Rectangular core dimensions are 15x15m (its wall thickness ranges from 500 to 300 mm). The core will carry horizontal, wind and seismic loads and will contain stairs, lifts, various services and special refuge rooms – 1 per 4 apartments at each floor and. 28 round concrete columns with diameter 700 mm and steel cores on underground and lower floors will be raised along both towers' perimeters. These columns will be connected along the façade by means of concrete stone-faced beams. Pery steel formwork made specifically for this project has been used for the core, the façade columns and the beams, which made it possible to sustain a floor-per-week schedule. ■

## First International Bank of Israel

The headquarters of the First International Bank of Israel is a glass clad tower located in a prestigious area of the Financial core of Tel-Aviv, opposite the Stock Exchange. The design of the building was developed by US Pei Cobb Freed & Partners Architects and Nir-Kutz Architects from Israel, the structures – by S.Ben-Abraham Engineering Ltd.

The geometry of the tower, which is situated in a strategic area of the city, has been selected in order to amplify public space of the Rothschild boulevard, ensuring better integration with the environment of small historic buildings and modern commercial centers. A comfortable public square close to the tower will provide wonderful views of the historic surroundings and the park. The project also presupposes restoration of 2 historic buildings - Beit Va'ad Hakehila and Rifka Greenwald, they will be reconstructed and opened for public.

Asymmetric façade of tower, the architectural concept of which is based upon a set of equilateral triangles, faces the skyline and the street. The Tower design was developed in compliance with the parameters set by Tel Aviv municipality.

The tower, which scales the height of 120 m and has 5 underground and 31 above-ground floors, is a combination of 5 triangles all sides of which have equal length - 21m and which alternate every 8 floors. Total floor area is 37 700 sqm.

The columns of the tower are made of welded and roll I-beams. Floor slabs 150 mm wide are made of steel profiles and lightweight

aggregate concrete. Composite joists provide a shear-stud connection between the joists' top chord and the overlying concrete slab. Horizontal loads are transmitted to a rectangular core (short side length 6 m) and six L-columns. Column posts are round (1380m in diameter) and made of reinforced concrete. Floor-by-floor bend caps have dimensions of 500X950 mm. L-columns reach the level of floor 15, above which the core runs unsupported by external structures. ■



## Architectural concepts of Daniel Libeskind

Daniel Libeskind is one of the most famous designers in the world. In the article below he reflects on some important issues related to modern architecture and on the latest projects his studio is working on in many countries of the world.

### CREATIVE APPROACH

**Daniel Libeskind has been recognized as an advocate of deconstructive architecture. Does he still have any specific preferences?**

I have always thought that the word deconstructive is a word that should not be associated with architecture simply because architecture is about construction, not deconstruction. That being said, I always hope to create something unique to diversify the atmosphere of a city or in fact any location. It is not about copying style but rather about maintaining a dialogue with the urban condition using a heterogeneous method of modern architecture. I think it would be a mistake to narrow my work down to a specific architectural style within the framework of modern architectural trends. But it is true that unexpected geometries are sometimes the result of combinations of forms that some call “deconstructive”. However, the main point is that not only should the form be original, but the spatial concept should be appropriate, reflecting visually the ambiance of the neighborhood. Sometimes different and seemingly contradictory urban conditions can become a genesis for a new building, which is truly outstanding and unique..

### Is designing tall buildings something you do frequently?

Lately we have been actively working on many tall-building projects: projects in Warsaw, New York, Hamburg, Cincinnati, Prague, Zagreb, Milan, Toronto, Singapore, Pusan, Korea, New Orleans and Copenhagen. At the beginning it



so happened that I was involved in designing many museums and public buildings, but right now the balance is equal between civic buildings and commercial projects. There is no one particular type of building that I prefer. I do however, enjoy working on various-sized mixed-use projects that differ in style; diverse projects that incorporate daily life with shopping, living and working. The challenge for me is to make them beautiful and striking in appearance. In Switzerland for instance we are involved with a large-scale shopping, residential and wellness complex, just outside the city of Bern.. The project is under construction—17 cranes!—and will open in October 2008. In Dublin, Ireland we are working on a performing arts center, which will also be built for the opera, which is also part of offices and trading areas. Likewise, we are working on a similar program involving a performing arts center and a high-rise residential building in Toronto. All together, we have more than 35 projects of every scale in our offices.

### Do you have any favorite construction methods you regularly

### use when constructing various types of edifices?

I am not one of those architects who create a sort of cult of architectural technologies. For me construction methods coupled with modern technologies, are the tools that help to realize the concept. Every building I have done (at least I would like to believe so) is a unique blend of shapes and forms that are generated by the genius loci of the place.. These forms can be considered a sort of “iconic image” of the place. The actual construction methodology of a building depends on so many factors: height, costs, availability of materials, engineering colors, program.

### Is there anything specific about working in a historic environment?

It is an incredibly exciting and profound task to work within any historic environment. As it happens, very few of my buildings are in areas which are totally devoid of historic buildings; so that I have had the opportunity to work not only within an historic context, but sometimes

within a historic building itself. Certainly my architectural strategy has been to be respectful of the historic, but not mimic it. I certainly do not copy any specific, historic style. The first building I built (the Jewish Museum in Berlin) aimed at putting into tension the new Jewish Museum in proximity to the Baroque Building. The Jewish Museum has a very particular program, and it was important for me to embody that program on the inside and the outside. The new building was to tell a story full of pathos, tragedy and hope. In a completely other context, we are working on a high-rise project in Warsaw. The residential tower that we have designed, and is going into construction, is located opposite the well-known “Stalin” tower dominating the entire center of the city. In this project, my goal was to convey the image of the new post-Soviet, democratic Poland, that is open to new ideas and possibilities, including those related to residential living. Once built, this tower will be one of the tallest residential buildings in Europe.

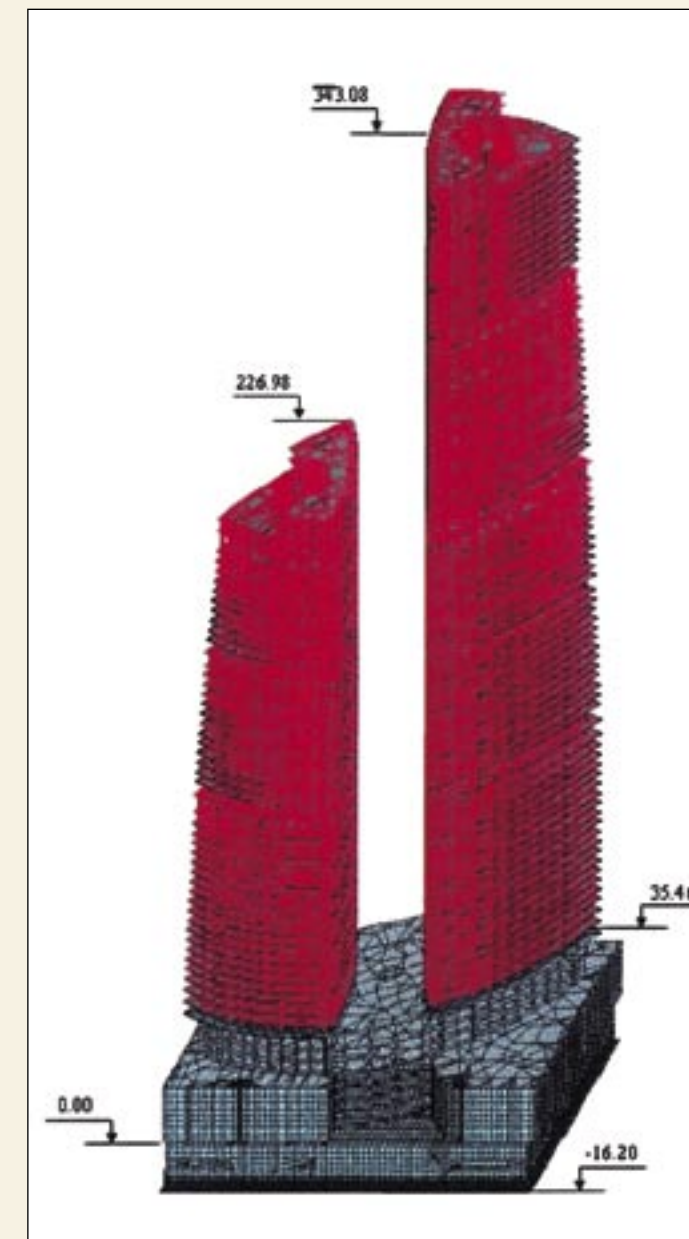
(M.M. At present the 8th Tower built in 2004 in Moscow by “Don Stroy” is rated as the “tallest” residential building. It seems quite symbolic that the concept of “overcoming the past”, as it is understood by the Poles, found its expression in Daniel Libeskind’s dramatic and transparent architecture, while Don Stroy’s understanding of the “ideal” future is reflected in replicas of the Soviet era buildings and namely towers as an architectural quintessence of this era).

### Could you tell us whether any of your present colleagues or



# On modern methods of structural design of tall buildings made of in situ reinforced concrete

Modern calculation systems based on new computational methods allow specialists in the field to make spatial design calculations. However, one has to be mindful of a number of factors which will influence the accuracy of calculations.



### These factors include:

- 1) combined action of structural frame and foundation;
- 2) selection of appropriate finite-element (FE) mesh in order to define degree of stress within different core elements (such as foundation slab, walls, cores, floor slabs);
- 3) simulation of wall/column-to-foundation and wall/column-to-floor connections;
- 4) distribution of internal structural stress predetermined by various construction stages;
- 5) physical nonlinearity of reinforced concrete, which has to be taken into account for improving the accuracy of calculations, etc.;
- 6) emergency effects (terrorist attacks, etc);
- 7) dynamic analysis.

Structural analysis of the Moscow City complex (one of Moscow multifunctional business centers) and a number of other buildings will help us better understand the above factors.

All calculations were made by specialists from Laboratory of structural strength and quality at RICP RAAC (hereinafter "Laboratory").

### BRIEF DESCRIPTION OF THE HIGH RISE COMPLEX

The selected structural design method was used when the initial design concept of "Federation" Tower was developed. The building was to be erected on Moscow

Modern calculation systems based on new computational methods allow specialists in the field to make spatial design calculations. However, one has to be mindful of a number of factors which will influence the accuracy of calculations.

ested in doing something unique, and I believe that cooperation and good relations with a client is absolutely necessary and the only way to make a project, which is architecturally and financially successful. It's like getting married! You have to have the same values and even though you may do things in a different way, you head in the same direction. I have noticed that many of the high-rises that are being built in Russia tend to be quite standard and could be built anywhere - in America or in Asia. I try to offer architectural solutions that are reflective of the history of a place and evoke emotions that are linked to that particular city.

**You participated in a bid for designing the Gazprom headquarters in St. Petersburg. Is it interesting for an architect of your standing to take part in various design competitions? Is there any sense in doing this in Russia?**

The competition brief for Gazprom was immensely challenging and extremely interesting. The challenge as I saw it, was to create a unique "spire in the sky" while minimizing the impact of a huge skyscraper on the ground. Of course I lost, but I do feel that my bid was the best in terms of conveying St-Petersburg's unique architectural history and cultural ambiance. My design sought to create a new and iconic skyscraper, something that has never been done before in the world of architecture. It was very disappointing that the project that won was one that was overwhelmingly corporate and pretty ordinary, and certainly I believe, did not embrace the individuality of the community.

**What do you think in general about doing projects in Russia?**

I have great respect for Russian culture. Russian constructivism is one of the seminal elements of my education and understanding of modern architecture. There are certain cultural and architectural ideas that I would find most interesting to convey within the Russian context - the next project is always the best and who knows, one day I may find myself working in Russia. ■

could take forever to talk about the rest, but just to give an indication, we are building in Singapore, Korea, Hong Kong, Croatia, Czech Republic, Poland, Germany, England, Ireland and Israel

**What clients and in which countries of the world are more likely to approve innovative and experimental concepts of design?**

Each country is specific in its own way. However in my case, clients seem to appreciate my way of thinking and approach to architecture. That is why we tend to have extensive discussions with our clients during the design phase of a project. All of the projects that I work on are interesting from inception to completion. Designing a building for Seoul, Hong Kong or Singapore is very different from designing a building in Western Europe or America. Working in Milan is not like working in Warsaw and so on. But my goal as an architect is to understand the dynamic communities where my buildings will be built and offer new and exciting designs that will offer something new for each neighborhood; with each new project being different from the one before.

**In terms of percentage how much of the design work you do is likely to be implemented?**

I would say that a majority of the projects I work on tend to be built and the percentage is increasing.

### WORKING WITH THE CLIENT

**How closely do you personally interact with your clients? Is it possible to interrupt the work process constantly, to repeatedly rework projects, to redefine building styles over and over again, etc.?**

First, I believe the success of a project is directly connected to the strong and respectful relationship between the client and ourselves. I am not an architect who simply puts down on the table one architectural solution, but rather I always try to form a very clear idea of what the client wants and to work out an original solution that can be implemented. I can consider myself lucky that I highly creative clients, who are inter-

design. I understand that my designs in architecture can sometimes be considered difficult to understand, very dynamic or even shocking. However I truly hope this approach generates "new memories" that create a new history for a place.

### NEW PROJECTS

Which country of the world is most convenient to work in?

Currently, my studio is working on more than 30 major projects - in Northern America, Europe and Asia. I try to participate actively in each of these. It is very important for me to think through every detail of the project, as we are offering a unique architectural building. There is no chain production of ideas in our studio. Working around the world means that one has to get in touch emotionally, intellectually and architecturally with the specific particularities, preferences and demands of different cultures and societies. These demands are sometimes very difficult, but also increase knowledge about the differences of the world as well as its similarities. The resulting projects become very interesting and that is what makes me love architecture.

**Where does D. Libeskind's firm operate? I mean in which specific states of the USA and where else?**

Apart from the Freedom Tower on the World Trade Center site in New York (expected completion date - 2010), there are three major projects that are under construction in the US-- a residential tower in Cincinnati (Ohio), a museum in San Francisco and a "City Center Retail and Entertainment" complex in Las Vegas, Nevada. We are also designing a new museum in Boston, two residential towers in New Orleans, two residential towers in Sacramento and a high-rise tower in New York. In Las Vegas, we are working in cooperation with "MGM Mirage" and eight other top architects from around the world; and in Toronto, the Royal Ontario Museum's Michael Lee-Chin Crystal is opening in June 2007. We are also designing a tall residential coupled with a cultural performance center. That's only North America! It

**architects of the past have any influence over your work?**

I have great respect for the work of my colleagues and always had great interest in the work they do. During these last few years in New York, I have been fortunate to work with many prominent figures in modern architecture. At the World Trade Center Site, my studio has worked in close cooperation with, for example, Calatrava, Foster, Rogers and Maki.

This project involves a great deal of coordination as far as the diverse design works are concerned. In Milan, we won an international competition bid, in collaboration with Arata Isozaki and Zaha Hadid, for the redevelopment of the "Fiera Milano" city complex. This is a project in the center of Milan, incorporating residential and commercial spaces, a museum, tall towers and a huge park. This project, apart from its general historic geography, contains a lot of architectural references to unique works of the most prominent masters of modern times. And of course, I am a huge admirer and friend of Frank Gehry, who has single handedly raised the expectation for expressive architecture in the world today.

**How would you characterize Daniel Libeskind's architecture from a mere observer's point of view?**

I believe that architecture is a storytelling profession. It is not only about designing beautiful facades; it is also about developing an entire spatial concept of a building and the story it is about to tell to the city in which it's built. Somehow, I consider myself a rather traditional architect who believes in the classical importance of proportion, light, acoustics, materiality, the connection between the eye and the hand. Of course I understand the importance of computers. We have dozens of them in our office. But in the end, architecture is about the sound of footsteps on the floor, the door that leads into a space, the light that comes in from a window, the human scale, when all of those and other things are right, the building is right. I do have an ambition to try to make a place unique by blending tradition and originality in



## Various options of construction staging can result in considerable variances in stress strain behavior of structures.

City complex territory. Later, however the Tower design underwent significant changes. According to the initial plan, dimensions of the cast-in-situ foundation slab were ~ 139.2 x 79.0 m, slab thickness – 4.6 m. This foundation was supporting two towers (Tower “A” and Tower “B”). Both had the form of a curved equilateral triangle and reached the respective heights of 356 and 239.9 m. Vertical loads on the towers were transmitted to a hexagonal core at the center of the tower and the square pillars, raised at equal intervals along the curvilinear perimeter of the building. Inside the building there were a number of round columns. The towers were joined at the base by a spacious underground stylobata, the walls and columns of which were also supported by the foundation slab.

### SPECIFIC FEATURES OF THE FINITE-ELEMENT(FE) STRUCTURAL ANALYSIS OF BUILDINGS

At present 3D structural models based on FE methods are growing more and more popular. However, it has to be said that with 3D models the complexity of the task increases. Thus, the number of FE analyzed for the above mentioned high-rise complex is 299 013, the number of equations solved – 1 583 215. Dwg. 1(a) below shows an example of FE model of the high-rise complex. It should be said that this structural model, which included the foundation slab, was based on Winkler elastic foundation theory and was used for the entire high-rise building (a comprehensive structural model). Traditionally, construction engineers use “separate” structural models for the foundation slab and the superstructure. However, experience shows that this “separation” may result in quantitative and qualitative discrepancies in calculation values for the foundation slab and the adjacent structural parts, as opposed to a more accurate comprehensive method. That is why we no longer use “separate” methods.

Comprehensive FE model can be very complex. In order to reduce task complexity structural analysts use coarse FE mesh, which can affect calculation accuracy. To avoid this, the Laboratory specialists use multiple detailization levels when develop a FE model. Level 1of detailization can be applied for simulation of the foundation slab and the adjacent parts of the building (walls, columns, 1 or 2 floor slabs). For these parts fine mesh is used, for the rest of the structure a coarser mesh is used. Multiple detailization levels and a transfer to a coarser mesh are illustrated in Dwg. 1 (б) (for the foundation slab and the stylobata part). Then Level 1 of detail is pushed upwards along the model in order to simulate walls, columns and floor slabs in real time.

When simulating Federation Tower a 0.4 x 0.4m FE mesh was used, which made it possible to enter into the model actual parameters of columns, cores and separate walls.

It is recommended to use fine-mesh for calculation of shear forces’ effects. Detailed stress data (i.e. bending and torque moments, normal and tangential force values) was obtained for the foundation slab and adjacent structural elements – Dwg. 2(a, б), Dwg. 3. Structural analysis and simulation were made on the basis of “LIRA Windows”, versions 9.0 and 9.2.

Another important peculiarity as regards multiple levels of detailization is the use of solid finites for simulation of walls and columns at points of their connection to floors and foundation slab. This intermediate level of finite elements allows transfer loads applied to walls/columns onto floor slabs and vice versa, depending on their connection areas. In order to simulate cross sections of wall/column-to-slab connections several levels of FE with adjusted rigidity are used. Rigidity is defined by the calculation methods based on equivalence condition. Thus columns become elements of the frame and walls acquire flatness (See

Dwg. 4). This approach helps avoid ambiguities so frequent, when “point” or “cut” simulation methods are used.

### THREE DIMENSIONAL ANALYSIS AND EFFECTS PRODUCED UPON IT BY ALTERNATIVE CONSTRUCTION STAGING

Analysis made showed that the foundation slab settlement was not uniform. Settlement for “A” and “B” cores reached 106 and 67 mm respectively. It should be mentioned that outside the cores (under the columns) settlement was two times smaller. Such variations in settlement, quite considerable at times (up to 35-55mm), can affect structural stability of the building. This caused the following effects:

- 1) deformations of outer pillars at pillar to slab connections (in some columns tensile stresses were formed from the inside – Dwg.6) several stressed fields were analyzed.
- 2) extra load on upper floor slabs due to forced displacements;
- 3) “half-break” of certain columns, resulting in that some of them hang on floor slabs (normal forces in round columns raised between the core and the outer columns decreased by 2.5 times in comparison to rated values as provided by the “separate” calculation model). “Separate” calculation model does not allow for detection of any such effects.

In order to redeem these effects Laboratory specialists considered several liquidation options:

- 1) by means of arranging local pile fields under A and B Towers (See Dwg. 7) several field options were considered;
  - 2) by means of appropriate construction staging, etc. (Dwg. 8 (a, б): Dwg. 8 (a) shows construction of B Tower; Dwg. 8 (б) shows simultaneous construction of both Towers). Option 1 (arranging pile fields) made it possible to achieve a 2-time decrease in overall settlement and a 2-time narrowing of settlement range for different slab sections.
- Various options of construction staging can result in considerable

variances in stress-strain behavior of structures. They may also affect internal strain induced in columns and floor slabs by vertical loads. In case of Federation Tower foundation slab performance was analyzed at various construction stages.

