



Алютерра СК

СОВРЕМЕННЫЕ ФАСАДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ОБСЛУЖИВАНИЕ ФАСАДОВ



МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС
г. Москва, шоссе Энтузиастов, вл. 2-4

Архитектура: Моспроект-2 «Мастерская 14»
Руководитель мастерской: П. Ю. Андреев

Проектирование, изготовление и монтаж:

- Витражные алюминиевые конструкции – 16 000 м²
- Устройство вентилируемого фасада с облицовкой керамогранитом – 9 240 м²
- Устройство вентилируемого фасада с облицовкой натуральным гранитом – 6 100 м²

ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ

**ИНДИЯ В НОВОМ
ТЫСЯЧЕЛЕТИИ**

**India in the New
Millennium**

**ПОЛКИЛОМЕТРА
В МИНУТУ**

**Half Kilometer
per Minute**

**ПРОЗРАЧНО
О ПРОЗРАЧНОМ**

**Transparent
on Translucent**

**«НЕБЕСНОЕ
ДЕРЕВО»
ТОКИО**

Tokyo Skytree



Tall Buildings 3/12
журнал высотных технологий



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

Редакционная коллегия:
Сергей Лахман
Надежда Буркова
Юрий Софронов
Петр Крюков
Татьяна Печеная
Святослав Доценко
Елена Зайцева
Александр Борисов

Главный редактор
Татьяна Никулина
Редактор
Елена Домненко

Исполнительный директор
Сергей Шелешнев

Редактор-переводчик
Ирина Амиреджиби
Редактор-корректор
Алла Шугайкина
Иллюстрации
Алексей Любимкин

Над номером работали:
Марианна Маевская
Наталья Павлова-Каткова

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

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

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

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

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

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

Журнал отпечатан в ООО ПО
«Периодика», Гарднеровский пер.,
д. 3, стр. 4
Цена свободная Тираж: 5000 экз.

На обложке: Wadala Tower, проект James Law Cybertecture International
On the cover: Wadala Tower, project James Law Cybertecture International



С о д е р ж а н и е c o n t e n t s

Коротко/In brief 6 События и факты
Events and Facts

международный обзор INTERNATIONAL OVERVIEW

Обзор/Review 16 Индия в новом тысячелетии
India in the New Millennium

Стиль/Style 24 Баланс разумного пространства и кибертектуры
Reasonable Balance of Space and Cybertecture

архитектура и проектирование ARCHITECTURE AND DESIGN

Аспекты/Aspects 30 «Танцующие драконы» Сеула
Seoul Dancing Dragons

Среда обитания/Habitat 36 Ворота Йонсана
Yongsan Gate

Выставки/Exhibitions 42 «Идентичности» Московской биеннале
«Identities» of the Moscow Biennale

Проекты/Projects 44 Символ содружества
The Symbol of Fraternity

Объект/Object 50 «Небесное дерево» Токио
Tokyo Skytree

Конкурсы/Competitions 56 Архитектурная мистерия
Architectural Mysterium

Фотофакт/Photo Session 64 Стамбул
Istanbul

Ракурсы/Perspectives 72 Башня с «домиком на дереве»
Tower with a «Treefort»

Лауреаты/Winners 78 Инновационный колорит
Innovations Blend

строительство CONSTRUCTION

Опыт/Experience 82 Прозрачно о прозрачном
Transparent on Translucent

Стройплощадка/Underway 86 Угол падения Capital Gate
Dip Angle of Capital Gate

Визитная карточка/Business Card 94 Использование алюминиевого профиля в светотехнике
Application of Aluminum Profile in Lighting Engineering

Конструкции/Structures 96 Оптимальная геометрическая конфигурация
и распределение жесткости высотных зданий
Optimal Geometric Configuration
and Stiffness Distribution for Tall Building Structures

эксплуатация MAINTENANCE

Вертикальный транспорт/Vertical Transport 102 Полкилометра в минуту
Half Kilometer per Minute

Актуально/Up to Date 104 Упрощения дифференциальных уравнений
Simplifications of Differential Equations

Безопасность/Safety 112 Эвакуация людей при пожаре в высотных зданиях
People Evacuation in Case of Fire in High Rise Buildings

118 английская
версия
ENGLISH VERSION





Год башни

Взлеты и падения мировой экономики в последние годы оставили за бортом несколько десятков ранее довольно успешных архитектурных фирм, однако некоторые из них по-прежнему процветают. К таким относится международная компания RTKL, работающая в области архитектуры, проектирования, городского планирования и художественного дизайна. В 2013 году намечено завершить строительство восьми новых объектов по проектам этого бюро, среди которых есть как высотные здания, так и постройки среднего размера. Этот год в компании по праву называют «Годом башни».

Семь из этих конструкций будут возведены в Китае и одна в Индонезии – вдали от европейских финансовых проблем. Норман Гарден (Norman Garden), исполнительный вице-президент RTKL, объясняет, что жизнеспособность компании стала результатом грамотного планирования и тщательного анализа мировой экономики: «Несмотря на кризис, RTKL удалось сохранить довольно хорошие финансовые показатели благодаря нашей дальновидности, производительности труда и неизменно высоким техническим характеристикам проектов. Руководство компании заранее просчитывает периоды экономического спада и планирует деятельность фирмы соответствующим образом».

Большинство из башен – это объекты смешанного назначения, на создании проектов которых и специализируется RTKL. Они представляют собой образцы органичного сочетания в одной постройке или комплексе офисных помещений с магазинами розничной торговли, обширными общественными зонами, иногда гостиницами и небольшим количеством квартир. Самая высокая башня из тех, над которыми работает сейчас компания, – это 328-метровая Wuxi Suning Plaza (г. Уси), строительство которой будет завершено в 2013 году. Ее элегантная форма и сверка-

ющий стеклом фасад изменят облик окружающей застройки, а верхний вестибюль новой башни расположится выше, чем вершина знаменитого «Осколка» (The Shard), построенного по проекту Ренцо Пьяно в Лондоне. Предполагается, что возводимая Wuxi Suning Plaza станет в основном офисным зданием, где будут располагаться компании, представляющие промышленный центр региона.

Постройкой несколько меньшего масштаба станет Ciputra World (г. Джакарта), 250-метровая башня смешанного назначения, в которой разместятся гостиница, магазины, жилые помещения и развлекательный центр. Здание характеризуют устойчивые обтекаемые формы, полное остекление фасадов, наличие высокоэффективных механических систем и контроль комфортных параметров воздуха внутри здания. Изюминка объекта – расположенные на участке лечебные источники.

Именно возможность предложить на рынке широкий спектр услуг в области архитектуры и дизайна и создали компании RTKL предпосылки для долгосрочного успеха. Компания не останавливается на достигнутом и продолжает расти, предоставляя потенциальным клиентам все более расширяющийся объем услуг. «За эти годы мы не только создали различные проекты, но и установили прочные связи во всех регионах мира, которые помогли нам сохранить финансовый баланс компании. Наш подход к работе и использование новых технологий способствует ее эффективности, – уточняет Норман Гарден. – Наш успех – это больше, чем просто финансовое планирование. Наша сила заключается в уровне предлагаемого нами продукта: мы стали вне конкуренции, сосредоточив внимание на разработке проектов высшего качества и осуществлении идеи, как они могут сделать мир лучше».

RTKL

Впервые в 2012!

R+T RUSSIA

www.rt-russia.com

R + T Russia – ключевая специализированная выставка рольставен, дверей, ворот, окон, стекла и солнцезащитных конструкций. R+T Russia предлагает широкий спектр продукции, инноваций и тенденций развития индустрии, а также открывает доступ к международной сети R+T. Это уникальная площадка для российских и иностранных экспонентов и посетителей.

Более подробную информацию вы можете найти на сайтах выставок R+T: www.rt-russia.com, www.rt-expo.com, www.rt-asia.org.

26 – 28 сентября 2012, Москва
МВЦ "Крокус Экспо"

R+T Russia

Международная выставка
рольставен, ворот, окон и
солнцезащитных конструкций





Архитектура в дереве

Компания Kengo Kuma & Associates завершила строительство нового отеля в Японии. Проектируя небоскреб в центре Токио, архитекторы постарались воспроизвести атмосферу тесного взаимодействия между участком застройки и зданием, отделка которого включает элементы дерева. Фасад башни внешне больше напоминает не стену, а вырезанную из камня решетку. Для того, чтобы получить такой сетчатый ажурный фасад, создатели проекта решили использовать не обычные каменные блоки или привычное остекление, а вложить камень в алюминиевые навесные панели размером до 300 миллиметров, изготавливаемые в заводских условиях в виде укрупненных элементов, которые затем монтируются на объекте по методу полносборного строительства.