### PHYSICAL NONLINEARITY

Concrete physical nonlinearity factors may account for deformations of structures. They will also define to a large extent stress distribution in load-bearing structures i.e. floor slabs, walls, cores and columns. Physical nonlinearity theory is described in the works of N.I.Karpenko. Unfortunately, these factors are not given enough attention when structural models are created (and sometimes totally ignored). The problem is that there are no incentives for developers to take account of various nonlinearity factors as the software packages they develop are approved for usage as are. However this negligence can also be explained by complexity of nonlinear calculations and lack of relevant regulations. Specialists from the Laboratory have developed several methods in order to solve this problem.

Probably most effective in terms of reducing complexity of tasks related to reinforced concrete calculations, and which takes into account various nonlinearity factors, is the finite increments method. It is described in Karpenko’s work “On the method of finite increments calculations for plane concrete structures”

### ON REINFORCEMENT SELECTION AND CARRYING ABILITY

It has to be said that when reinforcement type is selected, torque ( $M_{xy}$ ) and load per unit length ( $N_{xy}$ ), that along with bending moments ( $M_x, M_y$ ) and normal load per unit length ( $N_x, N_y$ ) can considerably affect the choice of reinforcement, are not always given enough attention. Dwg. 3 shows torque diagrams for the foundation slab. In the middle of the slab torque can be very high. If this factor is neglected inadequate reinforcement

type may be selected (the divergence between the appropriate and the wrong reinforcement type may be twofold) and strength conditions for shell finite elements will be violated. Areas of reinforcement in X and Y directions ( $f_{sx}, f_{sy}$ ) at the lower tensile side of the element are calculated using the formulas below:

$$f_{sx} = \frac{M_x + M_x \alpha_{sp} + (N_x + N_x \alpha_{sp}) Z_x}{R_s Z_x},$$

$$f_{sy} = \frac{M_y + M_y \alpha_{sp} + (N_y + N_y \alpha_{sp}) Z_y}{R_s Z_y},$$

$Z_x$  – distance from the median surface to the gravity center of the compressive zone of concrete;  $Z_x, Z_y$  – distance from rebars laid respectively in X and Y directions to the gravity center of the compressive zone;  $\alpha$  – crack angle,  $\lambda_x, \lambda_y$  – coefficients that will depend on how pliable rebars are if tangential displacements occur. The following condition has to be satisfied:

$$\frac{M_x \lambda_x Z_x - N_x Z_x \lambda_x + M_y \lambda_y Z_y - N_y Z_y \lambda_y}{-M_x + N_x \lambda_x} \lambda_x \lambda_y \geq 0$$

It has to be satisfied, for  $\lambda_x, \lambda_y$ , calculated by the existing method and for  $\lambda_x = \lambda_y = 1$ .

As is known, for slabs analysis of effects produced by shear forces has to be supplemented by punching shear strength analysis. In many cases this punching shear strength analysis is all that is done, whereas it can not guarantee from premature deterioration (at operation stage) at columns-to-slab connections before the limit state of punching shear resistance is reached. In this regard shear forces analysis for various directions is essential. In most cases selection of reinforcement type is made separately for shear forces  $Q_x$  and  $Q_y$ , as opposed to as it should. Effective area of reinforcement per unit of slab area (1 sqm.) should be shown.

### DEFLECTION AND CRACK WIDTH ANALYSIS.

Various tests and analyses show that deflection values obtained by linear calculations are several times smaller than those obtained through nonlinear calculations (account taken of cracks and concrete creep). Depending on the type of reinforcement this dif-

ference in values can be 4-10-fold (Dwg. 9).

Correct mesh interval is essential for improving the accuracy of slab deflection calculations. It should be no less than 1/20 of the slab span.

### EMERGENCY FACTORS ANALYSIS (TERRORIST ATTACKS, ETC.)

New calculation elements has recently been introduced into the standard rules governing performance of structural analysis, so that it is possible to remove individual supporting columns and supporting walls’ sections from the frame in case of a terrorist attack (explosion, etc) without affecting the entire structure. The building has to be able to resist progressive deterioration (i.e. it has to possess a certain degree of endurance). A new model for calculation of local failures that may occur in a building (when individual columns are knocked out from the core) was examined. Despite the severity of local damages the collapse of the entire building did not occur (Dwg.10). This can be explained by the fact that a number of reinforcing structural elements were introduced at certain floors along the entire length of the building, such as strengthened perimeter beams and pillars, etc. Without these it would be impossible to guarantee sufficient strength of a building (i.e. ability to withstand explosive force).

### DYNAMIC ANALYSIS

It is also important to define natural vibration frequency (as shown on Dwg.11) in order to calculate wind loads and accelerations induced in floor slabs by oscillatory wind loads. MCCN (Moscow City Construction Norms) provide that these accelerations should not exceed 0.08 m/sec<sup>2</sup>. Violation of these standards may result in degradation of comfort in a building. If this is the case, measures should be introduced in order to reduce vibrations.

This paper explores certain problems related to design of high-rise buildings made of in-situ reinforced concrete. ■

## Definition of natural vibration frequency (as shown on Dwg.11) is very important for calculations of wind loads and accelerations imparted by oscillatory wind loads to floor slabs.

## Physical nonlinearity of concrete defines distribution of stress in load bearing structures.



# Pyramids of the new millennium

The construction of the "Russia" tower, part of the "Moscow City" project will start as early as summer this year. "Russia" will be the highest tall building in Europe reaching the height of 612 m. The design concept which was approved by the Urban Planning Council within Moscow Mayor's Office on April 20 last year was developed by a world famous architect Norman Foster.

## RUSSIA TOWER

### Facts and Figures

**Location** Located in Moscow City, 5.5km from the Red Square

**Client** STT Group

**Designer** Foster and Partners

**Structural solution** Halvorson and Partners

**Uses** Offices, hotel, shopping, leisure and residences with private gardens

Public spaces and observation deck

**Building Type** Mixed-use, super-dense, vertical city for 25,000 people

**Site Area** 21935m<sup>2</sup>

**Total Gross Area** 565,000m<sup>2</sup>

## STRUCTURAL SYSTEM

- Composite steel and concrete 'fan' column superstructure
- Reinforced concrete core
- 21m clear span steel trusses with concrete on steel deck for office floors
- Steel beams with intermediate columns with concrete on steel deck for the hotel, serviced apartments and residential floors

## SUSTAINABILITY

- Tallest naturally ventilated tower in the world
- Shallow 21m floor plates to maximise daylight and natural ventilation potential
- Triple glazed high performance low energy façade
- High-end comfort levels throughout
- Photovoltaic cells
- Energy recycling within the vertical city reduces heating demand by 20%
- Grey water recycling
- Potential for thermopiles and river water cooling
- Rain water and snow harvesting reduces fresh water demand for toilets by 30%
- 100% recycled heat during winter period

Based on a highly efficient geometry derived from a triangular plan, the vertical city is a powerful triumvirate of three arms that meet at a central green spine running the full height of the tower. Wider at the base and tapering towards the top, the pyramidal form is elegant and slender in profile, and benefits from a highly efficient composition to achieve maximum stability with minimum structure, and the most effective distribution of space.

The building continues the practice's investigation into the nature of the tower, taking structural, functional, environmental and urban logic to a new dimension.

The tower resists wind loading with a series of sloped fan-shaped columns that extend diagonally upward to the spine from the broad base. Overlaid by columns set at a reverse angle, this unusual oblique lattice carries the building's load while also giving it its distinctive geometric façade.

At ground level, the dramatic and vibrant gateway into the site slopes downward into an inverted pyra-

mid that houses an extensive retail space and a public ice-rink. The site is well-connected to Moscow's renowned underground transport system, and is supplemented with subterranean car parking.

The mixed-use project incorporates apartments, hotel, office and leisure space. With retail and offices generating higher density use towards the base, residential, hotel and serviced apartments are located in the higher, smaller floors. Mixed-use presents a strong case for energy balance, dependent on the residential components using energy at different times to office and retail. This mixed-use complex will have an 'energy cycle' that pioneers sustainable architecture and reinforces the economic and social vitality of Moscow City. By harnessing the heat created by the offices in winter and the cooling properties of the ground in summer, the energy cycle is a hot water circuit that runs through the building, distributing the energy to regulate the temperature and heat water throughout the day and throughout the year.

The triangular volume of the tower is carved out on three sides to create independent arms with thin floorplates. This distinct diagram maximises daylight penetration and views, providing large, double-aspect, flexible, column-free offices. At ground level, there are three separate addresses, respectively for office, hotel and residential, and rising up the centre of the building, there is potential for a series of green skygardens

that draw in natural ventilation and provide key circulation and social space.

The higher floors containing residential and hotel accommodation are designed as a series of modular units that can be individually configured. Apartments benefit from fresh air, natural light and double- or triple-height volumes and private skygardens, creating a unique lifestyle in the heart of Moscow – an opportunity to escape the city within minutes, while benefiting from a diverse choice of amenities and access to a vibrant community. At the summit, a publicly accessible viewing deck with cafes and bars creates a magnetic new attraction for both visitors and residents of Moscow. ■

## GENERAL BUILDING DATA

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| Height to top of building     | 600m         |
| Height to top occupied floor  | 500m         |
| Width of floor plates         | 21m          |
| Typical floor to floor height | 4.25m        |
| Number of lifts               | 93           |
| Number of car parking spaces  | approx. 2900 |
| Number of floors above ground | 118 floors   |

# Russia Tower – new reality

In spring 2006 Pushkin Museum of Moscow featured an exhibition of works of the famous architect Norman Foster entitled "Space and Time". It was there that Norman Foster first presented Moscow City Project to the wide audience.

A year later we are standing before the mock-up of Russia Tower in the Moscow office of STT Group, the owner of construction, and talking to the project manager Mr. Didier Lahoz. The secret dream of making the tallest building in Europe has started transforming into reality. Now this is a real project which presents a serious challenge for designers, architects and engineers who will build this unique tower, which is to become the symbol of the new Russia and a triumph of the modern high-rise technologies.

**Mr. Lahoz could you explain why you have chosen this triangular geometry for Russia tower?**

As the plot of land allocated for construction has a shape of equilateral triangle, each side of which is 210 - 220 m long Norman Foster and designers from STT Group decided to build a tower that would also have a triangular geometry and would taper off to the top. Thus, better stability of the structure could be achieved. Moreover this form provides for more efficient usage of floor space.

**Does the Tower Russia symbolizes anything particular?**

The Tower Russia is a symbol of new Russia, its aspiration towards new horizons.

**Then does this mean that this particular form was selected chiefly to ensure structural stability?**

Nobody would build something unstable! We carefully analyzed all structural parts of the tower and can say that they are very well balanced. We made detailed calculations and held a series of tests including wind load tests. The stability of the structure is one of our top priorities and many famous designers from Russia and abroad are working on the project to ensure.

**People say that in a tall building you can feel the pitch almost**

**like aboard a ship, especially this is true of the upper floors of the building. Will this be the case with Russia Tower?**

We did a lot of wind tests and we were amazed by the stability of the selected geometry. This is indeed a very stable structure. We only get a small degree of rotation, which is normal for tall buildings, but we can reduce even that.

**Have you taken into account Moscow weather conditions when developing the project design? As it is most likely that the dwellers of the upper floors will see nothing but the clouds out of the window?**

We have taken into account the weather conditions, providing for instance triple glazing and low-E coating to avoid condensation and heat losses, organizing heat transfer and heat recovery. About the view of the clouds: after investigating the weather history during the past years, we are not worried about this.

**Did Moscow municipalities as the originators of the project set any specific requirements to the designer or did he have a free hand with whatever he was doing?**

All the constraints were related to the shape of the construction area. It is very specific in terms of geometry. We were supposed to propose a design for a multifunctional com-

plex which will include many allocations: a hotel, residential, retail and a parking, and to stick to the triangular area of construction site. But as to the number of towers - there were no restraints. We could build three or two or even one tower and submit our proposals to the Authorities. A few years ago this project was planned to be two towers, then together with Foster we developed a design brief and defined a number of key provisions such as the area of construction and the approximate program. Originally all towers were supposed to have different functional use. One tower would include a hotel and residential apartments, the others – offices, with retail areas in the lower floors. Eventually, however, we decided that for the sake of stability and elegance we would rather combine all these functions in a single structure. The functionality division was consequently changed as well. Instead of vertical division (where each tower has different functional allocation) we ended up with horizontal division. Lower floors of the tower will include retail areas, offices will take up the middle part. A hotel will be located on the upper floors and at a still higher level an observation deck will be arranged above the residential apartments.

**By the way how many parking slots will the parking area have?**

Around 2000. When planning the parking zone we had to comply

with the rules as regards multifunctional complexes of this size. These rules provide very detailed instructions as to how many parking slots are to be allocated to retail, to residential area etc.

**You said there will be a horizontal division, what will then be located on the lowest level of the tower?**

The underground part as you call it would comprise the retail part, the atrium part, and the "big legs" for the tower. The atrium is one of the most interesting features of the tower. It will encompass 3 retail floors, gradually descending from the street level. These are not literally "underground" floors (we call them retail floors M1, M2 and M3), but an open space below the ground level, so the descent will also be open. Below M3 level a 5-floors underground parking will be arranged. This will create "a big space effect". So when the atrium is built I think it will be fantastic. The biggest problem for designers in Moscow is that we know how to protect ourselves from cold, but we do not know how to make up for lack of light. At 3.30 pm it is already dark in winter and this is terrible. So we thought if we could create this big volume, it would let in more light that would create a really great effect for the occupants and visitors.

**It would seem that such design calls for a special type of foundation? What is it?**



The foundation will be on a raft. First we will build a diaphragm wall and the bottom of the diaphragm wall will be raft.

**Is this a new technology for Russia?**

Partly yes. Ten years ago it was almost impossible to build an underground parking deeper than 2-3 floors down. As regards technologies you are right. Each time we build something it is a new experience even for ourselves. Each time it is unique. Even when you think the two buildings have identical design it is not exactly the same. The shape of land is not the same, the exposition is not the same etc.

We know, it is difficult to build in Moscow because of the soil flow and other soil peculiarities.

That's right. But we paid much more attention to such serious matters and hold regular engineering meetings and conferences calls to discuss these issues. We organized and ordered a lot of tests to confirm the specific layers we have to work with, to the level of water, to what kind of foundation we need and whether we need to drive in more piles etc. We conducted detailed soil investigations so you need not have any apprehensions - there will be no cracks caused by soil movements. I would also like to point out that the weight of the excavated ground will be less than the weight of the structure itself.

**What other new solutions were developed at the design stage?**

Having a look at the picture you may see that we created an external fan-shaped structure, which allows to save space. Inside of the building there will be column-free floors. Moreover, at a commercial stage i.e. when offices are sold we may offer our clients 2-level offices depending on individual preferences. Everything or almost everything will depend on the personal taste of the end-user. When we developed the design we tried to capture as much light and space as we could. We also tried to make it very effi-

cient in terms of energy use. This is not a new technology but we used heat recycle systems in this project. As the building is a multifunctional complex the energy consumption is different for various allocations. So we designed a system that takes care of this. It is very flexible, and we recover energy from the offices to supply to residential zone etc. depending on the energy consumption rate and period. We also plan to arrange several green gardens in the tower.

So Russia tower will be a modern "smart building".

That is true. The building is also very safe as regards fire or terrorist threats. We understand that there is always a risk of attack and that is why we are taking precautions. We are working with Russian and foreign designers on this and possible terrorist attacks and preventive measures have been thoroughly discussed and analyzed. At the same time we also analyzed fire safety matters and worked out a design that rules out the possibility of progressive collapse...

**How many apartments will the buildings have?**

The number of apartment levels is 39, but it will be difficult to say exactly how many apartments there will be as you may want to buy an entire floor or even two floors if you want, let's say around 400 units. We made special calculations and arrangements so that now it is possible to remove floor plates at the extremities of the tower to make ceilings two, three or even four times higher than in the regular-size apartment. In this sense this is a flexible structure, but it has certain limits, as you can not remove flooring between basic functions.

**Will STT be taking care of the interior décor of the apartments?**

Not directly: we will decorate public areas of the tower, but we will not be decorating individual apartments. We can suggest some ideas but in the end it's up to the residents to decide.

**We heard that the design provides for construction of the observation deck. Will it be built on the uppermost floor of the tower?**

No, the observation deck will be arranged below the technical floors of the mast. 7 floors below the deck will contain VIP Club, public areas, and 1 floor will contain various services - kitchens, laundries etc.

**Did you have to face any particular difficulties while working on this project?**

This is a very big project. A project of this size has never been implemented in Russia before. Normally in Europe, the total floor area for most high rise projects does not exceed 200 000 or 300 000 square meters at the most, whereas with Russia tower the total floorage is 500 000 square meters. This project is unique and so sometimes regulations and norms were lacking, so STT in cooperation with various official bodies had to develop these regulations. I don't know whether this can be considered difficulties but it certainly slows down the process.

That is right many construction specialists say that Russia is lacking SNIPs and regulations for high rise development.

That is true. That is why we had to discuss and adopt a logical approach when dealing with this, to reach an agreement with the competent bodies.

Getting back to the tower, how many people will it be able to lodge.

Some 22000 - 25000 people can be in the tower. It is almost like a small city.

**And how many people do you think will be involved in the construction process?**

Everything will depend on how the construction will be organized. In my opinion, this may be thousands of people. You see, when a construction project is carried out there are not so many people involved at the initial stage, but then gradually this number

increases. Also you have to keep in mind that the area of construction is very small, which creates the biggest difficulty that we are faced with.

**Speaking about contractors, do you plan to involve foreign or Russian companies in this project? Or both?**

So far we have not selected anybody. You have to be very careful when such size project is at stake. It is not easy to find companies that would be able to do this work. You have to do an extensive market research in order to find the best for the job.

**In other words no construction contract has been signed so far?**

Not for the entire project. We have reached certain agreements as regards some small parts but not for the bulk of the project work.

**Do you plan to import materials from abroad or supply from Russian plants?**

Mostly we plan to use materials from Russia such as structural steel and concrete.

You sound very convincing but at present it is very difficult to visualize this Tower to understand how it will look in reality. However this project is most likely to influence our conception of construction technologies and of life itself.

True. This is a great project with great questions to be solved. For instance the façade cleaning technology. How to clean a building with fan-column structure? We managed to find the solution to this problem as well.

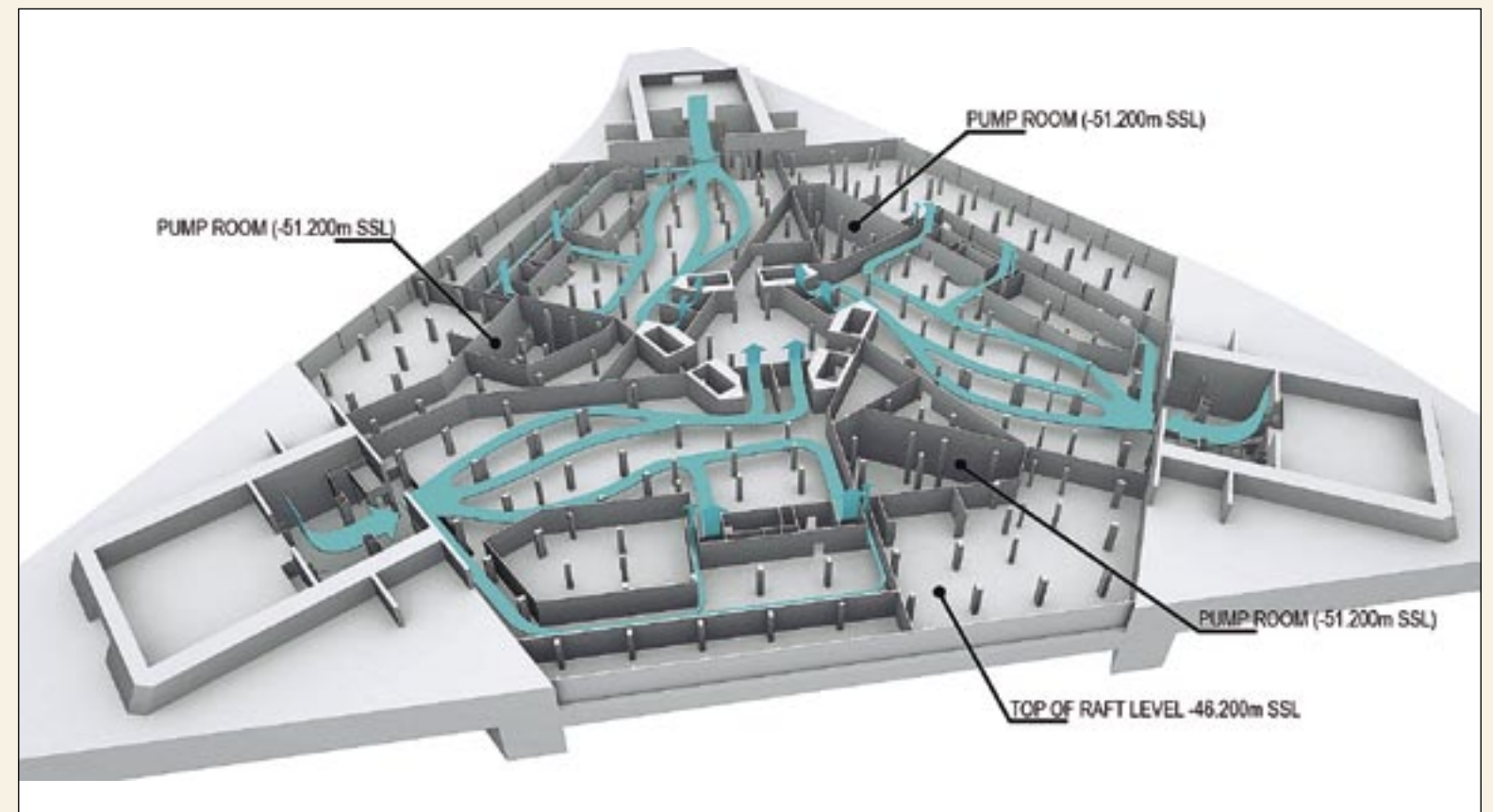
**Is STT planning to become the managing company of the project?**

Yes, one of STT Group divisions will manage this project.

Thank you very much for your time. When the project is realized it will be grandiose and we hope to be able to see it when it finished. ■

# Arteries for «Russia»

The 600 meter high tower is a unique project but construction is not everything, the tower has to be made comfortable and efficient from the economic point of view. General Director of Moscow representation of Waterman Group, Mr. George Antoniadis speaks about the problems related to engineering systems' installation.



**Russia Tower will become the tallest building in Europe. What factors are to be taken into account when designing MEP systems? Does weather produce any influence upon the technical solutions you choose?**

The environment has had a major influence, extremes of temperature between summer and winter, wind speeds, exposure to solar gain and natural day lighting. One of the major considerations

has been to minimize the carbon impact such a large development of this size would impose on the environment. We have designed the building to have the minimum impact possible on the local infrastructure and natural resources while providing the quality of space that we all demand in the 21st century. The building and its associated engineering services have been designed to achieve the best quality space with a sustainable agenda.

**How many mechanical floors will be taken up by MEP systems?**

Technical floors are located throughout the tower adjacent to the areas served to minimize distribution space and losses. The main technical plant rooms are located at levels P1, 11/12, 25, 38, 50, 62, 69, 83, 97, 111 and within the mast. The technical areas on these floors serve the mechanical, electrical, life safety and IT/telecommunications equipment.

**What percentage of usable area should be taken up by MEP in order to ensure safe building operation?**

This question should ask what is the optimum percentage of plant space required to provide the level of service comparable with the nature, function of the building, aspirations of the client and to satisfy the market requirements. As a principle technical space should be in the order of 8-12% of the gross area, high rise buildings



requiring a larger percentage than more traditional buildings due to the vertical distribution requirements.

**What types of heating, ventilation and water supply systems are to be installed in "Russia" Tower?**

The heating will be provided via the City district heating mains serving energy efficient fan coils, radiators, under floor heating, radiant heaters and all air systems. The cooling will be provided by either natural (free cooling) or mechanical means (latest technology mechanical chillers) depending on the external temperature serving either fan coils or all air systems.

The quality of the domestic water supply is enhanced by special filtration measures to provide the purest drinking water to the tap. The non potable supply to the residential apartments is also treated and softened to provide the best quality supplies for washing and other domestic use.

**What sort of equipment should be mounted in such-type of structures? In what way is it different from the equipment used for traditional buildings?**

The design is based on a modular system and has been engineered to use as far as practical standard components in order to assist safety, maintenance, plant replacement, reliability and minimize cost.

Particular attention however had to be taken due to the static pressure on the hydraulic systems for safety, plant life expectancy and reliability considerations. The size of the systems and method of construction have also been taken into account.

Two major considerations however are the provision of life safety systems, and their reliability to enable safe evacuation of the occupants in the event of an incident, and secondly Two major considerations however are the provision of life safety systems, the security from both an internal and

external threat to the building and its occupants. The Russia Tower by its very nature will have a high profile and therefore will be provided with the latest international anti terrorist's measures.

**Could you say a few words about designing and installation of MEP systems in this 600 m-high tower?**

What problems did you have to face or will be facing when designing MEP systems and what factors may cause problems in terms of building operation.

The major issues are designing a system which provides the required internal environments when dealing with the extreme Moscow conditions, making them energy efficient, flexible to suit changing usages, ease of installation, ease of maintain ace, long term replacement/ upgrade to suit new technologies and requirements, ease of operation and provide a sustainable building which pushes current acceptable norms while being a user-friendly and commercially acceptable building.

As noted, the design has been developed using where possible proven and tested systems and equipment, the design for the building and its associated engineering systems has taken on board the latest thinking of the Russian Federation authorities requirements with regard to fire engineering. Other challenges has been developing the security management, dealing with the static pressures within the hydraulic systems and providing energy efficient utilizing via the "energy highway", while minimizing the buildings carbon foot print.

The engineering systems have been designed with off site fabrication in mind to allow controlled factory conditions to manufacture and assemble the components in order that they can be delivered to site and bolted together thus minimizing site assembly works. The design also is based around "plug and play" principle where

key components and there ancillaries are assembled off site in controlled environments reducing site work to a minimum thus improving quality, allowing for off site testing and reducing the installation period.

Would you describe fire-safety systems and specific features of their design.

The fire strategy is based on a development of the principles established for "Moscow City" and follows a "fire engineering" approach. The building has been designed to provide safer refuges throughout the building in the event of an incident, extensive lift services which can be used for evacuation, smoke control and removal plant together with sophisticated fire detection and suppression systems.

**If it is true that «Russia» tower is going to become a «green» sky-rise what specific technologies will be used in order to achieve that goal?**

Yes, the Russia Tower will be an environmental friendly building. A sophistic cladding system has been designed to minimize the impact of the external environment. Extensive energy recover systems have been incorporated within the design which transfer heat via the "energy highway" recovering rejected heat from one area to serve another as required by the various usages and time profiles of the building occupants. In addition both solar and photovoltaic panels are proposed and free cooling to take maximum benefit of the Moscow climate. The building orientation and external profile has been engineered to maximize natural daylight to reduce energy consumption and enhance the quality of the space for the occupants.

**Does Waterman have experience in dealing with such-height buildings? In what other high-rise projects did Waterman group participate in the past?**

The Waterman Group have been involved with commercial, residen-

tial and hotel/ mixed use high rise buildings around the world, however the Russia Tower as a mixed use 600m high development is quite unique.

**What major projects has Waterman done in the past 5 years? Any of them in Russia?**

Anglo-American school, Atrium Retail at Kursky train station and "Belaya Ploshad" complex in Moscow, Offices Metropolitan in Warsaw; Her Majesty's Treasury and Canary Wharf Tower in London; ABN AMRO in Sydney; Dubai Festival City in UAE; Twin Towers in Dubai; Paradise project in Liverpool; Queen Victoria Building and Grosvenor Place in Sydney

Was it difficult to get work license in Russia

Once we demonstrated Waterman's aspirations and commitment to the Russian market it was not difficult to obtain the necessary licenses.

**Do you use AutoCAD software for engineering MEP systems? If you do, how effective do you think is it?**

Very effective, it first of all improves the quality of our designs and secondly reduces the time required to deliver the information to our clients.

**Were your employees duly certified to be working with this software?**

Yes, we train all our staff to use both AutoCAD and other appropriate software to improve the quality of our deliverables to the client. This also includes extensive use of 3D structural and building services engineering design.

**How big is Waterman group globally? How many people are working for Waterman here in Moscow?**

The group employs in excess of 1400 staff worldwide. In Moscow we currently employ 50 staff and are actively recruiting to expand the office and enhance the services offered to our clients. ■

# The Light\*house project

In most cities coastal areas are frequently made industrial and may include plants, factories, ship yards, docks etc, i.e. all the facilities that need permanent access to water transportation arteries. However, as the city grows these areas often become part of its historic center and become hubs of new residential neighborhoods. So it is quite understandable that the municipal authorities would like to force these facilities out to the city outskirts and to use the areas made available for municipality needs.



The Municipality of Aarhus has initiated the development of the city harbour areas of Aarhus. Stage 1, which comprises the present Pier 4 – the outermost part of Aarhus Harbour towards the north, consists of development of a new urban area of approx. 60,000 square metres.

The development project consists of private as well as non-profit

housing facilities of approx. 40,000 square metres and commercial facilities of approx. 20,000 square metres. There will be approx. 400 residences, of which approx. 100 will be non-profit rental residences and approx. 300 will be owner-occupied residences (of these approx. 270 flats and 30 terraced houses).

As a brand new thing, Light\*house

has involved experts in urban environments with comprehensive experience from harbour environments abroad (Australia, New Zealand, USA and Norway) from the very beginning to ensure a vibrant, attractive and safe district - for the people who live and work in the district as well as a destination for the citizens and visitors of the city. The intention is to cre-

ate a safe local environment which puts an end to the conventional blocks and instead forms small groups of terraced houses, so that the residents belong to a smaller community where they know their neighbours.

A lovely harbour promenade with evening sun, café environments, a large square which enable common free-time activities, a master



plan with interaction between private, semi-public and public areas, public access to the view from the tower with the Skybar at the top of the building are among the attractions of this district. It will be possible to access the area by car, but all cars are to be parked in a common, underground parking facility. This will ensure optimum conditions for pedestrians, cyclists, etc.

"We have carefully studied the well-functioning new harbour fronts as well as the many which we think do not work, and considered how to make it Denmark's best and most vibrant urban area by Aarhus Harbour. Accordingly, this area will offer activities for the residents as well as for the entire city. We have been working with permanent attractions such as the harbour promenade along the north edge of the area, view-point cafés or a trip to the Skybar on top of the multi-storey block. There will be room for flexible and seasonal elements and for more one-off events such as e.g. events in connection with the Aarhus festival week", says Professor Jan Gehl from Gehl Architects.

Light\*house meets the Municipality of Aarhus' innovative vision of a healthy balance between different types of houses and income groups in the new district. The requirement from the Municipality was that 25 per cent of the residences are to be non-profit rental houses. 100 of the 400 houses will therefore be owned by the housing associations Arbejdernes Andels Boligforening and Boligforeningen Ringgården.

This is the first time a Danish municipality requires such a high degree of rental flats in this type of urban development project, but experiences with this mix are good, for instance in the Netherlands.

"To me, Light\*house leads the way of the housing associations' constructions in future, such as Villabyen Skovbakken in Aarhus or the Bellahøj houses in Copenhagen. This is high-quality construction with a marvellous location which we will now be able to offer to our members," says Anders Ronnebro from AAB.

The architecture has been developed in close cooperation between the Danish architects 3XN, the Dutch architects UNStudio and the urban environment experts in Gehl Architects. The architecture was developed entirely from scratch based on the Municipality's master plan combined with thorough studies of the societal development, cultural trends and living conditions, the marvellous location of the area as well as considerations of wind and weather conditions.

The vision of the Light\*house project has been "to create a wonderful city at eye-level with nice houses on top of it". The basic idea of the design was to give all houses access to the sun from the south and the view from the north. It is about living the view. This means that the constructions will only have facades; the houses will have no rear sides. In the design, the architects have focused on the constructions being handsome close-up as well as at a distance, nice to live in and to look at from the flats and pleasant to be walking around in.

"The construction appears homogenous as well as individual. As a resident, you will always know your own house from a distance with individual details such as balconies. But also, the buildings stand out with common characteristics as we know it from districts such as Trøjborg and Frederiksberg in Aarhus. The characteristic patterns of the facades reflect the reflections of light in water", says Kim Herforth Nielsen from 3XN.

"The Light\*house project signals how today's individualization in society can be enriched by new forms of collectivity. From design of the district as a whole to fitting up of the individual house, the project is about bringing people together – those who live there as well as those who like to go there. Like in a traditional city centre, but here with an extra multi-storey block dimension", says Ben van Berkel from UNStudio.

The tower will be 130 m; add to this a glass canopy of 10-12 m, so that the total height will be 140-142 m.

The construction is expected to start at the beginning of January 2008, depending on the approval of the local plan. The first residences are expected to be completed in 2010.

The intention of the Light\*house project is for the construction to be performed from the seaside to protect the centre of Aarhus from heavy traffic through the city. Depending on the possibilities resulting from discussions with Aarhus Harbour and the Municipality of Aarhus, Light\*house wishes to remove the present buildings and quay areas as well as to bring in the materials for the new construction from the seaside to the extent possible.

Light\*house will be constructed according to the latest construction standards and will a.o. be one of the first larger constructions to be constructed according to the new rules on energy-saving measures. The development in sustainable construction, materials and technology is rapid, and the latest methods will be applied in the design and construction phases.

"Of course, the construction work is to be carried out with the least possible inconvenience for the city and the nearby residences. Presently, the area is burdened by noise from the industrial harbour, but this noise will end already before the construction work begins. And the view of the containers will be replaced by beautiful buildings", says Søren Larsen from the consulting engineering company Grontmij | Carl Bro.

The consortium Light\*house as a whole represents solid experience in construction of multi-storey blocks and constructions in water. Through its German and Dutch partners, Grontmij | Carl Bro has great experience in construction of multi-storey blocks, and the consulting engineers also have great experience in construction in water from Danish projects. UNStudio is based in Amsterdam and thereby in the Dutch construction tradition in which water is a given element. On the basis of this experience, UNStudio is presently creating multi-storey blocks in Taiwan, Singapore and New York. 3XN is experienced with in this area from i.a. the Music House (Muziekgebouw/BIMhuis) in Amsterdam and Museum of Liverpool, which are both placed by the water and with difficult foundation conditions.

Light\*house is a consortium consisting of Udviklingselskabet af 30.08.2006 and two of the non-profit rental housing associations Arbejdernes Andels Boligforening (AAB) and Boligforeningen Ringgården. Udviklingselskabet af 30.08.2006 is owned by Keops Development A/S and K/S Frederiksberg Ejendomme (50 per cent each). ■



Location: Apgujng-dong, Kangnam-gu, Seoul, Korea

# Communal House for Seoul

Most Russians will wince at the word "commune" as it is closely associated with uncomfortable "shared" or "communal" apartments – heritage of the Soviet era. However, when Korean architects, developed the Seoul Commune 2006 project they were not afraid of social complications as their chief goal was to work out a solution that could help solve the problem of urban crowding in big cities. Seoul Commune 2026 investigates the viability of an alternative and sustainable community structure in the overpopulated metropolises of the near future



The imagined community is integrated within the ever-accelerating developments of the digital environment and ongoing rapid social change. Seoul Commune 2026 presents a concrete architectural and urban proposal that entirely reconfigures, and consequently develops the existing "towers in the park" form. Seoul Commune 2026 unites

towers and the park in a balanced way. It forms a complex network of private, semi-public, and public spaces.

Korean society continues to change rapidly in both technological and socio-cultural terms. An aging population, a declining birth rate, and rising divorce rate are changing the fabric of social relations. This increasingly "graying" and hyper-

individualized society, mainly composed of one or two-person households, inevitably demands new forms of architecture and spatial structures. In addition, digital technologies such as the Internet and mobile communications have been adopted and adapted to Korean cultural norms very actively and extremely quickly. As a result, various online and offline

communities have sprung up anarchically, without any support from architecture or urban space.

"Towers in the park," a relatively new Asian urban spatial structure, is swiftly gaining in popularity and replacing the slab apartment buildings reminiscent of the "Hilbersheimer block" that dominated the Korean urban landscape over the past 40 years.



The towers in the park typology has been broadly applied in large cities across Asia, including Seoul, considered representative of superior quality open space while satisfying quantitative demands in these overpopulated areas. It consists of two very contrasting elements: the park represents a public space, while the rising towers are an accumulation of individual dwelling units and demarcated private space. Problematic in the engagement of these two static and seemingly opposing aspects is the lack of an intermediary space or structure that fosters the generation of spontaneous social interaction. Seoul Commune 2026 solves this problem by connecting and balancing the two elements (towers and park). The creation of interjunctions between interior/exterior and public/private space on a variety of scales accommodates various residential activities and facilitates spontaneous social interactions. We have imagined a spatial condition in which the towers become the park and the park becomes the towers, with the total emerging as a seamless whole.

Seoul Commune 2026 is located in Apgujongdong, a central area in the southern part of Seoul. It is located in a large-scale urban redevelopment zone that is possibly one of the most densely populated places on Earth. Covering 393,400 square meters of land and bound by the Han River on the northern side, 15 towers of varying height—from 16 to 53 floors—function like one giant house in this park-like setting.

The concept is based on a mixture of purely private rooms, so called 'cells', and communally used spaces. Ubiquitous digital technologies in the Seoul Commune enable the effective utilization and management of these complex spaces. These technologies are utilized to protect and maximize privacy in private dwelling units/cells, while also allowing individuals to monitor various public spaces in real-time and to select and reserve common public spaces depending

on their preferred social contact or activity. This monitoring and decision-making is realized through the digital network system that also enables the dwellers to effectively communicate with various communities and thus helps to develop the diverse communal space. The members of this commune range from permanent residents to nomadic short-term lodgers.

Seoul Commune 2026 suggests a minimized private space consisting of a bedroom and a bathroom in several spatial variations. There are six variations of cells in size on the circular plan of a tower, ranging from 28 to 33 meters in diameter. Spaces where social interactions take place, such as living and dining rooms, are situated outside the private units. The living cells operate as personalized hotel rooms and each basic residential unit satisfies private spatial needs, while the hotel's public space is shared and utilized by all, guests and non-guests alike.

The private spaces in all towers are composed of individually unique beehive-like cells. A total number of 2,590 cells are spread throughout the 15 towers. These basic units can be horizontally and vertically connected and multiplied. A single household can consist of a few independent cells with additional functions. The unique honeycomb structure also improves natural light conditions.

The top floors of the towers have three distinctive spatial structures: the dome, the inverted dome, and the inverted cone, all serving as a sky lounge for the commune and include shared living and dining facilities. The dome type can be as large as 63 meters in diameter and 31.5 meters high, thus creating a huge atrium. The inverted dome and inverted cone type allow for large public spaces on the roof to be used as a roof garden or as an outdoor arena.

Between the top and the base of the tower, the trunk is composed of cells and bulbs for public activities. These bulb areas consist of at least 12 floors and have six variations

in the size of plan and section. With diameters ranging from 64 meters to 34 meters, these spaces serve as offices, medical facilities, public services, welfare facilities, and other supporting commercial spaces.

A circulating canal along the edge of the park turns the whole site into an island, and utilizing the adjacent Han River as cooling water for each towers' independent power plant. A 30,175-square-meter pond at the center of the site is designed for leisure activities.

The base of the 15 towers, where the park merges with the towers, creates the widest spaces of the site. Above, the first floor is 75 meters wide and extends up to the height of the first five stories. The ground floor space is reserved for pedestrians. Three walkways converge there and circulate around each tower's elevator core. Two out of three pedestrian walkways expand vertically and create the vertical connective tissue for the double helix stairs/terrace, thus expanding the park vertically. All vehicular circulation moves below the ground and is connected to underground parking spaces at each of the towers. A monorail loop on the second floor offers public transportation and people movers connect the neighboring towers.

The bases of all 15 towers offer programs for sports and leisure, educational facilities, a convention hall, conference spaces, cultural facilities, and supporting commercial facilities. Each tower is composed of a circular plan, ranging in diameter from 28 to 75 meters and has 15 gradual variations in size. In proportion to its varied plan, the floor heights also change from 4 to 12.6 meters. The circular plan is divided radially into 12 structural units.

Six elevators and six shaft spaces are located at the center of each floor, creating the primary vertical circulation. Two emergency stairs occupy two independent structural units among the 12 structural units in the circular plan. They are located at the periphery of the plan as exterior stairs, winding around

the building, forming a double helix structure. More than merely an emergency exit, they also serve as a resting area and a garden in the multi-story residential buildings, thereby becoming the vertical connective tissue extending the horizontal plane of the parks space.

The exterior skin of the towers consists of hexagonal lattice structures that derive from the unique spatial structure and create the unique appearance of the towers. The hexagonal openings are filled with various types of glass. Photovoltaic glass panels are placed in sunny areas for energy efficiency. Some exterior glass windows are recessed to create shaded balconies. The outer surface covering the lattice structure is made of a geotextile that creates an environment where vines can grow during the summer months to shade the openings. These integrated green structures have an internal watering system and a fog machine with automatic temperature and humidity sensors to optimize the environmental conditions of the plants. The water distribution system also carries up to 30 percent of the cooling load during the summer and cleans the glass windows of the building in the heavily polluted city of Seoul. ■

# Wind impacts on high-rise buildings

Designing and construction of high-rise buildings in conditions of a modern large city with its intensive development require consideration of such important component as aerodynamics since they are too much affected by outdoor natural phenomena and magnitudes of gradients of movement of mass and energy flows inside and around building are very significant



## GENERAL DESCRIPTION

Wind flow impact on high-rise buildings and their reaction (behavior) at this wind impact depend on the three factors:

properties (structure) of an

approach flow on the construction site;

geometric shapes and dynamic features of the building;

interactions between the building and wind flow.

The wind is irregular, turbulent air motion which quantitative characteristic is velocity that can be quite naturally subdivided into average and fluctuating components.