Проектируя нижний этаж отеля, дизайнеры исходили из понятий «навес», «особняк» и «озеленение крыши», создав для башни собственный сад, который, как и прочие вышеперечисленные элементы, объединяет ее с соседним зданием синтоистского храма Hie Jinja Shrine. Для оформления внутреннего пространства в интерьер были включены деревянные элементы системы горизонтального балочного перекрытия. Надстроенные на бетонный каркас, в качестве несущих конструкций они, безусловно, вторичны и выполняют скорее декоративную роль, создавая антаблемент, стилистически перекликающийся с навесным деревянным козырьком с внешней стороны здания. Чтобы достичь большего единства с окружающей средой этого стилизованного под «особняк» небоскреба, во внешней стене были сделаны обширные оконные проемы.

Собрав воедино несколько прежде успешно апробированных при проектировании небольших зданий приемов, архитекторы Kengo Kuma & Associates сделали перегородки и отделку внутренних помещений также из дерева, развивая любимую тему Кенго Кумы – слияние архитектуры с живой природой.

Kengo Kuma & Associates

Мир и спокойствие

Проект расширения Общественной больницы в деловом районе Футиан (The People's Hospital of Futian), в городе Шэньчжэнь, Китай, предусматривает создание комплекса, в котором больница, Центры медицинских исследований мирового уровня и окружающее пространство органично впишутся в среду городского парка. Общая площадь застройки составит 138 945 кв. м. После завершения ремонтных работ больница получит не менее 1000 новых койкомест.

Комплекс состоит из трех основных частей, включая уже существующий медицинский центр, новый Международный медицинский центр и новый Международный медицинский центр по обмену опытом. Комплекс займет всю площадь участка неровной формы, протянувшись с севера на юг.

Все пространство объекта моделируется в особо организованную гостеприимную среду, главным акцентом которой является высотное многоуровневое здание с удобными подъездами к основным медицинским отделениям и техническим постройкам. Открытый ландшафт в восточной части участка задуман как включение в новую застройку хорошо освещаемой солнцем естественной природной среды, что, по мнению создателей проекта, также способствует исцелению. Общественный парк при больнице удобен как для персонала во время отдыха, так и для прогулок пациентов. Здесь они могут комфортно общаться с навещающими их близкими.

Вход в приемное отделение нового Международного медицинского центра (на 200 мест) расположен в 9 метрах от входа на территорию комплекса. Таким образом, живописное открытое пространство позволяет посетителям наслаждаться его великолепным видом, отрешаясь от шума и суеты большого города. Все окна больничных палат нижнего блока, расположенного рядом с основным корпусом медицинского центра, выходят на школьный двор.



Объект спроектирован в полном соответствии с теплым и влажным климатом Южного Китая. Развернутый в восточно-западном направлении фасад способствует минимальному солнечному нагреву внутренних помещений, а контроль проникновения внутрь прямых лучей света осуществляется за счет двойного фасада, где регулируемые панели солнцезащитных жалюзи устанавливаются в нужную позицию вручную, в зависимости от положения солнца.

Leigh & Orange Limited

Международная выставка городских технологий

CityBuild
ГОРОДСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**ВНЕДРЕНИЕ НОВЕЙШИХ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ
СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ**

16–18 октября 2012 года, Москва

Выставка проводится с 2007 года

www.city-build.ru

Градостроительство.
Архитектура, проектирование,
реконструкция и эксплуатация

Энергосбережение городов

Решения для здоровья
горожан

Городской транспорт
и логистика

Информационно-
коммуникационные системы

Организаторы:



Официальная поддержка:



МИНИСТЕРСТВО
РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
Российской Федерации



Генеральный партнер:



Партнеры:





Реальность или авантюра?

Недавно правительство Грузии объявило о планах строительства нового города Лазика в пустынной болотистой местности на берегу Черного моря. Это предложение до сих пор вызывает много споров, его детали все еще расплывчаты, а официальная разрешительная документация отсутствует. Однако этот проект ставит много интересных вопросов о целесообразности и мотивах создания городов с нуля.

Визуализация проекта, демонстрирующая новую современную столицу восточной части побережья, полную высотных зданий и небоскребов с обширной инфраструктурой, выглядит довольно впечатляюще. Город должен стать новым финансовым и экономическим центром Грузии, с большим торговым портом, обеспечивающим ей важное сообщение с другими странами через Черное море. На бумаге схема проекта действительно выглядит так, что кажется – это новое поселение реально могло бы помочь укреплению международной репутации Грузии и созданию сильной экономики этой страны.

Подобная идея, очевидно, была вдохновлена примером быстрого роста китайских и многих других городов, возникших в ответ на существенный прирост населения и стремительную урбанизацию этих стран. Однако у Грузии нет проблем, для решения которых стоило бы нести расходы на столь масштабный проект, и многие считают его как минимум нецелесообразным.

Вопросы возникли также и по выбору месторасположения нового города. Заболоченная местность и плохо дренируемая почва водно-болотных

угодий в восточной части побережья Черного моря отнюдь не кажутся идеальными условиями для создания разветвленной инфраструктуры и возведения высотных зданий. Стоимость проекта была определена в диапазоне от \$600 до \$900 млн, которые, как надеется грузинское правительство, будут собраны в основном за счет вложений иностранных инвесторов. Однако критики проекта утверждают, что эти деньги должны быть использованы для улучшения и развития существующих городов Грузии, где, согласно статистике, идет неуклонное сокращение численности населения и повышение уровня бедности.

С архитектурной точки зрения, проектирование комплексной застройки такого масштаба очень интересно: ведь только построенные с нуля, совершенно новые города получают возможность формирования систематизированной и четкой городской инфраструктуры. Вопрос создания идеальных градостроительных схем, который архитекторы всего мира повсеместно пытались решить на протяжении последнего столетия, так и остается открытым. Несмотря на порой самые радикальные методы и продуманные схемы, эти бумажные решения зачастую просто не в состоянии работать в реальности живых городов. И проблемы, с которыми сталкиваются сообщества «городов с нуля», тому подтверждение. Интересно, будет ли предполагаемый город учиться на чужих ошибках, и сможет ли грузинское правительство на самом деле добиться того, на что надеется, либо проекту суждено превратиться в провальную и дорогостоящую авантюру?

www.worldarchitecturenews.com

11^я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА HI-TECH BUILDING 2012

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

30 ОКТЯБРЯ – 1 НОЯБРЯ
ЭКСПОЦЕНТР, ПАВИЛЬОНЫ №1, 5

- > АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ
- > СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»
- > ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
- > УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ
- > СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ
- > УПРАВЛЕНИЕ КЛИМАТОМ
- > ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ
GREEN BUILDING, PASSIVE HOUSE
- > ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



www.hitechbuilding.ru

Золотой стандарт

Консультант по инженерному обслуживанию и оснащению зданий компания Mott MacDonald подтвердила факт начала строительства в Шанхае многофункционального комплекса Shanghai Bund International Financial Centre по проекту, разработанному совместно фирмами Foster + Partners и Thomas Heatherwick Studio. Комплекс состоит из гостиницы, кинотеатра, центральной площади, розничного торгового центра общей площадью 420 000 кв. м и двух высотных офисных зданий, которые спроектированы так, чтобы претендовать на получение сертификата LEED Gold. Объект в целом был разработан в соответствии с Китайскими энергетическими стандартами экологического строительства (China Green Building Energy Standard credentials).

«Этот проект является для Mott MacDonald отличным шансом продемонстрировать свои навыки и знания в Китае. За счет межнационального сотрудничества китайских и британских строителей мы действительно смогли создать проект с дополнительными удобствами для клиентов. Это – шаг на пути к дальнейшему развитию бизнеса нашей компании в Китае, где коммерческие разработчики сегодня очень активны», – сказал руководитель проекта со стороны компании Mott MacDonald Чжэн Цзе (Cheng Jie).



Для того, чтобы достичь максимально высокого уровня экологической устойчивости, инженерные системы и техническое оборудование, в основном, размещены в подвальных этажах, что позволит интегрировать в проект систему зеленых крыш. Это также увеличивает коэффициент полезного использования офисных помещений. Строительство в северной части участка предполагается завершить в 2014 году, а здания на южной стороне будут готовы для использования в конце 2015 года.

Foster + Partners



Авиационный город

Широко известная компания Woods Bagot выиграла международный конкурс на проектирование города-аэропорта China Southern Airport City в Южном Китае, под многофункциональную застройку которого выделен участок в 400 гектаров, расположенный на берегу реки Люсихэ, в Гуанчжоу, Китай. В жесткой конкуренции со знаменитыми архитекторами, такими как Заха Хадид (Zaha Hadid) и Поль Андре (Paul Andreu), который спроектировал международные аэропорты Парижа (им. Шарля де Голля, Орли), Шанхая (Пудун), Манилы, Джакарты, Брунея, Абу-Даби, Дубая, Каира, в итоге победила

компания Woods Bagot. Именно ее проект был выбран для дальнейшей разработки и исследований с точки зрения городского планирования и соответствия требованиям авиации.