At building design they consider

highest possible and rather infrequent winds occurring repeatedly on the site, these wind are called rated (in Russia the 50-year recurrence period of rated wind speeds is accepted).

Direct impact of a wind flow on buildings is proportional to the square of velocity and also is subdivided into two components.

The average loading component affects statically. Forces and displacements arising therewith in structure's elements are determined by means of regular methods of building mechanics. The main feature of the wind average velocity component is its increasing with height (fig. 1), which is especially important to be taken into account on designing high-rise buildings.

In urban conditions wind flows are formed by streamlining of artificial objects (structures, park zones, etc.) and consequently they are strongly turbulized air motion which causes the significant dynamic reaction of buildings, the reaction being usually subdivided into quasi-static and resonant components (fig. 2). Resonance oscillations are induced at own frequencies of buildings. As a rule, at designing of high-rise buildings it is quite enough to take into account resonance oscillations for the three lowest own shapes: two bending and a torsional one.

At flow stalling from the windward edges of a building, sufficiently intensive vortex flows (fig. 3) are developed near its lateral sides,



therefore there are additional pressure pulsations which several times could exceed the pulsations caused by turbulent structure of an approach flow.

Besides in case of the «extended» buildings which's height is much more than their typical cross dimensions, this whirlwind structure becomes regular, i.e. whirlwinds are stalled with almost constant frequency (a so-called chain, or a path, of Karman whirlwinds). In the event that frequency of whirlwinds stalling is close to one of own bending frequencies of the building, then there appear building's intensive transverse oscillations called resonant whirlwind excitation.

At interacting of the extended buildings with air flow under certain conditions there could also be an effect of a mutual energy transfer which leads to a so-called negative damping and, consequently, to emersion of unstable bending (galloping) or torsion (divergence) oscillations. Once appeared, these oscillations proceed with increasing amplitude up till destruction of one or several basic bearing elements of the building.

It is necessary to note one more peculiarity of buildings' interacting with an approaching wind flow. In environment of a dense urban development stalling (break-down) of whirlwinds from surfaces of buildings at the ground level create gusty wind conditions which could discomfort pedestrians.

#### CLASSIFICATION OF WIND IMPACTS

Thus, the following wind impacts are to be considered at designing high-rise buildings:

- 1) Average and fluctuating components of rated wind load.
- 2) Peak values of wind force affecting constructive elements of the protection and caused by turbulent structure of the approaching wind flow and break-down of whirlwinds both from the building under design and nearby structures.
- 3) Resonant whirlwind excita-

tion connected with regular break-down of whirlwinds from the building surfaces.

4) Aerodynamic unstable oscillations of galloping and divergence type.

5) Wind impacts on pedestrians in the zones adjacent to the buildings under design.

Design values of medium and fluctuating components of wind load are taken into account at estimation of:

- a) total forces and moments transferred to the base and foundation of buildings;
  - b) strength (including fatigue) and longevities of their bearing structures;
  - c) dynamic comfort of people stay in the considered buildings (in this case of calculation the average component of wind load is not taken into account).
- Peak values of a wind load are taken into account at designing elements of the protection and units of their fastening to bearing structures.

At designing the high-rise extended buildings there should be used such constructive solutions that exclude an excitation of aerodynamically unstable oscillations of galloping type.

#### ESTIMATION OF WIND LOADS

Above specified wind impacts depend on three factors, three groups of parameters.

1. Data of weather reports on wind speeds at the building construction site. These include data of repetitiveness of average speeds of various intensity winds, their directional distribution and height alteration. Besides for estimation of the buildings' dynamic reaction it is necessary to know a spectrum of wind speed pulsations and their space adjustment. As a rule, such information is obtained through processing relative data displayed on meteorological stations, and through special high-altitude measurements (fig. 1 and 4).

2. Dynamic characteristics of buildings, which include its own frequencies and shapes, usually

determined on the basis of numerical calculation, as well as damping properties of buildings mainly depending on materials of which the basic bearing structures of the building are made.

3. Aerodynamic parameters, which characterize dimensionless forces and moments of wind average and fluctuating components impact, and also dimensionless frequencies of whirlwinds' stalling (break-down) from lateral surfaces of a building.

In principle there are two ways to determine aerodynamic characteristics. The first one of them is based on a numerical integration of defining relationships (equations) of gas (air) motion. It is necessary to note, that due to its specificity this problem cannot be solved under exact statement (formulation). In this connection for its solution the approaches based on empirical rules are used. It is obvious that the results obtained in such a way require additional substantiation. Apparently, nowadays there are no reliable, proved and tested methods of numerical determination of all above specified wind impacts on buildings.

#### MODEL TESTS IN WIND TUNNELS

The second and main way to determine aerodynamic characteristics of buildings is based on using results of testing of buildings' models in wind tunnels. Therewith, like at conducting any simulation research, certain similarity parameters should be considered here as well. One of them is the requirement to simulate natural wind flows and, in particular, a vertical gradient of average speed and structure of its fluctuating component. This condition can be executed at conducting model tests in pipes of meteorological (geophysical) type.

The basic feature of the specified aerodynamic installations is their long working part that allows to model structure of natural wind conditions, including alterations in wind speed with height, structure

and turbulence scale for fluctuating component of wind speed. It is due to the fact that the flow in pipes with a long design part is formed by the same mechanisms as the wind in natural conditions, i.e. as a result of interacting with a underlying surface (floor) of the pipe and due to air flowing around obstructions located on it. Varying sizes and mutual location of rough units on the pipe bottom wall (fig. 4), it is possible to achieve various gradient flows including those corresponding to situations of type A, B and C (according to the classification of construction norms and specifications).

Similar aerodynamic plant manufactured by company UNIKON (Novosibirsk) is shown on fig. 5 in which most of high-rise buildings (over 20) designed in Moscow for the last three-four years have been tested.

Analysis and generalization of the obtained experimental results allows to draw some over-all general conclusions concerning aerodynamics of high-rise buildings.

First, design wind directions, i.e. directions, at which the most adverse cases of loading are incarnated, as a rule, do not coincide with a normal to a surface of buildings (fig. 6). Apparently this fact is due to big «deformation» of wind flows in urban conditions.

Secondly, the maximum peak values of a wind load are observed on lower floors of buildings and not in their upper part, if data from the classification of construction norms and specifications are directly used.

Besides it is necessary to note, that intra quarter and pedestrian zones have places beyond comfort conditions. The fig. 7 shows a qualitative picture of air flows motion in the Moscow International Business Center «Moscow-city» obtained at model testing in the wind tunnel of the company UNIKON. Light sections on these figures correspond to significant turbulence (impetuosity) of the flow, darker sections – to higher average speed. ■

# Is the appetite for risk a good thing?

“Moscow auction” magazine № 2 and 3 for 2007 published several of articles I wrote in the hope that they will be considered and taken into account when Technical Regulation Law is developed. When I met the authors of the Law, I understood that in general I was right. However, there are two points I feel anxious about.

First of all, I was wrong in criticizing professors from the World Academy of Science for Complex Security (WZSCS) who suggested that complex structures be considered as an entity of a set of subsystems encompassing, among other things, complex security. I was right when said that security system can not be considered in isolation from the building in which it should be installed. On the other hand, why not disintegrate this entity and start analyzing its parts one by one, and when the analysis is complete to reintegrate them again into the whole? Nothing. It is a widely accepted practice. I have been doing that myself many times. Here however I got it wrong.

Secondly, each building is designed, constructed and operated by people and hence there is always the risk of design faults, construction deficiencies and operational failures. Everyone knows that the risk is a probability category (risk and probability often go together) so it was wrong of me, to say the least, to demand that numeric expression of risk should be entered into the text of the Law or in Technical Regulations' text. It is not that easy. However, the superior Law and its subordinates – (Technical regulations for instance) should provide clear instructions on how to perform obligatory assessment of potential and actual construction risks to be followed once the construction works are over. It should be said that a whole chapter of the Law should be dedicated to

potential risks assessment methods and in Technical regulations a reference should be provided to recommended calculation methods.

In my article “Chasing SNIP” I wrote: “Terms “risk analysis limit”, “analysis of ambiguities of risks assessment results” were not clearly explained in the text of Technical regulations and many designers and engineers will think of them as of psychobabble. It can be that way for a long time until someone proves that risk assessment, despite its complexity can be done. In 1962 M. Azimov in his work «Introduction to design» gave, in my opinion, a very clear definition of design as “Ability to make decisions under uncertainty and take responsibility for severe consequences of a potential mistake”. As mistakes are inherent in human activities it is very important to evaluate their influence over the results of such activities. Another important question is how to reduce this uncertainty and to narrow down possibilities of such mistakes occurrence? The term «probability» though used in its literature meaning in fact belongs to mathematics. That is why in this article I will use adaptation of theorems of various probability and non-precise multitude theories as suggested by A.P. Melchakov in his works “Calculation and Evaluation of Emergency Risks and Safety Margin of Buildings and Constructions” and “On theory of forecasting emergency risks at construction sites”.

In this paper I do not intend to recite Melchakov's theory. The reader, if interested, may simply read the above mentioned works, but in order to be understood I will have to use some abstracts from these works.

L.Zade's monograph “Linguistic variable as applicable for approximation method”, which explores the issue of fuzzy logics and non-precise

multitudes (fuzzy sets) is holding a special position among other mathematical works. It forms the basis for risk-related analysis.

Non-precise (fuzzy) sets are essentially a mathematical formalization of non-precise data. It is based upon the assumption that all set elements are characterized by a common property (the difference lies in degree of this property). That is why for each set element it is necessary to define how strongly it belongs to the set. The degree of belonging to a set is defined by the expert as a real number falling within the 0-1 range. In his work “Calculation and Evaluation of Emergency Risks and Safety Margin of Buildings and Constructions” A.P. Melchakov provides a tentative list of critical construction defects and gross mistakes made by designers. In this work the author also suggests a number of organizational measures, which, if introduced, could significantly reduce the number of fatal design and construction flaws. Negligence as regards these measures' introduction is also rated among “mistakes”. It is clear that A.P. Melchakov could not develop a full list of “bad things that may happen”, as there was no need for a very detailed approach. My objective, however, is different in that I have to extend Melchakov's list using my own experience and use his methods in order to evaluate risks inherent in unique buildings and structures, i.e. those for which (because of their specific nature) SNIPs can not be used. That is why for each individual defect/flaw it is necessary to define how big its influence over the project's safety is, to give a linguistic evaluation (big – not big) and lastly to assess the potential emergency risks. Then the reader will fully understand the contents of the new chapter “Evaluation of project risks associated with unique structures”.

If it is integrated into project documentation, the insurance companies will more eagerly insure construction projects and then monitor these projects' implementation.

A more or less extended list of actions that have to be taken before and after any project completion and that can influence unique structures' safety, has been given in my works “Eight lectures about the trade” and “Once again on specific features of design and construction of unique structures”. I will have to use this list.

I would now like to cite some observations made by A.P. Melchakov and to comment on them. I would also like to briefly outline key provisions that may serve as a basis for emergency risks evaluation. Quotations from A.P. Melchakov's works will be shown as italic.

«Excess strength margin can not compensate for human mistakes made. Moreover, these mistakes are the main reason behind emergencies at construction sites”.

This is true. The author of the Ice Palace at Khodynka said in an interview to Moscow Komsomlets' correspondent that the structure of the Palace had a 10-fold strength margin. If this is the case, has it ever been checked by Moscow expertise specialists? I think this can rather be attributed to inadequacy of architectural education in this country or to the journalist's slick writing style. However, if the initial plan (that presupposed that the compressed support frame should be cut in two places along the diameter and four support columns (30m high) be raised where the cut was made) had been carried out, material consumption would have grown by 30-40% (which, according to A.P. Melchakov can be considered as a “potentially dangerous project defect”.

■ **To be continued the next issue.**



# Many-staged analysis

**Modern world is changing fast. What was yesterday a novelty becomes a routine to-day. This is especially true of such high-tech areas as high-rise construction which stimulates technical and scientific progress, as in the process of construction the latest achievements in science and technology have to be taken into consideration. Deputy Chair of Board of Directors at Mirax Group, Mr. Arthur Alexandrov speaks about new technologies and materials used during construction of Federation Tower.**

Construction of Federation is a new experience for us. We learn a lot, we try to introduce advanced technologies from both the West and the East and with the help of our Russian team we try to solve problems that we have face on a day to day basis. It is the first time we use B90 (high strength) concrete and to such extent. Even during construction of Burj Dubai, the highest tower in the world, it was B80 concrete that was used. B90 provides a big advantage from a developer's point of view as it reduces vertical structure area by 12%. That means that at the lower floors the columns' dimensions are 2x3.6 instead of 2x4, which results in extra space we can sell and extra profit we can make, as price per sqm. is higher than construction cost per sqm. Regular monitoring of the concrete state and work progress confirmed excellent performance of B90.

Another interesting experience is a continuous slab casting. In Russia this method was also used for the first time. It is common practice to pour in sections. Slab thickness varies from 3.5 to 4 m. For "West" tower the continuous pour volume reached 9.500m<sup>3</sup>, for "East" tower – 14 000 m<sup>3</sup>. When we decided to use continuous pour method we understood that logistically it was a very challenging task because no plant can produce or supply the required amount of concrete. In order to perform continuous pouring a special logistics group, which included representatives of 6 different plants, has been established. In order to avoid minor discrepancies in concrete

proportioning a single batch of components used for concrete mix was ordered and special supply schedules for supply of materials to concrete plants and construction sites were developed. We sorted out transportation and delivery problems with Militia and reached agreement with contractors on how to lay concrete. In our actions we were guided by Technical regulations on concrete pouring, as developed by specialists from the Laboratory headed by S.S Kapriellov. They became indispensable for our work. Another important factor is the intensity of the pouring process. It is not recommended to violate intensity norms as decline in intensity may result in formation of cold seams, increase - in formwork break. The cement we use has to have a required amount clinker and activity. It is difficult to adjust/control temperature at a hydration stage but it has to be done to prevent crack formation. When the slab was poured we had doubts about the piles under it - they were not capable of horizontal displacements as opposed to the slab above them which could travel if pushed by temperature fluctuations occurring during hydration. Slab gained strength up to 85 degrees and then in the process of curing the temperature was lowered to 4 C degrees. Such variations could cause considerable structural shifts. However, scientific group headed by S.S Kapriellov from Research Institute of Concrete and Reinforced concrete and N.I Karpenko from Research Institute of Structural Physics, assisted by

chief designer of the City project Mr. V.I. Travoush managed to solve this complex problem by developing rules of work procedures. When slab pouring method was selected, designers relied on good hydraulic and pouring experience accumulated during construction of Buri Dubai in Arab Emirates or Financial Center in Shanghai.

Another major problem that the builders were faced with was soil-handling. Initially the building was supposed to have a mat foundation, however when calculations were made it became clear that settlement values would be close to critical - 15-18 cm. Thus, if a lurch occurred it would be impossible to save structures. The main factor causing settlement is occurrence of a clay layer between massive layers of limestone. Human activities result in softening of clay. It is impossible to prevent penetration of water into the soil as the water is filtered along the sides of slurry wall, piles and investigation boreholes and clay softening can not be avoided. Our building has to last for more than a century. So it is very important that the structure is stable. We had to find a way to transfer to a pile-type foundation. Unfortunately, specialists from The Science and Engineering Research Council (SERC) did not have ready answers to this. President of Mirax Mr. Sergey Polonsky at his own risk decided to build pile foundation even if it affected construction budget. Later research proved that we were right in our apprehensions – soils do become softer, which means that the decision taken was right.

In order to achieve better adhesion between the pile and the bedrock and to improve load carrying ability of the pile space was injected between the body of the pile and the soil. Grout was injected through special ducts in piles to fill pores and cavities formed in adjacent soil. However, this method is only applicable to limestones, not to bound soils. Based on grout consumption one can define the degree of limestone porosity as well as how sensitive they are to penetration of water. A detailed analysis of limestone filtration properties was carried out before construction began, which later proved very helpful. To be absolutely honest, we did not at first realize how important this was, but now we know for sure that grouted piles have greater level of resistance. This method is now used in Mirax Plaza project and we think it is very efficient. In Moscow it is the German practice that is considered best, it is not obligatory for use, but Mirax specialists think that considerable enhancement of structural reliability compensates relatively modest grouting costs.

For the first time in Moscow we held a compressible thickness test on such a scale. Soils were scanned 80-85 m deep from the foundation. All test results were later verified in the course of secondary testing.

Currently Mirax is completing research program "behavior of rebar ends in concrete". At present 2 types of rebar end connections are used in Russia – fixing (bolted crimp locks) and

crimp locks of the form type, i.e. reinforcement is inserted in a big diameter pipe, which is then crimped by means of crimping pliers. These connections are very difficult to manufacture - too time and effort consuming, that is why we decided to use couplers instead. They are easy to make and use, and they prevent overlapping, which for vertical structures can reach 55-60 diameters. If the floor-to-floor height is 4 meters it seems like a big waste to make 2 m overlap, let alone the fact that the overall reinforcement rate will be 1.5 times higher than needed. Engineering tender was held in order to select the best coupler type. All couplers have specific features as far as their structural behavior is concerned. This mostly concerns alternate load bearing ability in dynamic mode i.e. when couplers are alternatively compressed and tensioned. At first we only tested couplers, but now a comprehensive testing program has been developed intended to check performance of butt connections in concrete. Rebar couplers are mounted on special purpose beams at alternatively loaded sections of banded elements of these beams. This is done in order to see how couplers will behave with concrete under different operation conditions.

All towers of the complex have semi-structural elementary façade. With traditional facades glass panels are fixed by means of hold-down clamps, on which snow and ice will accumulate, causing leaks. Bearing in mind our climate, it is very likely that this will happen. For semi-structural façade, however, such clamps are not needed. The glass is made flush with the supporting elements, and the illusion of a plain, mirror-like façade is created. Thus the overall building aspect and its operation efficiency are improved. The façade was fabricated in China, and despite a strong prejudice against all Chinese products it is of excellent quality. Mirax experts jointly with specialists from the Research Institute of Structural

Physics held a series of thermal vision tests on this type of prefabricated façade. The results were quite positive and leave no doubt. Another independent audit of the façade's heat-transfer properties, its construction technology and components was held (simultaneously with RISP) by Thornton Tomasetti Group. This was done in order to verify they meet specific performance goals, and as far as we know the results were quite satisfactory.

Another interesting feature of the project is a self-climbing formwork used by the Chinese contractor for vertical structures' erection when the "East Tower" was built. For "West" tower such formwork was only used once - during core construction. With "East" tower, however, it is used for construction of columns, allowing to more effectively use cranes and to speed up work process. This technology is new for us. Nobody here in Russia uses self-climbing formworks for columns.

At present we use light cranes for concrete works, but soon hope to obtain heavy-duty cranes for steel work with the working load at maximum outreach 15 tons. We have selected Liebherr 355 and diesel engine Favko 600 cranes. When construction begins a comparative analysis will be held in order to collect failure statistics and to make final selection for future projects. Current world practice favors "Favko" cranes. Unfortunately in Russia Favko only have a representative office. There are no O&M centers and no logistics schemes for spare-parts supply. However, in the supplier's opinion all these inconveniences are compensated by reliability of cranes in operation.

It should be said that for Federation we used world's most powerful concrete pumps. Based on best global practice we selected Schwing pumps that proved very efficient for complex concrete works. Concrete mix is pumped out of a single reservoir, but it is possible to arrange another one at a higher level.

Most interesting structural solutions have been developed for this project. One of them is the top of the West Tower. It is a unique metallic structure (an excellent metal fret work, which we find very beautiful) and is essentially a set of double parabolic beams. Parabolic beam is very difficult to manufacture but the visual effect is worth it. Elegance is what Mirax specialists were guided by when selecting this design. In order to brace steel structures at the top of the buildings and keeping in mind specific aerodynamic situation, unique hinges were made. These hinges help avoid stress concentrations at connection points so that the structure can resist wind loads of all intensity levels.

Yet another example of unique engineering solution is skywalks uniting the two towers. They are rigidly anchored to the East tower but at the same time maintain vertical position of the lift pole transmitting vertical load along sliding bearings to the West Tower. This is a very complex structure but at the same time very efficient as skywalk vibrations may reach 70 cm. One should also keep in mind that the weight of the skywalk is approximately 2 000 tons.

Another challenging task for us was to make a lift pole. Several options of its structure and arrangement were explored. We had to give up the idea of a lattice pole as in our climate external lifts will not be able to travel to the required height because of condensate or ice dropout. The structure had to be protected by a continuous skin. However, we understood that this might cause wind loads problem, hence the structure had to be rigid as well. Eventually, we decided to make a solid concrete shell reaching the height of 240 meters. It is from this level that the lifts will become panoramic i.e. below this level there will be a rigid concrete tube and above it – lattice structure clad in glass. The lifts will be able to travel at the speed of 9-10 m/sec inside a lift mast designed specifically

for the project. From an engineer's point of view this mast is a very interesting feature. Traditionally, the building is divided into sections. Although this is a generally accepted practice, in Russia it is not that frequently used. For Federation complex we use the TWIN lifts system that has never been used before expert for the construction of ThyssenKrupp headquarters. Federation project however is different in that we use clusters of lifts (4-7 units in a clusters). This allows solve vertical transportation problem and gather necessary data on equipment operation and its overall efficiency. There are two lift cabins that travel simultaneously within one lift shaft one over the other. Their operation is fully computerized. Federation is in fact the first project where such scheme is used.

The project design also provides for construction of a number of outrigger floors. Although this can not be called an entirely new technology for Russia, as ENKA has already done them here, this project is different since the building done by ENKA is lightweight, and the outrigger floors they do are fret, whereas we would have to use maximum section steel because the weight of each floor exceeds 2 000 tons. Construction works will start in June this year and we think this will be a very challenging project – a mix of metal structures and a concrete core. This has never been done in Russia before so we will pioneer the field.

Another interesting detail is the atrium. It will unite 11 floors - four underground and seven above ground, and will stretch from the ball rooms' lobby to the skylight. We think it will create an interesting visual effect, making it possible to see the panoramic lift mast which will cross the entire atrium space. Mirax Group is keeping a close eye on the progress made in construction and on latest methods and technologies introduced. But we carefully analyze them before using in our projects as our ultimate goal is to ensure reliability of the buildings we do. ■



# Guangzhou TV-tower

The city of Guangzhou has started work on what will be one of the tallest buildings in the world the new TV Tower for the City of Guangzhou, which will be the host city for the 2010 Asian Games. The tower will reach 610m in height and, is hoped, will attract 10 000 visitors daily.

The international competition held in 2004 for the design of the tower, a 17.9ha park at its base and the master-plan for the surrounding 56.6ha which includes an elevated Plaza, pagoda-park, retail facilities, offices, television centre and hotel, was won in 2004 by Information Based Architecture (IBA) and Arup. The project presupposes construction of a 610 m-high twisted tower tapering off towards the top.

Mark Hemel, IBA architect and director, comments, 'Our aim was to design a free-form tower with a rich and human-like identity, where all views towards the tower would be different from whatever vantage point. The towers free-form shape is basically a simple concept derived from a rotation between the bottom and top-level plans. This produces the tower's characterizing "twist" and narrowing waistline'.

The interior of the tower will be subdivided into programmatic zones with various functions including: TV and radio transmission facilities, observatory decks, revolving restaurants, computer gaming, restaurants, exhibition spaces, conference rooms, shops and 4D cinemas.

The design further emphasizes the outdoor and physical experience for the visitor. The waist of the tower contains a 180m long open-air skywalk where visitors can experience the towers structure and narrow waist-line from close by. There are outdoor gardens set within the structure, and at the top at +450m, a large open-air observation landscape opens up magnificent views over the city.

Spatially the tower reads like a series of mini-buildings hung within the super-structure, with 'mega spaces' in between. These mega-spaces in between the mini-buildings are in fact floating gardens each varying in atmosphere; transparent, light and open at the base, and more closed and shaded at the waist of the tower.

We designed a 610-metre-tall twisted, tapering tube. The form, volume and structure are generated by two ellipses, one at foundation level and the other at an imaginary horizontal plane just above 450 metres. The tightening caused by the rotation between the two ellipses forms a 'waist' and a densification of material. This means that the lattice structure, which at the bottom of the tower is porous and spacious, becomes denser at waist level. The waist itself becomes tight, like a twisted rope; transparency is reduced and views to the outside are limited. Further up the tower the lattice opens again, accentuated here by the tapering of the structural column-tubes.

A deck at the base of the tower hides the giant building's functional workings. All infrastructural connections – metro and bus stations, and a pedestrian link to the northern embankment of the river – are met underground. This level supports other facilities as well, including a museum, a food court, extensive commercial space, a 600-vehicle parking area for cars and tourist coaches. The entrance operates on two levels, one a continuation of the landscape above ground, the other connected to the mass-

transit and underground-parking facilities. Slow-speed panoramic and enclosed high-speed double-decker lifts serve both entrance levels.

The intermediate zone from +80m up to +170m consist of facilities like a 4D cinema, a play-hall area, restaurants, coffee shops and outdoor gardens with teahouses.

An open-air staircase, the Skywalk, starts at the height of +170 metres and spirals almost 200 metres higher, all the way through the waist.

The top zone of the building begins above the stairway, housing various technical functions as well as a two-storey rotating restaurant, a damper and the upper observation levels. From the upper

observation levels it is possible to ascend even higher, via a further set of the stairs, to a terraced observation square rising above the tower's top ring, high above the booming city of Guangzhou.

Since the winning of the scheme, the design has been further developed and wind tunnel tests, fire and load tests have been completed. The groundbreaking ceremony took place in November 2005 after which the foundation and piling (24 x 4m diameter piles) have been constructed.

The first bits of steel-structure have now been assembled above ground. The tower is due to be completed at the end of 2009, in order to be fully operational for the 2010 Asian Games. ■

## INFORMATION BASED ARCHITECTURE

Information Based Architecture (IBA) was set up in London in 1998 as a partnership between architects Mark Hemel and Barbara Kuit. The practice specializes in architecture, urbanism and design, and was short listed in 2002 for the Young Architects of the Year Award in the United Kingdom. In 2002 and 2003 the office received a research grant from the Netherlands Foundation for Visual Arts, Design and Architecture.

Currently based in Amsterdam, the Netherlands, IBA continues its work on both large and small projects in Europe and Asia. The work includes urban master-planning and studies, architecture, landscaping and furniture design.

Mark Hemel teaches at the Architectural Association in London where he has been Unit-master since 1999. Before setting up practice, Barbara Kuit worked on projects of Philippe Starck in London; the Sanderson and St Martin's Lane hotels, and subsequently worked at the office of Zaha Hadid for several years on many projects among which; the Mind Zone in the Millennium Dome, the Contemporary Arts Center in Rome and Wolfsburg Science Center.

# Top ten towers

The very title of this journal embodies a notion of scale. That is, in addition to the composition of materials, usages, and effects conveyed by the word "buildings", the qualifier "tall" specifies a particular expression of scale. Unlike more pervasive, strictly-urban investigations into scale like the experiments of Archigram, Superstudio, or Constant Nieuwenhuys in the 1960's, or more delimited, but no longer just urban, works like Rem Koolhaas' 1978 book *Delirious*, New York and, later in the 1990's, his projects exploring "bigness," "tall" is a qualifier that, when reified as a building, necessarily dispenses with less substantive forces like culture, society, or politics to form a rarified field-of-play consisting exclusively of the trinity of gravity, lateral, and financial forces. Certainly, the former forces are also manifested, whether by assignment (as design) or by reading (as effect). However, the duration between conceiving and realizing "tallness", physically, marks a Proustian *temps perdu* in which non-physical forces are effectively displaced, or suspended, by the exigencies of those forces actually – and intractably – resistant to physical presence. Tallness can therefore be considered to epitomize what Peter Eisenman, among others, has perceived as architecture's embedded "metaphysics of presence", while tall buildings are but examples of a category of human endeavor for which the quantity of presence consistently trumps its quality. Whether tall regionally or tallest globally, then, the tall building always provokes, firstly, questions of "how" and "how much," and only subsequently, "why" and "what for". This much was clear in, for example, the proposal for replacing the World Trade Center Towers in New York with a building reaching a



mythical «1776» feet, or 541m, in height. More generally, the ongoing building booms in Asia and the United Arab Emirates will alter so much the worldwide landscape of tall buildings that a concise review of the «how» and «how much» of, say, the top ten current standard bearers will help us better appreciate the achievements of the new, imminent crop of buildings that are expected to attain superlative heights – and thereby delineate ever more precisely the temporal bounds of suspension and displacement for that rarified field-of-play.

To this end, the following article will present the specific design and engineering innovations, or the «how» and «how much», that enabled the world's current top contenders to effectively counter the trinity of gravity, lateral, and financial forces and reach

ing heights led the Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) to revise its annual listing of tallest buildings by differentiating the claims of various close contenders. Currently, the list also makes such distinctions as highest occupied floor, roof height, architectural feature height, and overall pinnacle height. Despite these nuances, the forthcoming contenders for tallest building are expected to scale heights that easily dispenses with these subtleties of the CTBUH. Certainly, with an expected height gain of as much as 50% over current record holders, or overall building height of 800 m, the Burj Dubai, in particular, will hardly require adjudication in its claim. Indeed, just a few years from now, the landscape of tallest buildings will shift so dramatically that, once again, new lists will be compiled, perhaps new councils will need to convene to delineate other benchmarks, and most of all, the Proustian duration will be sustained.

## 1. TAIPEI 101

At the moment of this writing, the records for the highest structural top, highest roof, and highest occupied floor are still held by the Taipei 101 Tower in Taipei, the capital city of Taiwan, R. O. C. Respectively, these heights are: 509m at the top of the structural spire, 449m at the highest roof, and 439m at the highest floor – the one hundred and first. Just as notably, these records were achieved despite the tower's location in one of the most active seismic and typhoon regions in the world. In order to reach these heights and still meet the rigidity and flexibility demands of the extreme lateral loads, e. g. – earthquakes above magnitude seven and winds above 60m per second (over 200km per hour), the architect, C. Y. Lee & Partners, and the structural engineers Thornton-Tomasetti Inc. and



Evergreen Consulting designed the steel and reinforced-concrete tower with features that readily invoke superlatives.

The building rests on a massive 5m thick concrete mat foundation laid over a veritable forest of 380 1.5m diameter concrete piles which are embedded with added high-strength concrete over 30m into the bedrock. From this foundation, 36 extra-high strength steel and concrete columns formed from just about the strongest steel and concrete available begin their ascent. Of these, twelve are corner and bracing columns ending at floor 26, sixteen are full height columns that form the core, and eight are full height, 3m x 2.4m «mega-columns» distributed around the perimeter. All are steel box columns assembled from 413MPa (60ksi) yield-strength steel plates up to 8cm thick and then formed into composite columns by either partially or fully filling their volumes with 70MPa (10,000psi) concrete up to the 62nd floor. (Curing tests indicated that this concrete strength actually reached 80MPa [12,000psi].)

To counter lateral forces, shear walls are formed by casting concrete within the spaces between the core composite columns in a 4 bay x 4 bay configuration from the foundation to the eighth floor. Above the eighth floor, core columns are reinforced with moment-jointed beams at each floor and then braced through to the top floor. Additionally, one- and two-story high outrigger steel trusses tie the core columns to the perimeter mega-columns at every eighth floor. The curtain wall system of glass panels installed into inclined moment-resisting lattices contributes to overall lateral rigidity by tying back to the mega-columns with one-story high trusses – also at every eighth floor. This facade system also accommodates lateral displacements such as those caused by seismic activity of up to 95mm without damage. Finally, deflections resulting from

extreme wind loads are minimized by the installation of three separate tuned-mass dampers: a primary, low-frequency 635,000kg damping sphere almost 6m in diameter formed from 41 layers of 12cm thick steel is suspended between the 92nd and the 88th floor to counter overall tower sway, while two smaller, higher-frequency dampers 7 tons in weight are installed inside the 20m tall mast to counter mass vibrations. The engineers noted that this final structure is expected to survive once-in-2,500 year seismic events, i. e. – events which produce accelerations up to 0.5g at ground level. It is the very implementation of these innovations that allows the Taipei 101 Tower to achieve lateral resistances comparable to towers with more traditional structural cores of monolithic reinforced concrete walls, but without incurring the associated penalties in weight, assembly time, and most critically, free floor space.

Besides its state of the art building systems, the Taipei 101 Tower is also equipped with 48 of the world's most advanced elevators. The elevators are installed in a novel staggered-transfer configuration with two sky lobbies and four transfer floors. Most of these have aerodynamically shaped, double-decked pressurized cabins and travel at very high speeds. But, the two elevators traveling between the lobby and the 89st floor observation deck can claim to be the fastest elevators in the world. Custom designed for the tower, these record-setting elevators took over one year to build and four years to install. Amazingly, they reach speeds of over 60km per hour and rise from ground level to the observation deck in just under 40 seconds.

Undoubtedly, these structural and service innovations will ensure that the Taipei 101 Tower continues to be recognized for its accomplishments even after it cedes the various height crowns to newer buildings in Dubai and China over the next few years.

## PETRONAS TOWERS 1 & 2

When construction on the twin Petronas Towers in Kuala Lumpur, Malaysia was completed in 1998, they were quickly declared to be the two tallest buildings in the world. Although the validity of this claim was immediately disputed, recognition for the unprecedented achievement of reaching these heights in a mostly reinforced concrete building could not be withheld: 452m at the top of the “architectural” spires, 403m at the roofs, and 375m at the highest habitable floors. The architect, Cesar Pelli & Associates, and structural engineers, Thornton-Tomasetti Inc. and Ranhill Bersekutu Sdn. Bhd., chose to work with this material for very specific reasons. To begin with, concrete has always been more familiar to the regional contractors than steel. In Asia, more generally, high-rise concrete structures are much more common than steel buildings. For the islands in the South China Sea, in particular, concrete is preferred because the cost of importing steel is prohibitive. Of course, the extreme seismic and wind loads particular to this region already render the much-higher rigidity of concrete more suitable for many applications. Since the ratio of rentable space to service core was not as critical for the principal tenant, the Malaysian oil conglomerate Petronas, as for most clients and real estate markets, the towers could economically tolerate the necessarily larger concrete cores and columns in comparison to a steel structure. As well, because the towers are to be joined by a two-story high bridge at the 41st floor, each tower's staircase could serve as the other's second means of egress. The size of the service core in each tower could thereby be reduced to incorporate only one staircase. Similarly, additional floor space would be recovered by locating the mechanical services for each of the towers externally in the two 43 story high buildings, or «bustles», adjacent to the towers. Last, concrete structural members could be minimized by

selectively specifying the newest, high-strength mixture with a target strength of 80MPa (11,600psi) – a first for Malaysia. Interestingly, Cesar Pelli has characterized the resultant concrete core and perimeter column structure as a «soft tube».

The two “soft tubes” of the Petronas Towers rest on a concrete mat foundation over 3m thick. Unusually for such a tall structure, because the bedrock below the site is too deep to access, this mat is supported principally by the lateral friction resulting from driving 208 massive (3m x 1m) rectangular section barrette piles with indented sides as much as 115m into the underlying layer of firm sand. Of these barrettes, 85 directly support each tower, while the remainder support the bustles. Rising from the foundation at 25m below grade are the 13m x 13m concrete cores of each tower. The core walls have thicknesses tapering from 76cm at the base to 36cm at the top. At the perimeter of each tower is a concentric ring of 16 reinforced concrete «super-columns» with diameters that range from 2.4m at the foundation to 1.2m at the roof. Although at grade level these super-columns are spaced as far apart as 10m, center to center, the columns incline towards the core with rising height to yield the towers' characteristic shape. The resultant convergence of columns reduce their separation to just 6.7m at the top. These columns are tied to each other at every level by slightly-arched, slightly-arc moment beams to form a complete and independent perimeter wall system. Due to the inherent rigidity of the reinforced concrete, the core and super-columns are tied together with just one layer of outriggers: two-story tall concrete Vierendeel-trusses at floor 38. Braced thusly, the core and super-columns form the «soft tube» that is so resistant to lateral forces that no dampers are required. Specifically, the requisite flexibility under wind

loads is achieved by not tying the core and perimeter columns past mid-height, while the high strength concrete members already have the requisite rigidity to sustain seismic loads. Casting so much concrete so high above the ground was itself a tall order, as the contractors broke a world record when they pumped concrete to the height of 380m.

The structural innovations pioneered by the Petronas Towers were augmented by the specification of rapid-fab and customizable composite metal decking for the floor plates, cantilevered stainless steel – and self-cleaning! – façade elements and sunshades, self-climbing steel forms for casting the super-columns, and 29 of the ever more common high speed, double-decked elevators in each tower. Most visibly, the 60m long, 10m tall, 653,000kg sky bridge connecting the two towers was prefabricated in South Korea, assembled on site, and jacked up as a single unit to a height of 184m for installation at the 41st floor just above the tower outriggers. This bridge bears on joints that permit lateral displacements of just 25cm – a remarkable precision made possible by the stiffness of concrete.

## PETRONAS TOWERS 1 & 2

When construction on the twin Petronas Towers in Kuala Lumpur, Malaysia was completed in 1998, they were quickly declared to be the two tallest buildings in the world. Although the validity of this claim was immediately disputed, recognition for the unprecedented achievement of reaching these heights in a mostly reinforced concrete building could not be withheld: 452m at the top of the “architectural” spires, 403m at the roofs, and 375m at the highest habitable floors. The architect, Cesar Pelli & Associates, and structural engineers, Thornton-Tomasetti Inc. and Ranhill Bersekutu Sdn. Bhd., chose to work with this material for very specific reasons. To begin with, concrete has always been more

familiar to the regional contractors than steel. In Asia, more generally, high-rise concrete structures are much more common than steel buildings. For the islands in the South China Sea, in particular, concrete is preferred because the cost of importing steel is prohibitive. Of course, the extreme seismic and wind loads particular to this region already render the much-higher rigidity of concrete more suitable for many applications. Since the ratio of rentable space to service core was not as critical for the principal tenant, the Malaysian oil conglomerate Petronas, as for most clients and real estate markets, the towers could economically tolerate the necessarily larger concrete cores and columns in comparison to a steel structure. As well, because the towers are to be joined by a two-story high bridge at the 41st floor, each tower's staircase could serve as the other's second means of egress. The size of the service core in each tower could thereby be reduced to incorporate only one staircase. Similarly, additional floor space would be recovered by locating the mechanical services for each of the towers externally in the two 43 story high buildings, or «bustles», adjacent to the towers. Last, concrete structural members could be minimized by selectively specifying the newest, high-strength mixture with a target strength of 80MPa (11,600psi) – a first for Malaysia. Interestingly, Cesar Pelli has characterized the resultant concrete core and perimeter column structure as a «soft tube».

The two “soft tubes” of the Petronas Towers rest on a concrete mat foundation over 3m thick. Unusually for such a tall structure, because the bedrock below the site is too deep to access, this mat is supported principally by the lateral friction resulting from driving 208 massive (3m x 1m) rectangular section barrette piles with indented sides as much as 115m into the underlying layer of firm sand. Of these barrettes, 85 directly support each

tower, while the remainder support the bustles. Rising from the foundation at 25m below grade are the 13m x 13m concrete cores of each tower. The core walls have thicknesses tapering from 76cm at the base to 36cm at the top. At the perimeter of each tower is a concentric ring of 16 reinforced concrete «super-columns» with diameters that range from 2.4m at the foundation to 1.2m at the roof. Although at grade level these super-columns are spaced as far apart as 10m, center to center, the columns incline towards the core with rising height to yield the towers' characteristic shape. The resultant convergence of columns reduce their separation to just 6.7m at the top. These columns are tied to each other at every level by slightly-arched, slightly-arc moment beams to form a complete and independent perimeter wall system. Due to the inherent rigidity of the reinforced concrete, the core and super-columns are tied together with just one layer of outriggers: two-story tall concrete Vierendeel-trusses at floor 38. Braced thusly, the core and super-columns form the «soft tube» that is so resistant to lateral forces that no dampers are required. Specifically, the requisite flexibility under wind loads is achieved by not tying the core and perimeter columns past mid-height, while the high strength concrete members already have the requisite rigidity to sustain seismic loads. Casting so much concrete so high above the ground was itself a tall order, as the contractors broke a world record when they pumped concrete to the height of 380m.

The structural innovations pioneered by the Petronas Towers were augmented by the specification of rapid-fab and customizable composite metal decking for the floor plates, cantilevered stainless steel – and self-cleaning! – façade elements and sunshades, self-climbing steel forms for casting the super-columns, and 29 of the ever more common high speed, double-decked elevators in each tower. Most visibly, the

60m long, 10m tall, 653,000kg sky bridge connecting the two towers was prefabricated in South Korea, assembled on site, and jacked up as a single unit to a height of 184m for installation at the 41st floor just above the tower outriggers. This bridge bears on joints that permit lateral displacements of just 25cm – a remarkable precision made possible by the stiffness of concrete.