Проект предусматривает застройку общей площадью 3 800 000 кв. м, что по масштабу примерно в 7 раз превышает территорию района Барангару в Сиднее (Barrangaroo, Sydney). Размерами город также будет в 1,5 раза больше Доклендса в Мельбурне (Dockland, Melbourne) и в 9 раз – Сити Линка в Перте (City Link, Perth). Согласно генеральному плану, традиционная корпоративная штаб-квартира авиакомпании вырастает до масштаба города,

соединяя площади, отданные под бизнес и производство, с большой жилой застройкой.

Подразумевается, что этот новый город станет символом активной и умело организованной деятельности авиакомпании China Southern Airlines, поддерживая имидж бренда и символизируя лидерство первой по величине авиакомпании Азии.

«Транспорт, путешествия и информационное взаимодействие занимают важнейшее место в современном мире и играют огромную роль в жизни современных городов. Подобные города с высокой концентрацией населения и инфраструктуры, где располо-

жено множество коммерческих, торговых, жилых и социальных объектов, все чаще возникают в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Их успех большей частью будет зависеть от разумного городского планирования и, естественно, эффективного использования ресурсов», – сказал Кирсти Уайт (Kirsty White), старший юрист компании Woods Bagot. Согласно генеральному плану застройки города-аэропорта China Southern Airport City в Южном Китае, проектировщики подходили к задаче создания этого нового комплекса как к организации пространства именно «концентрированного города».

Woods Bagot

INTERLIGHT MOSCOW

powered by **light+building**

Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий

6 – 9 ноября 2012

ЦВК «Экспоцентр» Москва, Россия

Выставка № 1 в светотехнической отрасли на территории России и стран СНГ!

Итоги Interlight powered by Light + Building 2011:

- ✓ 17 лет на российском рынке
- ✓ 576 экспонентов из 24 стран мира
- ✓ 26 236 профессиональных посетителей

NEW! Interlight powered by Light + Building 2012: павильон и форум «Автоматизация зданий и энергоэффективность»

Приглашаем Вас к участию в выставке!*

* Это самый быстрый путь к рабочим бизнес контактам: более 70% посетителей Interlight Moscow powered by Light+Building принимают решения о закупках.

Подробная информация на сайте:
www.interlight-moscow.com



messe frankfurt



ЭКСПОЦЕНТР
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА

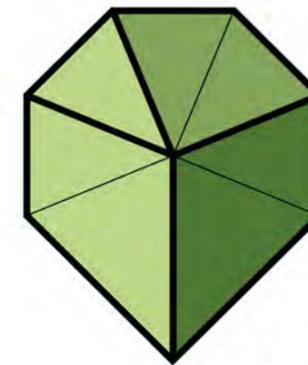


Створки раковины

Международная архитектурная компания Swanke Hayden Connell Architects представила свой проект Всемирного торгового центра (Yiwu World Trade Center) в рамках конкурса, проводимого в городе Иу, провинция Чжэцзян, Центрально-Восточный Китай. Проект, разработанный по заказу компании Hangzhou Duonaohu Real Estate Co., Ltd., общая площадь застройки которого составляет 462 750 кв. м, состоит из четырех башен. Самая высокая из них будет иметь 62 этажа и соединяться с другими общим подиумом, в котором разместятся магазины. Представитель Swanke Hayden Connell Architects Стивен Браун (Steven Brown) сказал: «Первая и самая оригинальная башня станет ярким архитектурным акцентом всего проекта. Ее смелые формы и заметная высота создадут новый ориентир проектируемого делового района города». Здание башни состоит из двух слегка изогнутых половинок, напоминающих тесно прилегающие друг к другу створки раковины, которые смыкаются вокруг внутреннего ядра. Офисная часть находится в нижней части башни, где межэтажные плиты имеют больший размер. Одна из двух половинок здания возвышается над другой, обнажая светящееся кристаллическое внутреннее ядро башни. Верхние этажи имеют гораздо более узкие межэтажные плиты перекрытий. Там расположится отель, из окон которого будет открываться великолепный вид на новый деловой район, окружающий ландшафт и протекающую неподалеку реку. Вечером электрическая подсветка прозрачного внутреннего ядра сделает здание безошибочным ориен-

тиром и ярким маяком новой застройки на горизонте ночного города. Из трех других башен две отведены под жилые квартиры и одна – под обслуживаемые апартаменты. Их масштаб соответствует размерам соседних зданий, что способствует объединению новой застройки с окружающей средой. Отделка фасадов стеклянными навесными панелями и очертания меньших башен созвучны конфигурации и облицовке основной конструкции комплекса, развернутой к городу полностью гладкой стороной, тогда как фасады, обращенные к внутренней части комплекса, имеют балконы. Жилые башни повернуты друг к другу, а на крыше подиума разбит частный сад. В центре подиума будет располагаться внутренний двор с подъездными площадками к жилым и торгово-офисным помещениям, который объединит комплекс. Центральным элементом торгового комплекса предполагается сделать расположенный в атриуме зимний сад, который должен служить основным пространственным ориентиром. Он также обеспечит прямую связь между внутренним двором и разбитым вдоль набережной парком. Этот зимний сад является и символическим центром деятельности торгового комплекса, и основным связующим звеном между ним и улицей. По периметру подиума будут располагаться многочисленные магазины, а также входные группы жилых башен, что сделает движение на этой улице более оживленным.

Swanke Hayden Connell Architects



ЗЕЛЕНЫЙ ПРОЕКТ 2012

III ФЕСТИВАЛЬ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

Уважаемые коллеги!
Приглашаем всех
к участию в фестивале
«ЗЕЛЕНЫЙ ПРОЕКТ 2012»

Фестиваль состоится
29–30 ноября 2012 года
в МИВЦ «Инфопространство»
Москва, 1-й Зачатьевский пер., 4

Заявки принимаются по адресу:
info@ard-center.ru
тел./факс: +7 (495) 917-5013, 917-5805;
www.ard-center.ru

Учредители:



Генеральный партнер:



Организатор фестиваля:



Информационный стратегический интернет-партнер:



www.greenproekt.com

партнеры:



информационные партнеры:



Индия

Текст МАРИАННА МАЕВСКАЯ, фото James Law Cybertecture

В НОВОМ ТЫСЯЧЕЛЕТИИ

В последние годы в Индии появилось множество исключительно высоких сооружений, простое перечисление которых не уложится в рамки небольшой статьи. Наиболее значительные из них закончены буквально «вчера» и еще не в полной мере освещались в профессиональной прессе. Очевидно, что для строительства небоскребов в этой густонаселенной стране существуют определенные фокусы притяжения – регионы, где это особенно востребовано.

Сегодня Мумбаи (столица штата Махараштра) с каждым днем только укрепляет свои позиции главного коммерческого и финансового центра страны. Резкое удорожание земли в последние годы и, одновременно, расширение присутствия в стране международных компаний, обладающих современными строительными технологиями, позволили очень быстро реализовать большое количество высотных проектов в Индии. А столица штата Махараштра стала главной ареной их воплощения. К настоящему моменту уже более 350 высотных зданий (выше 90 м или 25 этажей) украшают горизонт этого города. Поэтому нам показалось интересным обра-

тить более пристальное внимание на отдельные проекты и постройки Мумбаи, где сквозь призму конкретного опыта можно проследить тенденции современной архитектуры целой страны. Мы уже рассказывали об истории становления и развития высотного строительства Индии в XX веке, поэтому обратимся сразу к многочисленным примерам века XXI. Уже начиная с развития мумбайского нового района Нижний Парел (Lower Parel), и качественное, и количественное изменение характера высотного строительства Индии просматривается достаточно четко.

Башни Imperial Tower I и Imperial Tower II официально открыты в 2010 году и пока считаются самыми высокими (254 м каждая) зданиями

Мумбаи, своеобразного индийского «Манхэттена». Их 60-этажные белые объемы возвышаются над городом узнаваемым парным силуэтом с облегченным ритмом верхней части и пирамидальными завершениями. Хотя основные конструкции фасадов башен выполнены в спокойной стилистике неомодернизма, венчающая часть отсылает нас скорее к эстетике позднего постмодернизма Филиппа Джонсона (Philip Johnson) или Сезара Пелли (Cesar Pelli).