## JIN MAO TOWER, SHANGHAI, CHINA

Like the Petronas Towers of the same year, the Jin Mao Tower in Shanghai relies upon a principal structure of reinforced concrete to counter extreme seismic and wind loads. Although the height of the Jin Mao Tower is somewhat more modest, its program and material renders the design of the Jin Mao Tower no less ambitious than its Malaysian contemporary. Without being able to divide its core services or shift mechanical spaces off floor plates – as with the Petronas Towers, and yet required to scale comparable heights and accommodate mixed uses on multiple levels like hotel, offices, and shopping mall, architect Adrian Smith and engineer Mark Sarkisian of Skidmore, Owens & Merrill found it most structurally efficient to complement an already unusual octagonal core of high strength concrete with a novel combination of eight composite steel columns and eight strategically placed «super-columns» of steel sections filled with high strength concrete. Because both the bedrock beneath the site is, for all intents and purposes, out of reach, and the top soil cover is of soft sand, the tremendous weight of the resulting structure is borne by an uncommonly thick (4m) concrete mat foundation that is, in turn, supported by an astounding 1,062 tubular steel piles about 1m in diameter and driven to the record-setting depth of over 80m. This concrete mat is so unusually thick as to have called for its own cooling system in order to control the concrete temperature



# Post-tensioned building construction in the united states

Structures built utilizing cast-in-place, post-tensioning concrete are the overwhelming choice when constructing buildings in the United States. The post-tensioning technique provides an efficient structural system that has been used successfully on over 250 million square meters of building structures in the United States. This article will provide the reader an understanding of the advantages and benefits of post-tensioned concrete construction that is so prevalent in the United States.

during the heat-intensive curing process. (Such thicknesses would not be repeated until, among other examples, Taipei 101's 5m thick foundation was poured.) The result is that the Jin Mao Tower confidently scales heights of 366m to the top habitable floor and 421m to the top of its highly decorative, 23m tall stainless-steel assemblage of roof-covering «cap truss» and spire by resisting earthquakes of magnitude 6 and winds of 60m per second (200km per hour) with no more than 70cm of deflection. Since concrete cores with solid shear walls are more effective at countering lateral motion than cores of braced moment frames – as in the later Taipei 101 Tower, the deflection of the Jin Mao Tower is adequately controlled by a simple but innovative damping system of specially designed shear bolts that move within damping channels. Also, the mass of the 57th floor swimming pool apparently contributes its own damping effect.

In comparison with cores of the more common rectangular cross section, the shear walls of an octagonal core can be formed with less stringent corner bracing since the octagon has an additional axial direction for resisting lateral forces. As well, the octagonal cross section generally responds more effectively to eccentric lateral loads due to its axial symmetry. By placing the eight super-columns in closely-spaced pairs that are centered on each facade with separation distances similar to the sides of the core octagon, a novel cruciform structural configuration is formed which minimizes shear lag, yields tremendous lateral stiffness, and even affords large expanses of column-free prospects to boot. The remaining eight composite steel columns are distributed in pairs among the four corners of the building mostly to support the gravity loads from this portion of the floor plates. Finally, all perimeter columns are tied to the core by three sets of two story tall steel outrigger trusses located on floors 24, 51, and the highest floor, 87. If the Petronas Towers

could be considered to have a structure of axisymmetric perimeter with an asymmetric core, and therefore, the Jin Mao Tower could certainly be described as a structure of asymmetric perimeter with an axisymmetric core. Likewise, the cruciform configuration with added corner columns bears more than passing structural similarity to the nine squares of the Sears Tower. Most interestingly, this structural arrangement provided an opportunity for the designers to give the Jin Mao Tower its most distinctive feature: its inversion of solid and void.

The lower 50 floors of the Jin Mao Tower are given over to offices, while the upper 32 floors are dedicated to the 555 hotel rooms of Hyatt International: the highest hotel in the world. Whereas the services for the offices, i.e. – elevators, mechanicals, electricals, and staircases, are fully enclosed within the octagonal service core from ground to floor 53, astoundingly, from floor 53 to the roof, the designers effectively turned the solidity of the core inside out by shifting all the services for the hotel to spaces between two opposite pairs of super-columns. Concentric hallways, spiraling balconies, and an elevator bank behind a dramatic, ascending monolith of curved glass are cantilevered off the core to form an atrium 27m wide and 110m high. The effect is a void that seems to soar into the sky – from the middle of the sky.

## TWO INTERNATIONAL FINANCE CENTRE, HONG KONG, CHINA

At the moment of this writing, Two International Finance Center stands as the tallest building in Hong Kong. This slender, graceful tower was designed by Cesar Pelli & Associates in collaboration with Rocco Design Limited and engineered by Ove Arup & Partners to reach 416m at the top of its distinctive crown of curved spikes, 407m at its covered roof, and 402m at the highest habitable floor. In Hong Kong, extreme lateral loads due to typhoons and earthquakes

are a particular consideration. As such, designers for this locale often find themselves delicately balancing structural requirements and usable floor plates in order to achieve necessary structural stiffnesses without yielding too much area to services or columns. For 2 IFC, in particular, the designers opted for the combination of a massive reinforced concrete core of square cross section with eight rectangular composite «mega-columns» of steel and concrete and eight much smaller steel columns. Like the Jin Mao Tower completed five years earlier, this ensemble of structural elements is arranged into a cruciform configuration with mega-columns in line with the core to counter major gravity and lateral loads and small corner columns to resist minor gravity loads from the extremities of the floor plate. Specifically, the high strength steel and concrete, combination of three 3-story tall core-embedded (called «retro-cast») outrigger trusses and belt trusses, exceptionally lightweight curtain wall system, and wide spacing (24m) between the mega-columns on each façade all combine to provide sufficient gravity, lateral, and torsional resistance so as to render interior or more-substantial corner columns unnecessary.

From the foundation to the sixth floor above grade, the mega-columns are formed from six 90mm thick high strength steel sections enclosed with high strength concrete. With rising height, the number of steel sections is reduced from six to three to two and, finally, to one on the upper floors as the size of the column and the strength of concrete is also diminished. These changes in the steel-to-concrete ratio are accompanied by a change in the coupling between steel and concrete such that from the foundation to the 26th floor, the mega-columns are essentially reinforced concrete columns, while beyond the 26th floor, the mega-columns effectively act as steel columns with concrete cladding and fireproofing. The result is a structure that testifies to the

advances in engineering and material science achieved in just the few years since the Jin Mao Tower was completed. In fact, among myriad other accomplishments, the contractors for 2 IFC set records when they poured concrete for the world's largest «cofferdam», erected the world's largest outrigger, and pumped concrete over 28m higher than the previous record holder – the Petronas Towers' record-setting 380m.

Besides the remarkable simplicity of its structural system – and the resulting expanse of column-free spaces, 2 IFC was also erected in record time. Due to the relative accessibility of bedrock at the site, a highly unusual – and record-setting – circular «cofferdam» 61.5m in diameter with 1.5m thick walls and averaging 40m deep extends from grade to bedrock. The tower's 6.5m thick concrete raft foundation is poured directly atop this exposed bedrock. Then, a sufficient quantity of basement slabs is formed solely to facilitate the erection of the tower. This simultaneous bottom-up and top-down approach permitted construction to begin on the core and column structure of the tower well before the completion of the basement, as much as 18 months. Also, each mega-column is formed by its own hydraulic, self-climbing steel formwork. The reinforced concrete core with an approximately 3x3 internal column grid is also raised with its own formwork. Finally, flooring and façade systems were designed with minimum number of components by relying on long, deep perimeter girders and simply connected beams for the floors. In turn, floorslabs are formed from concrete poured on steel decks on these simple beams so that the pours did not even require temporary supports before fully curing. As a result of these time-saving innovations, the contractors were able to attain the elusive goal of raising one floor every three days even as they simultaneously worked on other sections of the tower. ■

Since the 1980's, General Technologies, Inc., has designed and manufactured unbonded post-tensioning systems, bonded post-tensioning systems, concrete accessories, and related equipment. GTI focuses on continually improving the reliability and quality of its products. While at the same time, GTI works with customers to increase their efficiencies by adapting materials and equipment to their specialized needs.

Post-Tensioning has made it possible for owners, designers, and builders to see their projects come to life with:

- Exceptional design flexibility and aesthetically pleasing architecture.
- Superior strength, durability, and fire resistance.
- Fast and efficient construction schedules.
- Long design lives with low maintenance requirements.

The system's efficiency begins with the use of high-strength materials that allow for a more effective use of materials and construction techniques. The ability of post-tensioning tendons to resist applied loads by varying the force and location of the prestressing steel within the concrete cross section provides the designer with added flexibility. The combination of high-strength prestressing steel

and concrete allows structural members to resist compressive and tensile forces created by various loads.

## APPLICATIONS

Post-tensioning has found widespread use and effectiveness in a variety of structure types, including:

- Buildings: office buildings, condominiums/residential buildings, hotels, mixed-use, theaters, shopping centers/malls, schools, casinos, libraries, manufacturing plants, research/academic institutions, and governmental.
- Parking Structures: commercial, airport, underground parking structures, and mixed-use.
- Bridges: Cast-in-Place Box Girders, Segmental, Cable-Stayed Bridges, Bridge Decks, and Precast Spliced Girders.
- Slabs-on-Ground: residential slab-on-ground foundations, light industrial foundations, heavy industrial foundations, mat foundations, sport courts, and pavements.
- Storage Structures: water storage tanks (floors, walls, roof), clarifiers, digesters, and silos.
- Grandstands and Stadiums
- Staged Construction: transfer plates, transfer podiums, transfer slabs, and transfer girders.
- Tension Members: tension rings and tie-beams

## POST-TENSIONING

Post-tensioning is a method of prestressing concrete that uses high strength prestressing steel to counteract applied loads during the life of the structure. GTI Post-Tensioned Tendons are stressed after the concrete has been placed and attained a specified strength. The tendons are either bonded or unbonded within the structure depending upon the type of structure and usage.

## UNBONDED POST-TENSIONING

Unbonded post-tensioning is widely used in buildings and parking structures. The prestressing steel is prevented from bonding to the concrete and is free to move relative to the concrete. The prestressing force is permanently transferred to the concrete at the tendon ends by the anchorages only. The sheathing encases the prestressing steel to prevent bonding with the surrounding concrete and provide corrosion protection while containing the pt coating, which protects against corrosion and reduces friction between prestressing steel and sheathing. Fig. 3 shows a GTI Zero Void® Anchorage that is used for unbonded post-tensioning.

## BONDED POST-TENSIONING

Bonded post-tensioning is widely used in bridges and some types of building structures. The prestress-

ing steel is contained in a plastic duct and bonded to the concrete through grouting. The prestressing force is transmitted to the structure through load transfer along the tendon's length. Grout within the duct helps transfer this load while protecting the prestressing steel against corrosion. Fig. 5 shows examples of different size GTI Plastic Ducts that are used to contain the prestressing steel. Bonded post-tensioning is used in building structures to provide additional protection from explosions, blasts, and fires. Bonded tendons are not dependent upon the anchorages if tendons are cut. The strand itself is bonded to the concrete and an individual strand maintains force even if it is cut somewhere along its length. This is important when there are concerns about cutting tendons for future openings or the possibility of terrorists' attacks damaging part of the post-tensioned member. Fig. 6 shows a structure being constructed with bonded monostrand tendons.

The GTI Zero Void® Bonded Monostrand System provides additional benefits when using post-tensioning in buildings. The system transfers loading through the strand, grout, and duct into the concrete while maintaining fire and corrosion protection. It allows the designer to use thinner slabs that are not available with most bonded post-tensioning systems. The



bonded system protects the post-tensioned member from accidental severing of the strand. Fig. 7 shows a GTI Zero Void® Bonded Monostrand Anchorage that is used for bonded post-tensioning.

#### BENEFITS OF POST-TENSIONING

There are many benefits associated with post-tensioned concrete construction. The following are some of the key benefits that post-tensioning provides to the project:

- Significant reduction of concrete and reinforcing steel quantities.
- Superior structural integrity provided by continuous framing and tendon continuity.
- Permanent compressive forces result in greater control of cracks, deflection, and camber.
- Thinner structural members allow lower structure heights, reduced foundation loads, and longer spans when compared with conventionally reinforced structures.

• Monolithic connections between slabs, beams, and columns eliminate troublesome joints between elements.

• Profiled tendons result in balanced gravity loads, significantly reducing total deflections.

• Post-tensioning reduces overall building mass, which is important in zones of high seismicity.

#### FLOOR FRAMING SYSTEMS

Floor framing systems are dependent upon the building's usage and column arrangement. Typically, concrete construction framing systems are designated as two-way or one-way systems. The two-way system is usually a flat plate or flat slab with or without column capitals or drop caps. The one-way system is primarily beams spanning in one direction with a slab spanning the other direction.

Two-way slabs are typically used for residential (hotels, apartments, etc.) and office buildings. Spans range from 6 to 12 meters with typical loadings up to 10 kN/m<sup>2</sup>. The slab thickness is dependent upon the spans and design loads. The advantages of two-way framing are:

- Low formwork costs
- Flexibility in column arrangement
- Flexibility in under-ceiling services layout
- Most efficient if bay size is approximately square
- Easy load path to visualize

One-way framing systems are typically used for long-span parking structures and office buildings. Beam spans range up to 20 meters while slabs spans range from 5.5 to 9.5 meters. The typical loading for parking structures in the United States is 2.5 kN/m<sup>2</sup>. In office buildings the loadings could range up to 10 kN/m<sup>2</sup>. The member sizes are dependent upon spans and design loads. The advantages of one-way framing are:

- Excellent for open parking structures
- Effective for layouts with short spans in one direction and long spans in the other
- Normally beams span the long direction and slabs span the short direction

#### CONSTRUCTION ADVANTAGES

Using post-tensioning for the structural system provides key economies and efficiencies to the building process. The following are some construction advantages of cast-in-place, post-tensioned concrete structures when compared to steel, non-prestressed concrete, and precast construction:

- Faster Floor Construction Cycle: use of standard design details for post-tensioning elements, minimum congestion of prestressed and non-prestressed reinforcement, use of high-strength concrete, and earlier stripping of formwork after tendon stressing can also significantly reduce the floor construction cycle.
- Lower Floor Weight: greater span-to-depth ratios are allowed for post-tensioned members as compared to non-prestressed members resulting in a lighter structure.
- Lower Floor-to-Floor Height: greater span-to-depth ratios are allowed for post-tensioned members as compared to non-prestressed members resulting in

a reduction in floor height while maintaining required headroom.

• Reduced Exterior Shell Costs: by reducing the individual floor-to-floor heights the overall building height is decreased thus the costs for the exterior building treatment is reduced.

• Larger Spans between Columns: the reduced weight and structural integrity of a post-tensioned member allows for greater spans between support points.

• Reduced Foundations: the reduced weight of the post-tensioned structure allows the reduction in the size of the foundations.

• Increase in Flexibility for Space Planning: increasing the column spacing and the use of flat soffits allows for greater flexibility of space for tenants and mechanical and electrical services.

#### PROJECT EXAMPLE

The Marquis Condominium Project in Miami, Florida, is a prime example of the advantages that GTI Post-Tensioning Systems provide to a project. The 67-story project is designed as a two-way flat plate thus keeping building height to a minimum. Being near Biscayne Bay and the Atlantic Ocean, corrosion protection and durability was a primary concern for the Marquis Condominium on Biscayne Blvd. in downtown Miami. The GTI Zero Void® System provides the optimum solution for the owner in corrosion protection of the post-tensioning system. The GTI Plasma Cutter®

allowed the installer to quickly and efficiently cut the tendon tails. The GTI Zero Void® Locking Cap was chosen to secure the wedge cavity from intrusion from airborne salts and salt water. Additionally, GTI Composite Bar Supports® were utilized for long-term durability.

#### CONCLUSION

When the project team considers efficiencies, economies, and total costs – post-tensioned construction is the clear winner in the United States. There are a wide range of advantages and benefits for large as well as small projects, such as effective use of high-strength materials, wide flexibility in design, deflection and vibration control, crack control and watertightness, fire resistance of concrete, noise control, and improved lateral and seismic load control.

GTI Post-Tensioning Systems are used in all areas of construction – new construction, repair, rehabilitation, and retrofit. Project applications range from High-rise Condominiums to Parking Structures to Residential Slab-on-Ground. Post-tensioned structural members are primarily slabs, beams, joists, and girders; however, tendons have also been used in walls and columns.

In the United States cast-in-place, post-tensioned structures are the construction technique of choice when owners, designers, and builders look to minimize initial and life-cycle costs while maintaining structural integrity and durability. ■

#### REFERENCES

1. Larry B. Krauser, "Advantages and Benefits of Unbonded Post-Tensioning," General Technologies, Inc., Stafford, TX, March 2007.
2. Larry B. Krauser, "Repairs, Modifications, and Strengthening with Post-Tensioning," PTI Journal, Post-Tensioning Institute, July 2006.
3. PTI, "Post-Tensioning Manual, 6th Edition," Post-Tensioning Institute, Phoenix, AZ, 2006.
4. Bijan O. Aalami and Allan Bommer, "Design Fundamentals of Post-Tensioned Concrete Floors," Post-Tensioning Institute, Phoenix, AZ, April 1999.
5. Bijan O. Aalami, "Unbonded and Bonded Post-Tensioning Systems in Building Construction, A Design and Performance Review," Post-Tensioning Institute, Phoenix, AZ, Technical Note, Issue 5, September 1994.
6. Franz A. Zahn and Hans R. Ganz, "VSL Report Series 4.1, Post-Tensioning in Buildings," VSL International, Berne, Switzerland, June 1992.

# Monitoring has a proud sound



Structural monitoring means keeping track of various factors influencing structures and of these structures' resistance to such influence. It also means control of performance indicators which define efficiency and reliability of structures. Structural monitoring should be carried out periodically, so as to prevent occurrence of unfavorable events. At least this is the formal definition of structural monitoring which has lately grown so popular with many scientists and not just them. At present, many media sources are indulging in discussions as to what should be the role of monitoring. It seems that everyone is trying to unveil the meaning of the term and to "separate the husk from the grain" – that is to show the difference between structural survey and structural monitoring. The difference is huge, though until now it seemed impossible to make it obvious to some people of intellect. Let's try to see in what way they differ.

#### MONITORING. DEFINITION OF PARAMETERS TO CONTROL AND CONTROL POINTS

Monitoring is done at a construction and operation stage. Traditionally sensors are installed on main load-bearing structures and elements which are essential for ensuring overall structural reliability. These sensors should be able to perform control of the following:

- Soil pressure induced by a pile;
- Force variations in rebars;
- Linear concrete deformation;
- Temperature fluctuations;
- Water pressure on structures;
- Soil pressure produced by structures;
- Structural deformation;
- Building vibration;
- Structural displacement;
- Voids' displacement and crack width control.

#### Methods of control:

- geodesic, geotechnical and geophysical monitoring based on detailed analysis of various seis-

mic and geophysical events, which occurred earlier or simultaneous with construction;

• control of foundation settlement and floor slabs' displacements during construction and operation stages;

• control of the state of main load-bearing structures;

• monitoring of impacts produced on structures and the entire building by wind/vertical loads;

- deformation monitoring;
- monitoring of structural strain, dynamic influence and other deformations caused by seismic waves;
- accurate tension/compression measurement of façade structures and materials;
- accurate measurement of internal stress profile and optimal interpretation of influence produced on structures by dynamic forces.

#### SURVEY OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Structural monitoring should be accompanied by regular visual

checks, instrumental surveys and ad-hoc inspections depending on the type of signal issued by the building monitoring system.

An avalanche of bad accidents and catastrophes, which swept the country over the past few years, made many people consider the problem of establishing structural safety a high priority. At present, a wide range of fiber optic sensors are available at the market. However, first we have to understand what is meant by fiber optics monitoring.

FBG (Fiber Bragg grating) sensors were intended as a basis for the new structural monitoring system. This system is used to measure deformations, vibrations and temperature fluctuations by means of optic fiber. It allows controlling the above structural parameters.

#### MEASUREMENT PRINCIPLE

The light from its source is transmitted into one fiber end with the sensor fixed at the other. FBG reflects the light within a narrow bandwidth that will depend on temperature or strain. Wavelength shift is registered in the Bragg grating and strain/temperature are measured.

#### FBG-SENSOR FUNCTIONS

Bragg grating is based upon the principle of a periodic refractive index variation along the axis of the fiber. It reflects a narrow band of wavelengths that will depend on its structure. The shift in wavelengths will shift due to strain and temperature changes that will affect FBG sensor location area.

#### LONG GAUGE FIBER OPTIC SENSORS

FBG sensors can be pre-embedded into concrete specimens or



Monitoring is done at a construction and operation stage. Traditionally sensors are installed on main load-bearing structures and elements which are essential for ensuring overall structural reliability.

surface-mounted.

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| Technical specifications             | Standards        |
| Measurement base (m)                 | 1 ... 2          |
| Measurement range (micron per meter) | - 3 000 ... 8500 |
| FBG resolution                       | 10 <sup>-4</sup> |
| Accuracy                             | 10 <sup>-3</sup> |
| Temperature range                    | -20°...80°C      |
| Cable length                         | Up to 1000 m     |

#### Optical parameters

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Wave length (nm)                        | 850/1300/1550         |
| Full width at half maximum FW(FWHM)(HM) | < 0,3 or upon request |
| Connection                              | Upon request          |

Monitoring of the underground part of a government building located on Moscow City complex' territory (site 15) was done using the system installed by "Modern diagnosis systems" company (SPA Sodis). This system provides for installation of two types of sensors: FO and vibration sensors. FBG vibration sensors made in Russia are either inserted in or mounted on a slab in a pile field. This work is carried out by "Gidroproekt" company. Each pile, in which a sensor will be installed, should be complete with:

- soil pressure sensor fixed under the foot of the pile of the ПНГС-3(10) type;
- reinforcement force transducers of the ПСАС-type fixed at two levels along the pile height;
- concrete linear strain gauges ПЛДС-400 fixed at two levels along the height of the pile.