Следующий по высоте новый комплекс столицы Махараштры – башни Lodha Bellissimo A, B и C, сданные в эксплуатацию в текущем 2012 году, содержат только по 53 эксплуатируемых этажа и поднимаются на 222 м. Чуть не дотянули до 50 этажей главная

башня комплекса Ashok Towers D (49 эт., 2009) и 40-этажная Ruby (191 м, 2011). Комплекс из трех башен Orchid Woods хотя и имеет по 55 этажей в каждой, по общей высоте уступает вышеназванным высоткам и достигает только 190 метров. Еще сразу несколько небоскребов Мумбаи поднимаются до 180-метрового рубежа, а уж более «маленькие» высотки и вовсе исчисляются десятками. Подавляющее большинство этих зданий спроектировано и возведено за последние несколько лет. И если в архитектурном отношении они достаточно разноплановы и их можно отнести почти к полярным векторам развития неомодернизма, то в технологическом смысле они в большинстве своем отвечают новейшим мировым стандартам качества



Bandra Ohm, Мумбаи (проект)

и содержат инновации, принципиальные для дальнейшего роста национальной архитектурно-строительной отрасли. Главное высотное здание города MVRDC (156 м, 35 эт.), периода первого этапа высотного строительства 1970-х, сегодня занимает только 24 место среди небоскребов Мумбаи и в самые ближайшие годы рискует оказаться, в лучшем случае, в первой полусотне. В типологическом отношении в индийском строительстве сегодня востребованы и жилые, и многофункциональные комплексы, и отдельные офисные башни, вырастающие до истинно градостроительного масштаба, поскольку интенсивное развитие экономики, даже несмотря на кризис, диктует свои темпы роста строительной отрасли. А огромная численность населения страны провоцирует размах строительства вообще и высотного – в частности.

Этот размах поистине грандиозен. Если количество уже существующих в стране небоскребов исчисляется десятками, то еще более сотни находятся в стадии строительства, и их завершение в ближайшие годы, без существенных изменений первоначальных замыслов, весьма реально. Еще почти целая сотня высотных проектов только предварительно утверждена или обсуждается.

Среди множества утилитарных объектов жилого сектора в новейшей архитектуре Индии встречаются и действительно яркие, небанальные проекты. К ним можно отнести проект высотного здания Bandra Ohm, разработанный в James Law

Cybertecture International для местного заказчика Parinee Developers PVT LTD. Хотя это здание предполагает наличие всего 30 этажей и поднимется на скромные 140 метров, его архитектурный облик обращает на себя внимание оригинальностью замысла. Здание напоминает сразу и колесо обозрения на высоком подиуме, заполненное жилыми ячейками, и фрагмент декораций какой-нибудь космической киноэпопеи, и гигантскую шахматную фигуру. Для культурных традиций страны такая форма кольца на подставке с овальной выемкой внутри является узнаваемым символом, обозначающим созерцание и медитацию. При этом чисто функциональные задачи комплекса решены элегантно и просто. Опоясывающие фасад балконы смягчают визуальную жесткость конструкции, а наличие «яйца» внутри здания считается фирменным знаком компании-проектировщика. Верхняя часть облегченной дугообразной кровли может открываться, делая купание в бассейне и нахождение в зоне отдыха на верхнем этаже весьма захватывающими. Конечно, новое жилое здание предусматривает наличие всех необходимых удобств для роскошного жилья нового поколения: комфортабельных апартаментов, большой рекреационной и спортивной зон, зелени и т. д. К сожалению, строительство этого интересного комплекса пока не начато, и какова его дальнейшая судьба, сегодня сказать трудно. Однако сам факт возникновения и первичного утверждения подобного проекта свидетельствует о постепенном появлении в индийской высотной архитектуре действительно небанальных и запоминающихся проектов, где, наряду с практическими нуждами, решаются и художественные задачи.

В уже упоминавшемся районе Нижний Парел сегодня самым активным образом идет строительство сразу нескольких высотных объектов и настоящих небоскребов, существенно меняющих силуэт привычной застройки. В текущем 2012 году вводятся в эксплуатацию 67-этажный небоскреб Palais Royale (320 м), многофункциональный комплекс Indiabulls Sky Forest из двух башен разной этажности, но одинаковой высоты (Tower 1 – 276 м и 80 эт., Tower 2 – 276 м и только 60 эксплуатируемых этажей), а также небоскребы Indiabulls Sky Suites (291 м, 75 эт.) и более скромный Indiabulls Sky (257 м, 60 эт.). Пока еще идет строительство 207-метрового небоскреба Orbit Terraces (61 эт.), а вот вертикаль 45-этажного Shangri-La Hotel уже закончена в 2010-м.

Индийские градостроители и генпроектировщики не пошли по «парижскому» пути, вынося отдельный комплекс деловой активности за пределы исторического центра и собирая новые высотные здания в одном месте. Концепция градостроительного развития Мумбаи предполагает наличие многих полисов деловой активности и концентрацию жилых комплексов. Поэтому новые небоскребы, необходимые более чем 15-миллионному

городу, появляются в самых разных его частях. Помимо мумбайского района Нижний Парел, в городе есть еще несколько таких центров фокусирования высотных комплексов. Район Прабхадеви (Prabhadevi) был выбран для возведения башен комплекса Orchid Crown, (71 эт.), строительство которых должно завершиться в 2014 году. А район Ворли (Worli) обзаводится небоскребами World One (442 м), Oasis Tower 1 (372 м) и Oasis Tower 2 (239 м).

В центральной части города высотки появляются с меньшей частотой, хотя и здесь присутствуют новые вертикальные доминанты. В частности, к 2015 году в центре будет завершен новый 80-этажный небоскреб Nathani Heights (262 м), а в текущем году откроет свои двери башня Orchid Enclave (210 м, 50 эт.). Район Махалакми (Mahalaxmi) стал «местом прописки» нескольких многосоставных комплексов: Vivarea Towers 1, 2, 3 (45 эт., 2011), реализованных в 2010 году небоскребов Victoria (55 эт.), Orchid Turf View (52 эт.) и главной своей вертикали – Lokhandwala Minerva (307 м, 82 эт.), строительство которой должно закончиться через полтора года, в 2014-м. Другим важным местом средоточия новых башен Мумбаи считается район Джакоб Сайкл (Jacob Circle), где строятся 300-метровые небоскребы Orchid Heights Tower 1 и Orchid Heights Tower 2. В районе Горегаон (Goregaon) одновременно поднимаются сразу два крупных высотных комплекса, из трех башен каждый – Orchid Woods Towers (по 53 эт.) и Oberoi Exquisite Towers (по 50 этажей каждая). К некоторым из уже упомянутых сооружений хотелось бы присмотреться более пристально.

Строительство небоскреба India Tower, как одного из наиболее амбициозных проектов национально-го и даже континентального масштаба, уже довольно широко освещалось в прессе. Тем не менее, обойти стороной и не упомянуть такое сооружение просто невозможно. Этот 126-этажный небоскреб, известный ранее как Park Hyatt Tower или Dynatix Balwas Tower, начали строить в 2010 году. Затем работы над возведением 720-метрового гиганта были приостановлены. Однако ожидается, что к 2016 году он все же будет закончен и станет вторым по высоте сооружением в мире после дубайского Burj Khalifa. Первоначальный замысел более скромного 300-метрового небоскреба был обнародован в 2008 году, однако не получил необходимых согласований и был отклонен. В новой редакции здание приобрело поистине национальный масштаб и, видимо, поразив всех беспрецедентностью и сложностью предстоящих инженерно-строительных задач, получило одобрение городских властей. И через четыре года усилиями компании Brihanmumbai Municipal Corporation на улице Charni Road в Goregaon, южной оконечности Мумбаи, будет возведена главная индийская высотка.

Другим «самым-самым» высотным проектом Индии и одним из самых высоких жилых зданий



Башни Imperial Towers I, II, Мумбаи

в мире должен стать комплекс World One (442 м), спроектированный архитекторами из известной компании Pei Cobb Freed and Partners и их коллегами из Leslie E. Robertson Associates. Новый супернебоскреб будет располагаться в районе Верхний Ворли (Upper Worli), в Мумбаи, на участке в 7,08 га, принадлежащем компании Srinivas Cotton Mills, готовой выложить на реализацию замысла почти 400 млн долларов. Башню World One, обладающую сертификатом Leed Gold, планируется завершить в 2014 году, и она станет самым высоким жилым зданием в стране. Общественные пространства нового здания поручено спроектировать Джордجو Армани (studio Armani/Casa), и это его первая подобная работа в Индии. Хотя аналогичный проект он уже выполнял для дубайского супергиганта Burj Khalifa.

Массовая застройка Мумбаи, в основном, демонстрирует способность современной индийской архитектуры решать насущные утилитарные задачи, тогда как с художественной точки зрения

Мумбаи

Indiabulls Sky Suites, Мумбаи (проект)





Orchid Woods, Мумбаи

исторические памятники по-прежнему составляют основную часть богатейшего культурного наследия этой страны. Но в последние годы все заметнее стремление создавать если не непреложные художественные объекты, то значимые и масштабные доминанты, которые сформируют запоминающиеся градостроительные ориентиры и постепенно улучшат стандарты качества всех возводимых объектов городской среды. В этом смысле размах жилищного строительства, в том числе и высотного, очень показателен. Уже упоминавшиеся небоскребы серии Orchid в разных частях Мумбаи – хорошее подтверждение этой тенденции. Башни Orchid Woods 1, 2 и 3 уже поднялись над городом на свои 190 м, более внушительные (337 м) жилые здания Orchid Crown Towers 1, 2 и 3 закончат на юге через полтора года, 47-этажные высотки Orchid Views Towers 1 и 2 достроят в 2013-м, а 52-этажная Orchid Turf View появилась уже 2 года назад. Еще несколько башен – тоже, в основном, жилого назначения – планируется построить в ближайшие годы. Массовое возникновение таких комплексов было бы беспрецедентным случаем не только в консервативной Европе, но и в обеих Америках. Для Индии же это скорее обычная строительная реальность сегодняшнего дня, сопоставимая только с практикой столь же густо населенного и активно развивающегося соседа по региону – Китая.

Еще одной отличительной чертой индийского высотного строительства последних лет, прямо вытекающей из всего вышесказанного, можно считать повсеместную ансамблевость возводимых высотных зданий. Как правило, строящиеся небоскребы и меньшие высотки являются частью единого замысла в рамках комплекса или даже мини-градостроительного образования, в котором предусмотрены несколько идентичных или очень похожих высотных доминант. Стилистика таких комплексов достаточно единообразна, но это позволяет выстроить временную взаимосвязь с существующим окружением и выделяет новые комплексы не только за счет высотных параметров, но и композиционно и стилистически. 45-этажные Ashford Royal Towers 1, 2, 3, 4 в Мулунде и еще 4 жилые башни, от 36 до 41 этажа, там же – уже как раз такая «просто рядовая высотная застройка» предместья мегаполиса в новой иерархической системе городского строительства. В комплексе Orchid Enclave в Махалаксьми, законченном в 2011 году для DB Realty, иерархичность также очевидна, ведь помимо высотных башен он содержит 55 домов меньшей этажности. Небоскребы и высотки Oberoi Skyheights Towers 1 и 2 (скромные 150 м, 37 эт., 2009), Oberoi Woods Towers 1 и 2 (129 м, 2009), Oberoi Commrez 2 (144 м, 35 эт.), Oberoi Exquisite Towers 1 и 2 (по 50 эт., 2014), Oberoi Esquire Towers 1, 2, 3 (по 50 эт., 2015) – тоже наглядное подтверждение этой тенденции.

Большинство новых высотных жилых комплексов обладает значительным перечнем дополнитель-

ных удобств и преимуществ по сравнению с традиционной городской застройкой прошлых лет. Каждый крупный застройщик стремится снабдить свои комплексы бассейнами, садами, теннисными кортами, спа-центрами и детскими площадками. Некоторые из них имеют большую спортивную направленность, как, например, 80-этажный Orchid Heights A – с площадками для сквоша, баскетбола, джоггинга и большим гимнастическим центром. Другие специализируются на рекреации и культурном досуге, включая в комплексы театры, открытые амфитеатры и кафетерии. Третьи ставят во главу угла близость к природе. Во всех случаях применяются самые современные материалы, внедряются новые технологии, которые являются передовыми не только для национального, но и для международного рынка, поскольку их разработкой все чаще занимаются мировые лидеры в каждой отрасли строительства.

Возрождение обширной территории бывших хлопковых плантаций и фабрик к югу от центра Мумбаи было названо одним из приоритетных для развития города. В мировой практике нередки случаи регенерации подобных территорий, поэтому примеров для подражания у индийцев при создании комплекса Indiabulls Sky было довольно много. Однако такого масштабного развертывания высотного строительства, да еще с развитой инфраструктурой, все же мало кто ожидал. Тем интереснее посмотреть на промежуточные, но уже существенные результаты. Как и предполагалось, львиную долю новых высоток составили жилые или смешанные башни (апартаменты и отели), тогда как офисная составляющая была заметно меньше.

Первую полноценную офисную высотку нового образца спроектировали для Мумбаи специалисты известного чикагского бюро Adrian Smith + Gordon Gill Architecture. Изначально офисная башня класса A Elphinstone Mills имела только 40 этажей, но позднее их количество было поднято до 60. Помимо собственно офисных помещений, здание обладает обширным пешеходным подиумом, раскрытым на город, многоуровневым зеленым атриумом и системами минимизации воздействия излишнего солнечного излучения и тепла, что обеспечивает больший комфорт посетителям и, одновременно, энергоэффективность нового здания. Энергию для него также генерируют и ветровые турбины. Поскольку небоскреб изначально проектировался в соответствии с требованиями стандарта LEED Platinum, то и общий уровень используемых материалов и технологий оказался новаторским для всей новейшей индийской архитектуры. Эти же стандарты качества и особого отношения к окружающей среде использовались Адрианом Смитом при проектировании комплекса небоскребов Indiabulls Sky Forest, соответственно 80 и 60 этажей. Их строительство началось в 2007 году и, с небольшими задержками, продолжается до настоящего времени.

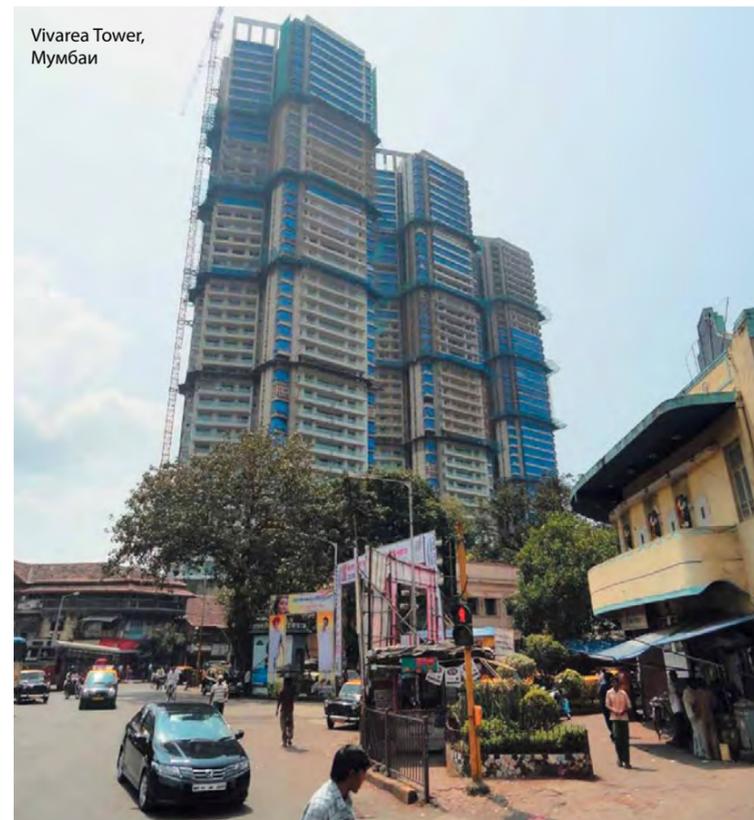
Башня Indiabulls Sky Suites (75 эт.) стала отражением нового тренда в мумбайской архитектуре – «органических», или природо-ориентированных, небоскребов, подражающих старинной индийской эстетике Vaastu Shastra. По сравнению с соседней Elphinstone Mills Tower, она более высока и монументальна, и не исключено, что по последней версии проекта превысит 300 м. Сегодня строительство большинства компонентов этого комплекса ведется в рабочем режиме, и скоро у нас есть шанс увидеть воплощение масштабного градостроительного замысла американского мастера на индийской земле.

Еще одна значительная офисная башня на бывших промышленных территориях – 85-этажная Raheja Platinum в Верхнем Ворли. Это здание призвано

Lokhandwala Minerva, Мумбаи (проект)



изменить традиционно скептическое отношение индийских «белых воротничков» к сооружениям из стекла и металла. Поскольку первые здания подобной стилистики в Индии 1970 годов были крайне мало приспособлены для особенностей местного климата, они быстро стали непопулярны. И многие годы индийские сотрудники банковского сектора, IT-компаний и прочие служащие старались найти работу в офисах, расположенных в небольших постройках с более приемлемым микроклиматом. Новый небоскреб (421 м) призван сломать устоявшиеся негативные стереотипы и продемонстрировать во всей полноте возможности экотехнологий в суперсовременном здании. Было даже издано несколько рекламных буклетов с указанием визуальных преимуществ наличия такого небоскреба в городской застройке. Поскольку работа над проектом продолжалась несколько лет, а окружающая действительность менялась разительно быстро, было принято решение увеличить первоначальную 40-этажную высоту вдвое – до 80 эксплуатируемых и нескольких технических этажей. Если



Vivarea Tower, Мумбаи



Biswa Banga Shikhar, Колката (проект)

Nathani Heights, Мумбаи (проект)



Совершенствуется законодательство, призванное урегулировать одновременно множество разнонаправленных интересов в рамках жизни единого городского социума. Многие высотные комплексы постепенно уходят от замкнутости своей внутренней структуры, приобретают более развитую инфраструктуру, раскрытую на город в целом. В результате, вокруг новых комплексов постепенно сглаживаются особенно острые социальные противоречия, что по-прежнему чрезвычайно актуально для индийского общества. Конечно, большинство новых небоскребов и высотных ансамблей предназначены для состоятельных горожан, но повсеместное внедрение новых стандартов, становящихся обыденной визуальной средой города, улучшает представление о требуемой норме для всех.