Water pressure sensors ПДС-3 (10) and ГД soil pressure sensors should be inserted inside and mounted under the foundation slab in a let-down system at a gravel/sand boundary. Inside the slab, the following equipment should be installed where the above sensors

are mounted:

- ПСАС force transducers (should be fixed to the top and bottom reinforcement nets.)
- ПТС 60 Temperature converters;
- ПЛДС-400 concrete linear strain gauges.

Long gauge fiber optic sensors (2 m long) are inserted in the top and bottom sections of the slab perpendicular to each other. All sensors are connected to marshalling boxes and linked to controllers and eventually to BMS. MEP equipment integrated into a unified SCADA system is an important part of any modern building. At present there is a wide choice of automation systems available at the Russian market. It is very important that they are efficient and fail-proof as they should be able to guarantee safety and comfort of building tenants. The choice of SCADA depends on the owner of the project, or rather on the thickness of his wallet. Automation systems integrate heating, hot and cold water and gas supply, air ventilation and conditioning, electricity, lighting control, fire and emergency alarm, security and access control, video monitoring and vertical transportation control etc. However, there are also other systems indispensable for a modern building. They all form a sort of nervous system which establishes safe and efficient operation of all engineering equipment in a building and allows reducing operation and energy costs.

Based on new technologies SPA Sodis developed a multi-level automated monitoring system, probably one of the best in its field. Level 1 consists of primary sensors and other equipment intended to measure basic parameters of overall structural safety. System controllers control lower systems, various integration devices and transmit operation data into the system network. User interfaces integrated into the system provide for ease of control. Level 2 integrates various

data collection/processing devices working in on-line mode. They ensure centralized acquisition and processing of measurement data by means of wire/wireless communication channels. They also store this data and perform calibration and testing of primary sensors. Then the structural survey information is processed and assessed by specially developed software. It checks the overall safety of the building and informs the user of a potential emergency. A sophisticated processor integrated into the software package ensures handling of measurement data. Its work algorithm is based upon comparison of the data received with the data from a special criterion-based information reference pool, where information on all structural elements (corresponding to norms) is stored. This software allows to create a 3D model of the site and analyze defect dynamics. Then BMS transmits this information, using a simple combination of three color signals ("green for normal operation, "yellow" – special focus area, "red" – danger) to the central control room.

#### CONCLUSIONS:

1. In order to ensure structural reliability in complex and socially significant buildings it is recommended to establish a scientific expertise center of any corporate form. The center will unite various scientists and experts. These specialists should be provided with necessary resources: software applications, etc.

2. It is necessary to develop and introduce Technical regulation "On structural safety of tall buildings" and Technical Solutions Procedures as regards structural monitoring.

All the parties concerned should step up efforts to overcome bureaucratic indifference as regards such vital issues as structural safety, structural monitoring and structural testing. Millions of human lives are at stake and if our work can help save these lives we will have the right to say "monitoring - has a proud sound! ». ■

# Tall Buildings – A product of good transport integration

When people see pictures of a large city skyline, they recognize the place and city name by distinctive tall buildings. Most of the time they are unique in design and size, and they are above all very tall.



One thinks immediately of Toronto, New York, Chicago, Dubai, Kuala Lumpur and Hong Kong to name a few. They become icons ingrained in our minds to remind us of a specific place.

In New York and Hong Kong, the tallest buildings fight for attention at different spots in the city. They, individually identify a specific location, or point of business, or commercial interest.

At the base of most of these tall buildings, is one of the chief elements that allowed them to be built in the first place: their connection to the urban mass transit network. For these buildings to function, they need to be fed by an extensive transportation network that enables people to get to and from it in a most easy and efficient way.

All great cities that have tall buildings as icons also have strong and high capacity urban transit systems that feed them. All of the cities mentioned above have developed significant transportation infrastructure to feed the needs of these tall buildings.

New York's subway system carries millions of people in and out of Manhattan everyday, most of which work in tall buildings. There would not be such a need for so many subway lines, were it not for the number of buildings that it needs to serve.

In 1954, Toronto built its first subway line from Eglinton Station to Union Station. At that time, there were few tall buildings, but even then, the old Imperial Bank of Commerce building and others around it was already causing the existing Streecar Network on Yonge Street to be overloaded.

When it was opened, the subway was touted by many as a white elephant, having much more capacity than it needed. Today it has carried up 40,000 passengers per hour into the downtown core during peak times, and it suffering from overload. No such a white elephant after all.

On the flip side, the subway allowed the City to increased densities and enable developers to build tall buildings, which have become icons in the Toronto skyline.

This story of building versus urban mass transit is repeated in every major city around the World. Developers will always be looking to the transport network that feeds their development when they consider how high their tower will be. If it is difficult to get to the development, then the transport network is deficient.

Because of this link between tall buildings and transport access, it is important that developers of these large complexes and the municipality be talking about placement of these new developments in conjunction with existing urban transport systems. This way they will both maximize on each others systems. The municipality gains from maximum use of the publicly funded infrastructure, and the developer benefits from good access for its daily users.

One only has to look at the success of good cooperation between developers and municipal bodies in cities like Vancouver and Toronto. Through consistent planning objectives to create nodes along rapid transit lines, these cities have been able to create major centres that are served directly by rapid transit lines.

In Toronto, other than the downtown core, nodal centres on the subway lines include, Yonge/Bloor, Yonge/Eglinton, North York Centre, Scarborough Town Centre, Yorkdale. In Vancouver there is Burnaby, Surrey, New Westminster among others. Vancouver is continuing this approach with the Canada Line and its further connections to link with City Hall/Broadway, the Vancouver Airport and Richmond.

As we approach the meeting in Moscow, one turns an eye to this city to see opportunities for developing Tall Buildings. The question one should ask should be: How will the transport infrastructure serve these new developments?

The City of Moscow has some years ago embarked on the ambitious Moscow CITY project. This multi-billion dollar nodal centre has plans for many tall buildings, some of which are already completed. One of the key ingredients to its success was the integration of existing and new metro lines and connections to the nearby Railway station.

The plan also includes rail connection to Vnukovo and Sheremetievo airport in the longer term. Arrangements for all of these connections were designed into the complex, even though some of these metro extensions may not yet be introduced.

This, especially in the context of Moscow's limited road capacity, is good foresight. It must be followed through and realized so that these tall buildings and related commercial complexes do not fall victim to the problems of access. If access to the complexes are difficult, the result is loss of income for the developer/owner and a forgotten relic that no one wants to visit.

For tall buildings and their commercial complexes to exist, they must be integrated with mass urban transport system, whether it be metro, subway, light rail, or rapid busways. Without this coexistence, the city loses its commercial, business and tourist appeal.

Next issue: Linking tall buildings: commercial lifeline for large developments. ■



# Ostankino TV tower. Calculation and Fire Reconstruction results

Calculations of Ostankino TV tower, account taken of damages caused by fire.



In August 2000 Ostankino TV tower in Moscow was destroyed by fire. The fire occurred at the level of 453m and within a day and a half spread down along the tower to the level of 275 m, where eventually it was located and extinguished by the fire brigade. (Dwg.1). In fire seats temperature varied from 200 to 500°C.

Serious damages of the tower core were detected in the course of a check held by a specially established expert group (which included specialists from the Research Institute of Reinforced Concrete (RIRC) and the authors of this paper (Dwg. 2) such as indents on the interior side of the concrete core and multiple cracks with opening widths ranging from 0.2 to 0.5 mm. Compression cables, that were stowed away in the core, were damaged almost beyond repair.

The authors of this paper developed a detailed calculation model for the Tower based on the data obtained. This model took account of failures detected in order to more accurately define the tower's carrying capacity. As is known Ostankino tower is made of two parts – the concrete core and a metallic antenna reaching the respective heights of 385 and 155 m. Total height of the tower is 540 m

In order to simulate strained state of the core and antenna walls,

which had the shape of a barrel, quadrilateral shell finite elements (FE) were used. Median surfaces of the shells were divided by radial and horizontal sections (Dwg. 3, a–b): radial section spacing is  $\Delta\varphi = 7.5^\circ$ , circles were divided into 48 parts, vertical section spacing is  $\sim 0,2-0,5$  m). 3D structural analysis was made on the basis of "Lira Windows" according to specially developed calculation methods.

Main damages of the core, caused by the fire, occurred mainly at the area of connection between the core and the antenna. Two types of damages were registered:

- 1) Indentation of concrete on the interior side of the core with indents' depth ranging from 50 to 80 mm (mainly at the upper part, where the core is connected to the antenna);
- 2) Horizontal cracks with opening widths – 0.15–0.35 mm.

When calculations were made it was possible to take account of indentation by decreasing thickness of the core shell-walls, or rather by reducing to zero concrete values in these areas. Moreover, when compression analysis was made, no reckoning was made of naked reinforcement due to possible compression failure. As regards cracks, they were taken into account as follows: in a compressed area of the section cracks caused a 15%

The text of the article was contributed by VLADIMIR TRAVOVSH, Professor at Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), Deputy Director at CJSC "CRIED named after B.S. Mezentsev" (Central Research Institute of Experimental Design); NICOLAY KARPENKO, Professor at RAACS, assistant professor of engineering science, Deputy Head of Laboratory of Structural Strength and Quality at the Research Institute of Structural Physics within RAACS; SERGEI KARPENKO, PhD, leading specialist at RISP within RAACS

degradation of concrete strength and the modulus, whereas in tensile areas they resulted in rigidity deterioration due to a decreased elasticity modulus of concrete. The equally decreased modulus was calculated based on the assumption that rigidity of the cracked element matches that of the un-cracked element. Rigidity of cracked elements was defined by crack opening width on the basis of diagram method and automated design of annular cross section elements. For cracked elements rigidity was 4 times lower than for elements without cracks.

Three assessment methods were used to evaluate concrete core strength: 1) method as provided in SNIP 2-03-01-84\*, 2) diagram method that took account of the two-tiered arrangement of rebars in walls and of the actual diagram of rebars' deformation, 3) on the basis of strength condition of shell FE.

SNIP 2-03-01-84\* provides a very rough approximation of the two-tiered rebars arrangement, i.e. assumes that such arrangement is uniform. Influence of indentation depth, as per the first two methods, was evaluated by a decrease in the section thickness. In certain FE internal stress values along concrete core sections were reduced to basic moments and normal forces. In all cases core strength was considered sufficient due to sufficient strength margin, although when fire occurred, it decreased by more than 1.5 times in certain areas. Diagram method results showed a wider strength margin (up to 29%), which means that greater moments can be applied to the sections.

Two factors predetermining a decrease in the strength margin are: 1) indentation of the concrete (which resulted in a 20% strength degradation) 2) non-uniform cable rupture, which led to a considerable eccentric compression of the tower when fire occurred (as opposed to centric compression presupposed by the tower design). Bending moments acting

upon the upper part of the concrete core (due to a non-uniform cable breakdown) grew by 1.62 times in concrete-antenna connection area; however, because of the more than 3-fold strength margin in this area, provided for by the designers, moments that could be taken by the section were 1.82 times bigger than those actually acting upon it. It should be said that some sections along the tower length could only take bending moments a little bigger than ultimate bending moments (i.e. these bending moments exceeded the moments actually acting upon the section by 14%).

As regards rigidity, crack formation and growth, that to a larger extent define carrying capacity for 2nd limit state group, - when cable failure occurred the core no longer performed satisfactorily, which made it necessary to reeve cables and to remove cracks and indents as soon as possible. As has already been said, examination of the core's state showed that it was the core-to-antenna connection area that was among the most badly damaged.

At the main point of connection the metallic antenna enters into the core 10 m deep and is attached to it at 2 levels (385.5 and 375.1 m). In the upper part the metallic core is fixed to the circular core thickening (i.e. as annular diaphragm plate as thick as 1.5m – Dwg.4) by means of a special annular anchoring one side of which is welded onto the metallic shell and the other is fixed in the concrete diaphragm plate by means of circular system of vertical anchors (Dwg. 4, 6). In the lower part the fixing is done through a metallic diaphragm.

Taking into account the importance of this connection area, all its elements were simulated very carefully, with due consideration of damages incurred by the fire.

Simulation of the concrete diaphragm plate was done by means of solid FE in a cylindrical coordinate system (as shown on Dwg. 4, b). Radial section spacing -  $\Delta\varphi = 7.5^\circ$ , the plate was segmented vertically into 8 sections.

Considerable amount of cracks was detected on the lower surface of the plate (Dwg. 2, b) that were taken into account by means of reducing elements' rigidity at the level of crack penetration depth, as per the method described above.

Special attention was paid to simulation of all anchoring elements (Dwg. рис. 4, 6). The plates were simulated as a system of quadrilateral FE, gussets – as quadrilateral and triangular FE. Lower diaphragm was simulated as a flat annular plate and broken down into FE by radial and circular sections (Dwg. (рис. 4, a).

One of the main difficulties of FE modeling is simulation of rebar anchorage in the diaphragm plate. A special method of rebar introduction in solid FE units has been developed. As is known, at the initial section of rebar (from the point of load application) rebar bondage to concrete is very weak, so that the concrete can not restrain rebar deformations. In other units reciprocal displacement condition will be violated to a degree, which will lead to partial shifting of the interface between reinforcement and concrete FE. These factors were taken into account for calculation purposes by means of a 2-stage model. At the initial section of a rebar 10 cm long in all interface units the interaction between the shifting of the rod and the plate was made impossible (they were disconnected); for the rest of the area - reciprocal displacement condition for concrete plate and reinforcement in FE units was satisfied. The size of the areas was set based on the assumption of matched displacements of reinforcement bars relative to concrete, calculated by means of a 2-stage scheme or other methods with higher level of accuracy. It should be mentioned that not all stresses within the anchoring unit were transmitted to the concrete diaphragm plate along anchors. Research showed that for 40% of the anchore perimeter area these stresses were tensile, for 60% - compressive in nature. Eventually the accuracy of the calculation

scheme was improved. Thus, in the tensile zone stresses were transmitted only along anchors, while in compressed area one took account of the fact that the anchore is clamped down to the concrete diaphragm plate along its entire surface. This was made possible by balancing vertical shifts in corresponding units of the anchorage and the units of the FE plate beneath.

We think it is important to explore specific features of simulation of diaphragm –to- core attachment zones. As the core was simulated by a number of shell FE, predetermined by the geometry of the median surface of the core, simulation of anchorages could only be made by means of axial or plane elements attached to the median surface. In calculation model the anchors were simulated by 2 circular plates with a double adjusted rigidity. At a certain section of tensile perimeter anchor plates' rigidity matches that of pull-out rebars (nominal thickness), at the other perimeter section plates' rigidity matches (conditionally) the rigidity of the compressed concrete 0.5 h thick (h – concrete core thickness).

Calculations made proved that forces are transmitted from the metallic antenna to anchoring units differently from what the "classical force transfer scheme" presupposes, i.e. not as a set of tangential forces acting upon the circular diaphragm profile. This scheme is only implemented for the lower diaphragm. In the upper diaphragm the degree of metallic antenna restraint within the annular concrete diaphragm plate is rather high; through this plate significant moments are transferred from the antenna at the top to the concrete core at the bottom. This factor produced considerable influence upon rigidity and the stress-strain state of all antenna-to-core connection elements. (Dwg. 5).

The above noted restraint effect resulted in significant and uneven stress distribution in the diaphragm plate (essential changes in all the six stress components, partially in



# Efficient BMS operation

When considering BMS application one should keep in mind that they produce positive influence over the building's overall operation. The nature of this influence is described in EU target program on energy efficiency of buildings. The program should be implemented in accordance with European Parliament resolution adopted in 2002. European Building Automation Controls Association EU-BAC is in charge of this program implementation. In his report made within the framework of "Light & Building 2006" exhibition, Winfried Brandt, Managing Director of eu.bac, said that in 2005 BMS market turnover reached 3.3 bln euro in EU. 45% of the total – is new construction; 55% – reconstruction sites. Energy consumption, primarily gas, reaches 41% for buildings, 31% for industrial applications and 28% for transportation. In this regard it becomes understandable why the problem of energy saving as regards building systems is given so much attention. Partly the energy problem can be solved by means of BMS introduction. That is what European Certification Scheme for Building Automation is about to promote in future. In the opinion of Mr. Brandt "if the products are not certified the producer can not guarantee their efficient use".

In Russia public attitude toward efficient building operation is expressed in a strange way. Thus, if in the past energy resources and labor were relatively cheap, which was considered as the main obstacle in the way of BMS introduction, at present there are limits imposed on allocation of energy, and the cost of above-norm consumption is very high. Moreover, one should keep in mind high operation costs, which is a top priority consideration for property management companies. These new tendencies were discussed at a Conference entitled "Benefits resulting from introduc-



tion of BMS in modern residential and administrative buildings for architects and operational services" held within the framework of the "MosBuild-2007" exhibition, which took place in Moscow on April 5 this year and was organized by Building Automation Center.

The agenda of the conference included discussion of various technical solutions used in project and practical benefits (economic or technical) resulting from such solutions' implementation. Attendees found all information presented at the conference very useful, especially for specialists in high-rise construction, although this information did not pertain exclusively to tall buildings. Among other things, attendees tried to estimate overall building operation costs. The budget has to be carefully analysed prior to project implementation. It may happen that the projected energy consumption rate will be 2 times smaller than needed in order to ensure fail-proof operation of the building systems, as was the case with one of the projects examined at the conference.

The integrator company, in charge of this project, had to introduce a whole array of energy-saving measures including application of power saving methods and execution of special MEP control algorithms (normally integrated into BMS), which allowed for equipment operation in energy saving mode

and a time-phased functioning of systems with high energy demand. For certain building systems energy efficiency was improved by 20 or even 50%. Thus, for a complex including four buildings energy use was brought in line with the initially planned consumption rate, (although much exceeded at the initial stage) as the project owner could not afford to pay for above norm consumption. (It should be said, that for some buildings of the complex consumption exceeded norms, whereas for others it was lower than planned).

Reports made by representatives of managing companies also proved very interesting. First of these was dedicated to various organizational issues related to BMS introduction. Another report focused on the problem of allocation of funds between various management functions with and without BMS/dispatcher systems introduced. The report left no doubts that BMS introduction can be beneficial for all parties, moreover, such benefits can be obtained in areas not directly related to these systems.

In another report made by a managing company officer detailed data on BMS introduction was presented with a reference to a concrete project with total construction area of 43 000 sqm. This project posed a number of challenges in terms of meeting energy consumption norms. Introduction

of BMS made it possible to operate, monitor and manage 5 basic room types of over 30 different layouts. It also provided for system troubleshooting, remote control of equipment and even data storing.

Big-sale introduction of LonWorks software made it possible to efficiently distribute 4.5 MW of cooling energy and 400 kW of lighting in office areas, thus improving overall comfort level.

Total number of reading devices (all systems considered) exceeded 25 000, visual systems included over 800 graphs transmitted to seven operator desks.

BMS allowed to considerably reduce building O&M costs. Energy saving reached up to 12–17% and efficiency of operation services' work was considerably improved. Overall savings made up 120–170 000 dollars per year on average. Moreover, continuous monitoring of data transmitted by a controller mounted on one of the refrigerator plants, (the data was processed by BMS) allowed to timely warn the dispatcher of the changes in compressor operation. Approximate cost of this plant repair would have reached 12 000 dollars and this is but one of the examples cited. Careful data analysis showed that introduction of BMS helped saving tens of thousands of dollars in real expenditures.

Other key benefits are economy of time and labor cuts, (8 people were made redundant) due to BMS introduction, so that in 2006 total economies reached 93 000 dollars and general MEP efficiency was significantly improved.

All these examples seem very convincing as they are based on real-time projects experience. They clearly show that BMS have huge potential, especially as regards high-rise construction.

The format of the conference was deemed satisfactory by all attendees and the Building Automation Center members plan to hold such events on a regular basis. ■

two of them, shown on dwg. 5, a,б). The data received allowed calculate main stresses, based on which three types of areas were singled out: 1) areas of triaxial nonuniform compression; 2) areas of combined stress «compression - tension», and 3) areas of triaxial tension. For the first - concrete compression test has been performed, for the second- both – concrete compression and reinforcement tensile tests, for the third – only reinforcement tensile test. For calculation purposes comprehensive models have been used.

The restraint effect (the antenna was restrained within the upper diaphragm plate) has caused considerable forces in ties of the anchor holding element. Distribution of normal and tangential forces in the anchors was rather irregular. Their module divergence was 2-fold (dwg. 5, б, r). Thus, due to the moments applied to various parts of the anchorage tensile forces were acting upon one part of the anchors, while compressive forces acted upon the other part. Anchors' strength in most affected areas has been ensured by a minor safety margin (not more than 5–16%). Recommendations on connection area reinforcement have been made as shown on dwg. 4, б.