Примером подобного образцового высокотехнологичного проекта может служить 80-этажный небоскреб Nathani Heights в районе Далал Эстейт (Dalal Estate). Частичная регенерация участка, активное применение эко- и энергосберегающих тех-



Atmosphere, Колката (проект)

проект будет полностью реализован, то почетный титул самого высокого офисного небоскреба в стране может быть оспорен.

В том же статусе утвержденных к строительству, но пока не построенных, находятся еще несколько супергигантов: Iconic Tower (531 м, 101 эт.), Lodha World Palace Tower 1 и 2, (по 80 этажей каждая), и DLF Towers I, II, III (по 350 м, 92 эт.), комплекс Shreepati Estate (72 эт.) и Shreepati Garden Towers 1, 2, 3, 4 (по 64 этажа каждая). А более скромная 200-метровая башня Ahuja Towers (55 эт.), утвержденная в то же время, уже преодолела организационную неразбериху и перешла в разряд строящихся зданий, предположительно завершаемых уже в следующем, 2013, году.

Помимо чисто строительных и инженерных новаций, возведение параллельно разными застройщиками большого количества крупных высотных комплексов порождает новый уровень взаимоотношений между владельцем, девелопером и конечным потребителем. Отрабатываются оптимальные системы взаимодействия сразу большого количества жителей и городских властей.

нологий и сознательная ориентация на удобство конечного потребителя, использование собственного сайта для оперативной реакции на те или иные решения в процессе согласования и возведения объекта сделали этот проект показательной моделью для взаимодействия всех заинтересованных сторон. В результате, оригинальный и дорогой небоскреб избежал многих социальных и юридических конфликтов, которые часто сопровождают подобные амбициозные стройки во всем мире.

Калькутта, или по-новому Колката, столица провинции Бенгалия, тоже по мере сил обзаводится новыми высотными зданиями. Конечно, соперничать с Мумбаи по количеству новых высоток не может ни один город Индии, но это не мешает им постепенно прирастать интересными и запоминающимися высотными зданиями по мере своих сил и потребностей. Проект Biswa Banga Shikhar, или World Bengal Tower, к настоящему моменту считается самым высоким из утвержденных к строительству в этом городе. Новый небоскреб в Колкате – это изящный стеклянный 5-звездочный отель высотой в 42 этажа, спроектированный известной британской

компанией RMJM Architects для Unitech. Проект предусматривает двухчастный высотный объем на развитом подиуме обтекаемой формы, с гладким наружным остеклением и трехэтажным завершением, откуда открываются прекрасные виды на город и окрестности. Подиумная группа содержит офисные помещения, парковку, магазины и кафе, а также развитую спортивную зону с большим бассейном. В основном высотном объеме расположатся апартаменты и комфортабельные номера отеля, а также сады на разных уровнях.

Наиболее высокими объектами, реализованными на сегодняшний день в Колкате, считаются 150-метровые небоскребы South City Towers, построенные в 2008 году в комплексе Jodhpur Park. Это самые высокие здания в Восточной Индии. По мумбайским меркам такая высота – всего лишь средний уровень для высотных сооружений, но в этой части страны она весьма впечатляет. Еще несколько высотных зданий располагаются в Центральном деловом районе города (Central Business District), но все они не превосходят 100-метровый рубеж. В процессе реализации находится проект Urbana, который не только претендует на титул самого высокого жилого комплекса в городе, но и станет воплощением яркого художественного образа в новейшей индийской архитектуре.

Для проекта Urbana, в создании которого принимают активное участие сразу шесть девелоперских групп (Shrachi, Emami, Sureka, MKJ, JB и Nahata Groups), в качестве генпроектировщика был приглашен известный сингапурский архитектор Стивен Коатс (Stephen Coates), автор таких современных объектов, как Residential Tower Fortune и Fortune Plaza в Пекине, гонконгского небоскреба Princes Building и многих других, уже ставших заметными вехами новой архитектуры. В Колкате Коатс тоже уже проектировал: его авторские работы – комплексы Rosedale Garden, Greenwood Sonata и Sunrise Point. Бангкокская ландшафтная фирма Green Architects взялась за разработку новой ландшафтной инфраструктуры для проекта Urbana. А специалист по инженерным коммуникациям Predrag Eror из ОАЭ (Specialist Structural Engineer) спроектировал системы безопасного функционирования этого нового смелого замысла.

Новый комплекс состоит из 11 объектов: пяти равновеликих башен Urbana 2, 3, 4, 5, 6 по 167,7 метров и 45 этажей; двух 40-этажных Urbana 1 и 7, (по 149 м); парного жилого небоскреба Atmosphere с 36 этажами, но 152-метровой высотой; двухчастным разновысоким комплексом Westin Rajarhat I (142 м, 42 эт.) и 35-этажной Westin Rajarhat II (118 м), а также 40-этажной башни Unitech Air.

Про Atmosphere говорят, что это один из самых поэтичных и дорогих жилых небоскребов современной Индии, по силе воздействия сопоставимый с Тадж-Махалом. Насколько это соответствует действительности, трудно судить, однако 15 тысяч



Башни Urbana, Колката (проект)



кинетических дисков в конструкции небоскреба, действительно, должны создавать удивительно воздушное ощущение, зрительно «дематериализуя» масштабное сооружение. Строительство этого чуда новейших технологий начато в марте 2011 года и должно быть завершено в течение 30 месяцев. Спроектированный сингапурским бюро Arc Studio для западнобенгальского заказчика Forum Projects, новый комплекс Atmosphere, и в самом деле, походит на облако, с которым его часто сравнивают. Соединяющий здания «небесный» мост, причудливые бассейны, роскошный спа-комплекс, мини-театр, спорт-центр с площадками для разных видов спорта, открытый амфитеатр и многое другое делают его уникальным в своем роде. Кроме роскошных апартаментов и затейливой отделки, сама структура и постановка объекта свежи по решению и небанальны, что и вызывает такие восторженные отзывы. Что ж, посмотрим на результат: станет ли этот проект новым архитектурно-скульптурным символом развивающейся Индии или древняя культура страны по-прежнему недостижима для современных мастеров? ■

South City Towers, Колката

БАЛАНС

РАЗУМНОГО ПРОСТРАНСТВА И КИБЕРТЕКТУРЫ

Новая архитектура должна кардинально отличаться от всего того, что существовало прежде, считает глава индийского архитектурного бюро James Law Cybertecture International Джеймс Лоу (James Law).

Материалы предоставлены James Law Cybertecture International

Здание будущего, по его мнению, это нечто большее, нежели строение из стали, стекла и бетона. Лоу создает новую архитектуру, наделенную интеллектом, – кибертектуру, которая соединяет в себе интеллектуальные, мультимедийные системы, интерактивность, экологичность, футуристические архитектурные формы и новаторские инженерные решения. В слиянии этих дисциплин James Law Cybertecture International видит суть кибертектурного мира, основанного на символическом балансе между пространством и технологией. Такой подход позволяет добиться главной цели, которую ставят перед собой архитекторы, – создания разумного пространства на основе технологических инноваций, способствующего повышению качества жизни населения.

Одной из первых работ в стиле Cybertecture стал проект башен смешанного назначения DNA Towers для острова Рим в Абу-Даби. Спроектированные



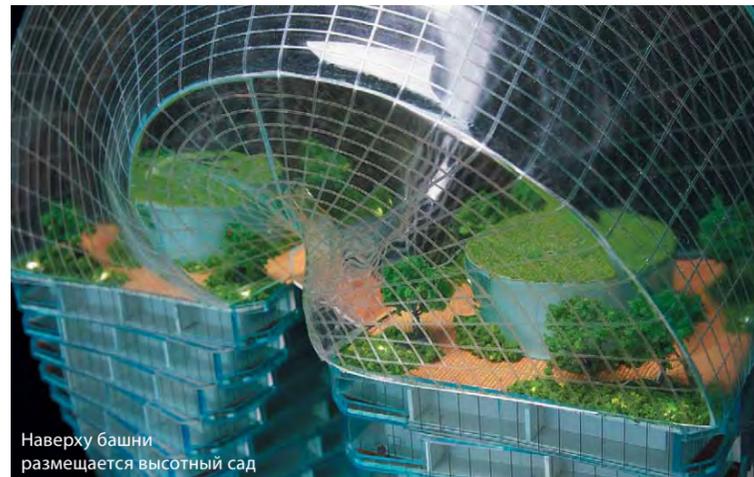
Самый большой в мире плавательный бассейн

как знаковый символ будущих возможностей столицы ОАЭ, парные башни включают в себя офисы, жилые и торговые помещения, откуда будут открываться великолепные виды на океан. Уникальной чертой башен является их форма: они перевираются, словно спирали ДНК человека, символизируя будущее развитие города. Вверху башни соединены петлеобразной конструкцией из стекла и стали, в которой размещается высотный сад с вращающимися ресторанами и фонтанами. У основания башен расположатся самый большой в мире плавательный бассейн, а также клуб для жильцов, в распоряжении которых будут спортивный зал, библиотека, комната для отдыха, медицинские центры и игровые зоны для детей. В спроектированных квартирах DNA Towers количество спален варьируется от 1 до 3. Все квартиры с 2 и 3 спальнями имеют просторные балконы.

Представляя собой символический шаблон генетической структуры человека, это высотное здание отображает сложную переплетающуюся структуру дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), которая необходима для всех форм органической жизни.



Башни по форме напоминают спираль ДНК



Наверху башни размещается высотный сад



DNA Towers, Абу-Даби



Wadala Tower, Мумбаи



Километровая Wadala Tower разрабатывалась на тот момент как самая высокая башня смешанного назначения в мире. Ультрафантастический небоскреб XXI века в стиле Cyberecture авторы планируют расположить в самом сердце Индии, в Мумбаи. Назначение башни – обслуживание различных групп клиентов в торговых моллах, отеле и офисах, а также жилых апартаментах, откуда на все 360° открываются захватывающие виды. Авангардный дизайн нацелен не только на то, чтобы башня стала лучшей в Индии, но и чтобы сделать ее достопримечательностью и лучшим зданием в мире.

Архитектурная форма небоскреба навеяна образом змей. Башня имеет динамичную закручивающуюся форму, так как каждая плита межэтажных перекрытий слегка повернута – на 5°. Это создает эффект непрерывного закручивания здания, придавая небоскребу динамичность и плавность. При этом поворачивающиеся плиты перекрытий создают большие и удобные ступенчатые террасы – отличное место для общения людей и возможности любоваться прекрасными пейзажами.

Хотя это проект одного из самых высоких небоскребов мира, он разработан так, чтобы здание выглядело стройным и элегантным. Несмотря на многофункциональное назначение, башня может рассматриваться как единое целое, поскольку также закручивающийся торговый молл в основании постройки плавно, в едином ритме соединяется с вышерасположенными объемами.

На создание динамичной композиции фасадной системы из диагонально-сетчатых элементов авторов вдохновили разные текстуры кожи змей. Различные размеры и плотность диагонально-сет-

чатых конструкций создают великолепный визуальный эффект многослойности. Вся каркасная конструкция похожа на змеиный скелет. Такое конструктивное решение позволяет организовать свободную планировку внутренних пространств и сделать офисные помещения полностью без колонн.

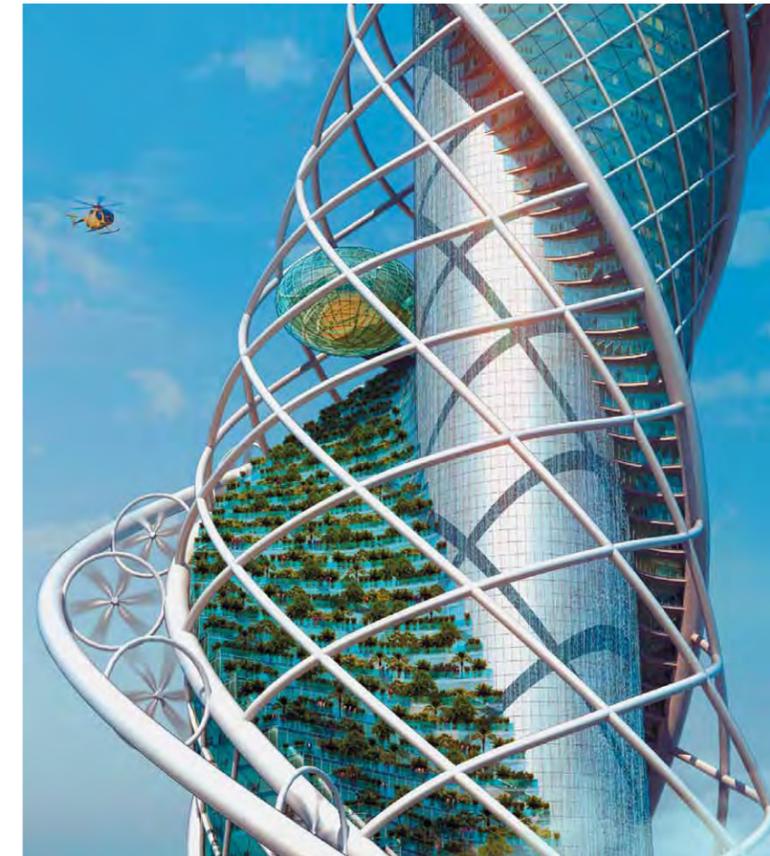
Wadala Tower планируется как одна из самых экологически чистых башен. С помощью оранжерей, ветровых турбин и искусственного водопада в башне создается комфортная среда обитания для жильцов квартир, посетителей отеля и офисных работников. На закручивающихся террасах – вертикальный городской сад; огромное количество растительности может снизить выброс углерода. Наружные ветровые турбины установлены на каждом пятом этаже, что способствует выработке возобновляемой энергии, которая может использоваться в качестве запасной. Большой водопад в центре башни – не только для эстетических целей, он также помогает регулировать микроклимат в здании.

Особо спроектированная зона яйцевидной формы находится в верхней части башни, позволяя использовать пространство для организации клуба, ресторана, конференц-холла и т. п. Это – символ самоидентификации для жителей, работников офисов и посетителей ультрафантастической башни. В темноте «яйцо» будет светиться подобно драгоценному камню, и это станет еще одним запоминающимся элементом здания.



Башня имеет динамичную закручивающуюся форму

Вертикальный городской сад расположится на террасах





Формы Indra Tower плавные и обтекаемые

Башня Indra Tower, Мумбаи, имеет плавную форму с обтекаемыми линиями, подобную падающей капле. Вода драгоценна, на Земле она крайне важна для выживания всех форм жизни. Свойственное только ей качество позволяет создавать красоту в природе в различных ее проявлениях. Концепция здания Indra Tower навеяна образом свободно падающей капли воды. Внешний вид здания формируется балконами, утопленными на разную глубину на каждом этаже. Это придает разнообразие каждой квартире, и все этажи имеют свои особенности.

Форма здания и его ориентация в пространстве выбирались исходя из особенностей окрестного пейзажа. Фасад смотрит на северо-запад, где открываются бескрайние виды на море, которыми смогут наслаждаться жильцы каждой квартиры. А из комнат, выходящих на другие стороны башни, виден город, поэтому жильцы смогут любоваться как морскими пейзажами, так и городскими. Благодаря большой высоте ничто не препятствует хорошим видам из апартаментов. На крыше небоскреба разместится клубное помещение. Воздуховоды естественной вентиляции являются важной особенностью данного проекта, так как позволяют каждую квартиру снабдить достаточным количеством свежего воздуха.

Внутри башни расцветут высотные сады



Главная отличительная особенность конструктивной схемы Indra Tower – сочетание в проекте различных конструктивных систем. Структура строящейся башни основана на системе несущих стен с дополнительными опорами в виде колонн. Конструкция подиумной части, с парковкой для машин, представляет собой стоечно-ригельную систему, обеспечивающую эксплуатационную гибкость парковочного пространства. Конструктивное построение башни способствует не только большей свободе планировки функциональных помещений и



трансформируемости жилых блоков, но и образует довольно динамичный силуэт и необычный внешний вид здания. А благодаря 300-метровой высоте Indra Tower станет знаковым зданием для данной местности и жилым сооружением мирового уровня.

Еще один проект в стиле кибертектуры – O-Tower для Jumeirah Village, Дубай, – стройная башня с полукруглыми плитами межэтажных перекрытий 24-метрового диаметра. Такая конструкция хорошо сопротивляется горизонтальным нагрузкам, а стройная округлая форма коренным образом ломает представления о технических возможностях конструктивной системы небоскреба. Для обеспечения прочности здания и гибкой планировки помещений используется нетипичная стальная диагонально-сетчатая конструкция, одевающая фасад тканым узором и позволяющая обходиться без колонн. Тогда как в конструкциях традиционных жилых домов в этих целях используются несущие стены. Структура ядра проектируется с расчетом максимального уменьшения его толщины, поскольку это способствует улучшению эксплуатационных характеристик здания. За счет использования диагонально-сетчатых конструкций появляется возможность создать удобную

пространственную организацию внутренних помещений, при которой жители получают квартиры свободной планировки.