Analysis of the stress-strain diagrams has shown that when defects occurred concrete compression strength and strength of reinforcement of the upper concrete diaphragm plate's components was ensured, while requirements on allowable crack width were not met. The cracks needed «healing» by means of polymeric mortar injection.

Inspection of the bottom diaphragm after fire revealed considerable hogging and large dents, caused by fire, that could result in loss of strength in the bottom diaphragm. Indeed, the fire was spreading along one of the sides of tower. Thus one side of the bottom diaphragm was heated up to 500 C. Simulation of such situation by means of significant decrease of metal modulus in the heated area with due registration of tem-

perature stresses has shown loss of the metal diaphragm strength due to the moment's impact (the moment is transferred from the upper metal antenna to the reinforced concrete shaft along the diaphragm). Forces acting upon the diaphragm anchorage from the other side of its fixing to the reinforced concrete shaft greatly increased causing deep indents in places where anchors are embedded into the concrete shaft. Furthermore, another model of the diaphragm performance under fire has been developed and tested. This model simulated a situation where the tensile part of the diaphragm and its anchorage were exposed to fire. The model made no reckoning of the anchors stretched out by temperature fluctuations. It only took account of the compressed zone anchors. This resulted in considerable overstressing of the compressed area diaphragm and in loss of strength in this area. Recommendations on reinforcement of the metal diaphragm and its fastenings to the tower shaft have been made.

The resulting diagram of normal forces acting upon the metal antenna confirms occurrence of strain effect in the diaphragm plate (dwg.5 д).

As a result of such simulation tower deformation values under fire conditions have been established. When exposed to fire the bottom metal diaphragm at a junction between the concrete shaft and the antenna lost its strength and all torque forces were transferred from the antenna to the upper diaphragm, which (as calculations have shown) turned out capable of assimilating these forces due to reliable system of anchorage ties (dwg. 4, б). Stresses in the upper diaphragm plate gave rise to secondary moments as well as to additional normal and tangential forces in the area of concrete shaft junction to the diaphragm (Dwg. 5). Hence, despite damages and extra loads caused by uneven cable breakage, the residual strength of the upper part

of tower shaft appeared sufficient due to the safety margin provided for by project designers. All calculation data has been carefully analysed at the reconstruction and redesign stages.

## SEVEN YEARS AFTER THE FIRE. RECONSTRUCTION AND REDESIGN RESULTS

Specialists from Central Research Institute of Experimental Design (CRIED) named after B.S.Mezentsev have developed a comprehensive reconstruction program. First of all damages to the concrete shaft and upper diaphragm were rectified. Experts from the Laboratory of Structural Strength and Quality at the Research Institute of Structural Physics within RAACS have developed failure liquidation procedures in order to repair the damaged parts of the structure. Cracks were filled with a low-viscosity polymerizing substance based on methyl methacrylate (MMC). This substance is squeezed into cracks, easily filling them as deep as of 5-10 mm. After such polymerization concrete continuity is restored. The substance has also been used for impregnating eroded surfaces and cracks, which had been formed prior to occurrence of the fire. Minor concrete peel-offs were healed by means of a polymer-cement slurry based on low-viscosity fluid with polymeric emulsion admixed. The slurry was injected under the shell placed above the peeled area. Exfoliated (bloated) concrete has been reinforced by injection of a polymerizing substance based on methyl methacrylate (MMC).

In order to be able to prevent peeling of repair make-up from the surface of indented areas the healing substance had to meet the following requirements: concrete tensile and compressive strengths had to be greater than the concrete strength of repaired structure, adhesion to the «old» concrete should exceed its tensile strength. The repair procedures introduced in order to recover the shaft's integrity made possible for repair activi-

ties to continue 24 hours a day, thus reducing these works' overall period to 1.5 – 2 years.

The old cables were substituted for new ones, and reeved once the indents to concrete were liquidated. At present all repair works are complete (Dwg. 6).

High temperatures influencing upon prefabricated structures the elevator shafts are made of, caused serious damages and deformations of mechanical rooms. Hence, special flowcharts have been developed in order to strengthen load-carrying frame with a total height of 320 m. Prior to strengthening a number of random checks of structural elements were held in order to determine design loads.

Even after repair elevator shaft geometry could not be fully recovered. Careful measurements were made by means of a special software, which allowed to create a real-time model of the elevator, so that the optimal geometry and location of elevator shafts could be defined,.

Helped by specialists from many research institutes we managed to restore in full the tower's load-carrying ability. In the tower core we installed all the necessary protective equipment. Besides, the new high-speed elevators installed after fire are much better than the old ones. In fact they are better than some modern type elevators arranged in other high-rise buildings. ■



# Lightning protection in tall buildings

A lightning is one of the most spectacular natural phenomena, but no less horrendous are its consequences, especially when it strikes tall buildings (for it is tall buildings that suffer from lightnings most). A lightning stroke is accompanied by a number of effects that can prove ruinous for the building structure and consequently lightning protection is needed.



In case of a direct hit the structures experience a heat or mechanical shock and effects of current, that sometimes exceeds 100 thousand amperes. This may result in fire propagation and structural collapse as the lightning temperature may reach 30 000 degrees. Such discharge energy could suffice to light a million electric bulbs!

In what way can a lightning be dangerous? First of all, it may cause mechanical damages. It can literally root out part of a concrete

structure. It should be mentioned that the stroke may hit a lateral side of a tall building. Secondly, there is a fire spread danger as a huge amount of electric energy is transformed into thermal energy. Thirdly, currents running along electric conductors reaching tens of kV due to induction can provoke short circuits, which may cause failure of computers and communication equipment. Thus a lightning may result in serious damages in a building. Moreover, failure of

equipment can paralyze many vital services inside the building.

That is why lightning protection is an integral part of general safety system of tall buildings and has to be carefully planned at the design stage.

## LIGHTNING CONDUCTORS

Lighting conductors are traditionally used in order to guarantee lightning protection. Most common of these are lightning rods, earth wires and lightning protection grids with grid's width 5x5 m or more.

These conductors are very popular because they are easy to use, relatively cheap and are deeply rooted in traditional construction practice. The roof of a modern tall building has a very complex geometry, which makes it impossible to ensure lightning protection with just one or several separately installed lightning protection poles. Air conditioning chillers, data transferring devices, antennas, signal lights, electric cables etc. are also mounted on the roof, and that is why

lightning protection systems should be able to protect both – the equipment and the roof. When protection system is designed one should be mindful of the safety distance between lightning conductors and other electric cables/equipment. If this distance is respected, air clearance puncture can be avoided as well as further spread of current along electric main lines. An optimal solution here would be to mount lightning protection grid of lightning rods, earth wires, supporting masts and conductors. The safety distance can be ensured by a number of insulation holders. Eventually all electrical equipment mounted on the roof will be covered by an umbrella-like grid. Use of modern fittings allows for retaining of the building's architectural aspect.

Lightning protection grid is connected to current collectors intended for tapping stroke current along the building façade to the earth loop. Current collectors as well as ground contacts, necessary for even distribution of current in the ground, are parts of the overall lightning protection system.

At present it is "Regulations on arranging lightning protection in buildings, structures and industrial sites" enforced by order # 280 of RF Ministry of Energy as of June 30, 2004, that is considered as guidelines on lightning protection arrangement. This document provides detailed instructions as to what measures should be taken in order to ensure adequate lightning protection. However, it can only be applied to structures not higher than 60 m.

A specific feature of buildings exceeding 60 m is that it is not only the roof that can be hit by a lightning, but also the side (i.e. part of the side above the 60 meters level). If this is the case, lightning protection grid should be used on the building's side with the grid interval matching that of the roof grid, as per IEC 62305 standards.

Lately, aluminium window frames have grown very popular with the owners of high-rise projects. Aluminium can be used as a natural receiver of current if reliable

connection between all aluminium window-frames, as well as connection to current collector are organized. Ventilated facades of the building are also quite frequently made of aluminium plates. These plates can serve as natural current receivers and collectors if they are electrically interconnected and have connection to the ground loop.

On the other hand, a direct hit may eat a hole as big as a 1 ruble coin in an aluminium plate impairing structural tightness in several places. This is a real threat to keep in mind. Thickness of façade plates rarely exceeds 0.7 mm, whereas it should be no less than 7 mm in order to serve as natural current receiver (as per existing standards). In this regard, use of such façade claddings is possible if structural design of a building permits façade plates' perforation and disruption of tightness.

## EARTHING

Efficiency of lightning protection system will largely depend on the quality of earthing. The rules are quite simple. In order to reduce costs it is recommended to use steel foundation rebars. Rebars are weld together in order to equalize potentials. All metal casings: water supply mains, sewers, gas pipes and heat lines are also connected to the earth loop. It is also possible to use deep earth electrodes.

## VOLTAGE SURGE PROTECTION

Lightnings can cause fires and damages but there is also the danger that atmospheric discharge will provoke pulse surges in electric and informational networks. Voltage surge is a brief amplitude increase (several tens of kV), similar surges occur when switching is done at a substation. Modern high risers are equipped with all sorts of computerized systems: control and monitoring, alarm system, heating and ventilation, expensive video and audio equipment. Voltage surges may result in failure of all these systems and in case of a direct hit - in short circuit.

Voltage surges often cause computer glitches and program hang-ups. These abnormalities may occur even if self-contained or uninterrupted power supply is used, as it is not necessary for the voltage surge to occur that a direct contact with the interferer is established. They may occur as a result of the influence produced by electromagnetic field.

It is highly sensitive modern computer systems installed in "Intelligent" buildings that are affected most by voltage surges. Even a simple switch to a self-contained power supply in case of voltage supply interference may cause computer failure, due to a pulse surge that usually accompanies startup of a power generator.

Surge protection is a complicated task. In order to ensure such protection leading electric companies have developed various multi-level systems based on surge suppressors (SS). In case of high-risers a three-stage system of lightning protection is used. It includes:

- Three stage protection of electric feed circuits (for equipment and instruments used in a building);
- Protection of telecommunications and control circuit;
- Protection of computer network;
- Protection of radio frequency inputs;
- Protection of low frequency inputs;

Each of these systems integrates various elements suppressing surges and absorbing their energy (arrestors, varistors, protective diodes, etc.)

Let's analyze the principle of operation of a three-stage feed circuits' protection. At each stage an input pulse' amplitude will gradually decrease until the safe level is reached. The difference between the stages lies in structural peculiarities and operating principles of suppressing elements. Permissible level of the input pulse will also differ. At stage 1 voltage surge is suppressed by high-voltage arrestors, at stage 2

- by varistors, at stage 3 – by protective diodes and reactor filters. Stage 1 protection devices are installed on the main switchboard. High risers may have several main switchboards and there may be several switching stations on technical floors. Stage 2 protection devices are mounted on floor subboards. Stage 1 and 2 protection devices are compatible with standard safety switches and can be installed in patch panels.

Stage 1 and 2 devices ensure protection of the power system, but they do not provide for protection of equipment if it is located far from patch panels. Equipment protection is ensured by Stage 3 devices (the outlet level). A vast amount of devices have been developed in order to protect equipment. Some of them can be mounted in sub-outlet space. It is also possible to install electric outlets with the already built-in protection. The second option makes it possible to improve the aesthetic aspect of a room. If a higher level of protection is needed (computer or alarm systems) it can be achieved through use of high frequency filters. As stage 3 protective devices are installed in close vicinity of the equipment protected, it is made safe from all surge effects, including static electricity

Other systems provide for both - power supply and high-frequency or data inputs protection (TV, telephone, etc.). If these systems are used invulnerability of equipment is guaranteed. The cost of protection system will depend on the level of building automation and the amount of equipment to protect. However, all things considered, it is better to install a comprehensive protection system than to be faced with the necessity to replace (worse case scenario) or pay for regular repair of equipment.

Lightning/ surge protection, equalization of potentials, earthing – all these are parts of a comprehensive protection system, intended to ensure safety in a high-rise buildings. ■



# Ensuring complex security and antiterrorist protection in high buildings and unique structures.

At present Moscow government considers the problem of security in high risers and unique structures as one of its top priorities. That is why, in line with the decision taken by the inter-departmental committee (IDC), a conference on "complex security and antiterrorist protection in high buildings and unique structures" has been recently held in the capital. The aim of the conference was to unite efforts in order to develop a common technical-organizational policy as regards ensuring complex security and antiterrorist protection in tall buildings and unique structures of Moscow and to work out legislative base necessary to establish antiterrorist protection at design and construction stages. The conference was organized by Moscow government and the World Academy of Science for Complex Security (WASCS).

The conference was attended by officials from Rosstroy nadzor, FSS, MIA, Moscow Duma, Ministry of Regions of Russia, Ministry of Industrial Energy and representatives of various design and construction organizations.

Opening the conference, head of the scientific-technological policies office at the Moscow Urban-Planning, Development and Reconstruction Department, A.N. Dmitriev emphasized that the objective of the conference is to join efforts to formulate a unified technical policy on ensuring complex security and antiterrorist protection at the stage of design and construction of tall buildings and unique structures.

In his speech IDC chairman, first deputy of the Head of Urban planning policy of Moscow A.D. Kosov said that the concept of the policy had already been developed and even examined and approved by IDC on December 15, 2006. Mr. Kosov said that it would be necessary to later integrate certain program and regulatory documents

into this policy to make up for the lack of Federal level technical regulations. He also suggested establishing a Head Office that would develop legislative and technical documents on various issues of security and antiterrorist protection and emphasized that it is vitally important that some basic documents are developed in cooperation with Moscow scientists and relevant Federal security services. These documents should be elaborated based on Federal standard "Antiterrorist protection in tall buildings and structures", the city planning program, technical specifications and a number of other standards.

First vice-chairman of the Moscow Architecture Committee, chief engineer at the Moscow Architecture Committee P.A. Shevotsukov said that a priority should be given to urgent development of a common policy and a concept of security for various types of buildings and structures, which are still lacking. It is also necessary to introduce

common terminology as regards antiterrorist protection. Mr. Shevotsukov continued that for each individual construction site ad-hoc technical specifications should be elaborated that would include a list of potential threats and preventive measures. At the same time, he mentioned that nowadays it is quite often that unreasonable safety requirements are imposed upon project owners.

Moscow Duma Deputy I.U. Svyatenko spoke about the difficulties related to application of some Federal Laws and said it is necessary to work out a different legislative base, which would take into account specific character of Moscow and would help solve many problems related to ensuring adequate state control over design and construction of tall buildings and their overall security. Those regulations that have been developed and introduced in Moscow so far (the MCCN) are but provisional and nonbinding recommendations. Until now no specially developed

technical regulations as regards construction and construction materials have been submitted for examination to the State Duma. This creates legislative vacuum and makes it impossible to exercise state control over construction and maintenance of tall buildings.

Chairman of Interdepartmental Construction Council on Technical Regulations at Russian Industrials' Union and Head of Technical Committee 465 L.S. Barinova spoke on the work that has been done in order to develop necessary regulations. In her opinion high-rise construction norms that have been developed in Moscow will serve as a basis for national standards to be worked out in future.

L.V. Nikitin, Head of Security Department within the Urban Planning Policy Office of the city of Moscow, said that Moscow government and the Complex for Architecture, Construction, Development and Reconstruction of Moscow take all necessary steps to introduce measures aimed at achieving this goal.

The concept of ensuring security in Moscow has already been developed and approved, antiterrorist protection and interdepartmental commissions have been formed and a Department for Coordination of Antiterrorist Activities in the City of Moscow has been established within the Moscow Mayor Office and Moscow government. Currently a Register book of Moscow city partners' business reputation is being assembled. On the initiative of the Department of the Urban Planning Policy of Moscow a special Militia Department for Ensuring Security at Construction Sites within the framework of State Department of Internal Affairs (SDIA) of Moscow has been created. At present this Department is responsible for establishing security at 84 large-scale construction projects and a number of smaller projects. A register of private security firms, that have licenses for exercising security functions at various construction projects owned by Moscow Government has been prepared and approved.

An Industrial Association of nongovernmental security agencies (IANSА) "Stroybezopasnost" has been formed. This Association unites over 160 security firms and has already been recognized as very efficient in protecting Moscow state property. In 2006 IANSА provided security at some 3 thousand sites.

In his speech Head of State Department of Fire Control, Chief State Fire inspector of Moscow S.V. Anikeev said that special care should be taken when ensuring fire safety in tall buildings in comparison to traditional measures for regular sized buildings. In order to limit negative consequences of fires buildings should be complete with fire prevention system, which would integrate a whole complex of architectural planning solutions and a number of fire protection measures. He underlined that the Head Office was very active in that respect and worked on this issue jointly with Moscow government. He noted that the

level of support they received from Moscow government was very gratifying. Thus, in February 2007 Moscow Government approved "fire stations chart". An important factor that has to be kept in mind when designing a building is the distance between the site and a fire station. For Moscow this is a vital issue as RF capital is known for its lack of road interchanges and huge volume of traffic, which result in congested roads (not only in rush hours) and makes timely arrival of fire brigades impossible.

President of Association of Russian Builders N.P. Koshman spoke about international experience in high-rise construction and problems related to high rise design. In his opinion, it is important to exercise close control over design of unique structures. Many-staged control procedures should be introduced right at the design stage. Transfer of design information from one group of specialists to another should also comply with the regulatory provisions pertaining to such information volume, time and order of transfer.

Deputy Head of Federal Security Service of Moscow and Moscow Region A.I. Safonov reminded the audience that there is always a threat of terrorist attack and that consequently technical means and measures of protection should be constantly improved, as terrorists invent new poisonous gases and weapons of mass destruction.

V.I. Sherbina, Pro-rector at University of complex security systems and engineering equipment spoke on the problems of establishing and monitoring security in large buildings and high risers. The number of security parameters and zones to be monitored in a building is very high and if not automated, monitoring of tall buildings is impossible. It should be said that the list of monitored units is far from complete. It will be further updated and extended as new information becomes available.

O.B. Dolgosheva, chief specialist of Industrial Buildings and Structures Department, spoke

about the main problems that the Department officers were faced with when considering high-rise projects in Moscow State Expertise Office. Careful analysis of the current situation made it possible to conclude that adequate measures should be introduced. First of all in order to solve the problem it seems necessary to develop regulatory documents relevant to tall buildings.

In their speeches senior specialists from WASCS and Mosstroy Research Institute outlined a number of approaches pertaining to development of a common policy and a concept on ensuring complex security in high risers. Attendees of the conference discussed the proposed requirements as regards development of special project parts presupposing design of complex security systems in tall buildings, measures and means of ensuring fire safety and automated fire fighting systems' operation control, rescue aids and evacuation methods as proposed in various reports. At an exhibition held within the framework of the conference one could get acquainted with some advanced MEP systems as well as with various means and devices used to ensure protection of buildings and tenants.

The participants of the conference recommended taking for a base draft Concept on ensuring complex security and antiterrorist protection in high buildings and unique structures, which had been proposed for their consideration, and decided to incorporate into this concept recommendations approved in the course of discussions. They approved standards as developed by WASCS on functional reliability of systems intended to ensure security in buildings and recommended taking for a base basic provisions of MCCN as of 14.19.2005 when working on national standards for ensuring complex security. Among other things it was decided to continue holding regular conferences to discuss security issues. ■



**Founder**  
Skyline media, Ltd  
with participation of CJSC  
Gorproject and CJSC  
Vysotproject

Consultants  
**Sergei Lakhman**  
**Nadezhda Burkova**  
**Uri Sofonov**  
**Petr Krukov**  
**Tatiana Pechenaya**  
**Svyatoslav Dotsenko**  
**Igor Klechko**  
**Elena Orlova**  
**Andrei Litskevitch**  
**Alexandr Borisov**

General Director  
**Natalia Vykhodseva**

Editor-in-Chief  
**Tatiana Niculina**

Executive Director  
**Sergey Sheleshnev**

Translation made by  
**Evgenia Nechushkina**

Contributions made by:  
**Marianna Maevskaya** **Anna**  
**Misuk Evgeniy Eroshenko**

Corrector of press  
**Uliana Sokolova**

Advertising department  
**Tel./Fax: 545-2497**

Distribution Department  
**Svetlana Bogomolova**  
**Tel./Fax: 545-2497**

The address  
105005, Russia, Moscow, Naberezhnaya  
Akademika Tupoleva str., 15/28

Tel./Fax: 545-2495/96/97  
www.tallbuildings.ru  
E-mail: info@tallbuildings.ru

The publisher's opinion may not coincide with the opinion of the contributors. Reprinting is only possible if a prior approval has been received and a reference to the publishing house is provided. The publisher can not be held responsible for the contents of advertising materials.

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 .

Printed at «Bakkara» printing house  
Open price Circulation: 5000





НА ПРАВАХ РЕКЛАМЫ

## БОЛЕЕ 10 ЛЕТ УСПЕШНОЙ РАБОТЫ

**ОСНОВА РАЗВИТИЯ УСПЕХА КОМПАНИИ:**  
более чем десятилетний опыт работы в области светопрозрачных конструкций  
техническая реализация архитектурных проектов различной сложности  
грамотно продуманная стратегия развития  
инвестиции в оборудование и технологии

**сочетание творчества и современных технологий**



**SCHÜCO**