Диагонально-сетчатый каркас вынесен за пределы стен здания, что позволяет установить по всей высоте башни современную систему сплошного остекления, экономически более выгодную по сравнению с методом, при котором стеклопакеты вставляются в диагонально-сетчатую конструкцию.

На диагонально-сетчатых элементах фасада монтируется светодиодное освещение, которое служит не только для декорирования здания, но и для символического отображения полезной информации в темное время суток, например, прогноза погоды и т. д. С южной и западной сторон здания на фасадах установлены автоматические жалюзи и фотогальванические панели. Первые значительно сокращают нагрев помещений, вторые служат дополнительным источником энергии. На крыше



Диагонально-сетчатая конструкция фасадных систем



предполагается смонтировать еще и ветровую турбину. Что касается здания парковки, то его фасад оборудован озелененными панелями. Они защищают помещения от потока солнечных лучей и создают вертикальный ландшафт в пешеходной зоне. Освещенный фасад укрепляет взаимосвязь между зданием и городом, делая O-Tower ярким ориентиром Jumeirah Village. Башня не только оснащена системой освещения, но еще и чутко реагирует на потребности окружающей среды.

O-Tower, будучи выразительным примером перспективного союза технологий и идей устойчивого развития, стремится стать сооружением будущего поколения зданий в мире. ■

O-Tower – выразительный пример перспективного союза технологий и идей устойчивого развития

«ТАНЦУЮЩИЕ ДРАКОНЫ» СЕУЛА

Корейский девелопер DreamHub начал в Сеуле застройку нового делового района Yongsan International Business District (YIBD). План поражает своей амбициозностью. Помимо огромных площадей (участок района составит 56,5 га, общая площадь комплекса – 3 млн кв. м) и финансовых вложений (бюджет \$29,7 млрд), речь идет о порой очень смелых с инженерной точки зрения проектах небоскребов, созданных 18 международными компаниями мировой величины. Они приглашались участвовать в этом проекте с учетом их квалификации.

Материалы предоставлены Adrian Smith + Gordon Gill Architecture

Парные башни Dancing Dragons («Танцующие драконы») для YIBD спроектированы компанией Adrian Smith + Gordon Gill Architecture. Здания, которые включают жилой,

офисный и торговый секторы, собраны из тонких, с острыми углами мини-башен, расположенных вокруг центральных ядер. Очень современная эстетика дизайна дополнена аспектами традиционной корейской культуры.

Мини-башни имеют группы эффектных диагональных вырезов, которые преобразуют боковые части массива зданий в блоки, парящие за пределами основной конструкции и предназначенные для размещения жилых помещений. Они напоминают свешивающиеся карнизы традиционных корейских храмов – эта тема отражена как в геометрии фасадов зданий, так и в выступающих навесах в основании башен. Отделка фасадов похожа на чешую мифических драконов, которые, кажется, танцуют (извиваются) вокруг ядра – отсюда и название проекта. Кроме того, Yongsan, название всего района, в переводе с корейского означает «Холм дракона».

Чешуйчатая облицовка фасадов зданий имеет также функциональное назначение: в зазорах неплотно прилегающих друг к другу навесных панелей будут проведены 600-миллиметровые

вентиляционные трубы, через которые может циркулировать воздух, делая фасад воздухопроницаемым, наподобие кожи некоторых животных.

Небоскребы, высотой приблизительно 450 и 390 метров, выдержаны в одном архитектурном стиле, они очень похожи, но не идентичны. В первом, более высоком, 88-этажном здании, вырезы вверху и внизу мини-башен имеют V-образную форму. Во втором, 77-этажном, они расположены в виде одной непрерывной линии, идущей по диагонали вокруг здания, что хорошо видно, если обойти башню.

«Между двумя зданиями существует симпатическая и взаимодополняющая связь, а расположение и повторяющаяся конфигурация вырезов, действительно, оставляют впечатление танца, – говорит Адриан Смит (Adrian Smith). – Для наших проектов всегда важно отражать и интерпретировать культурную среду, в которой они находятся, и комплекс Dancing Dragons, конечно, делает это, хотя и в очень абстрактной, технологичной форме. Мы пытаемся проектировать таким образом, чтобы дизайн был бы одновременно красивым и функциональным».

На уровне вырезов обе башни имеют гладкую стеклянную облицовку в верхней и нижней частях конструкции. Такая облицовка создает эффектную игру света и позволяет пропускать его на нижние этажи, так как располагающиеся здесь квартиры имеют стеклянный потолок или пол, в зависимости от того, в какой части башенки находится жилье. Это дает возможность создания оригинальных двухэтажных пентхаусов, откуда открывается 360-градусный обзор на центр Сеула и соседнюю реку Ханган, что дополняется обилием света в этих помещениях.





Навесы в основании башен напоминают карнизы корейских храмов



Отделка фасадов похожа на чешую мифических драконов

Обе башни спроектированы как officetel (офисно-жилые блоки), в основе которых – небольшие квартиры. Их можно использовать и как офисные помещения, и как место отдыха (жилье/работа). В каждом здании не менее 4-х этажей будет отведено под рестораны, клубы и фитнес-центр, что сделает жизнь обитателей более удобной и комфортной.

Мини-башни представляют собой скопление секций, которые выступают за основные объемы зданий. Эта идея возникла из желания создать офисно-жилой блок, из окон которого не только бы открывались захватывающие виды на город, но и весь его облик был впечатляюще индивидуален. У выносных блоков главной башни лучшие освещенность, обзор и возможность пропускать свет на нижние блоки. В этом проекте авторы захотели



предложить новый опыт, не встречающийся еще в других небоскребах.

«Кожа дракона» на стеклянных фасадах придает зданиям своеобразие. Облицовка выполнена из высокоэффективного тройного стеклопакета, чтобы обеспечить хороший обзор и теплоизоляцию. Части фасадов расположены под углом приблизительно 9 градусов и выступают на расстояние 1 метра, с тем чтобы воздух мог проходить между ними. Выступы блоков предохраняют вентиляционную систему от сильного ветра, дождя и снега, что дает возможность жителям чаще открывать окна. При использовании максимальных преимуществ вентилируемого фасада можно сэкономить около 10% энергии здания – таким образом, старая концепция открывающегося окна применяется по-новому. Навесной фасад здания – это повторяющаяся блочная система, собранная из множества элементов, крепящихся на несущие конструкции. Для двух башен будет использовано не менее 30 уникальных вертикальных панелей.

«Абстрактное воспроизведение стилистики древней архитектуры придает башням уникальный силуэт от основания до верхних этажей, – говорит Гордон Джил (Gordon Gill). – Напоминающая кровельный шифер, текстура фасадов образуется из встроенных многостворчатых окон и экранирующих консолей. Для нас это большая честь – работать с международными архитектурными компаниями, проектирующими здания для этого замечательного генерального плана, разработанного фирмой Studio Daniel Libeskind».



Вокруг центральных ядер расположены мини-башни



Конструктивная схема Dancing Dragons, разработанная компанией AS+GG в сотрудничестве с международной фирмой проектирования зданий и сооружений Werner Sobek, состоит из восьми мегаколонн, которые пересекают по вертикали ядра обоих зданий. Мини-башни подвешиваются к ядру при помощи системы крестообразных ферм, расположенных на технических этажах здания, уравнивая и стабилизируя строение. Крестообразная структура позволяет получить максимально выгодное соотношение высоты и ширины в самой широкой части конструкции. Выступающие за пределы фасада мегаколонны важны как с архитектурной, так и с функциональной точек зрения.

Компоновка объемов, включая поиск баланса между различными элементами комплекса башен, осуществляется благодаря оптимальным строительным рабочим характеристикам, что может быть достигнуто за счет тесной взаимосвязи между архитектурой и структурой конструкции. Другая оригинальная особенность проекта – дизайн вентилируемых фасадов; грамотная установка и модульный принцип стали ключевыми моментами в создании этой части зданий, обеспечив удобство их строительства и высокую рентабельность.

Партнер AS+GG (Adrian Smith + Gordon Gill) Роберт Форест (Robert Forest) замечает, что Dancing Dragons – это второй большой проект AS+GG в центре Сеула. Другой проект – главный офис Федерации промышленности Кореи, инновационное и очень экологичное административное здание, которое находится в стадии строительства и должно быть закончено в следующем году. «Мы очень рады возможности внести свой вклад в устойчивое развитие Сеула, одного из величайших городов мира, и таким образом удовлетворить потребность города в высокоэкологичной застройке высокой плотности, а также отдать дань уважения корейским традициям, – говорит Форест. – YIBD обещает стать одним из самых динамичных и развитых районов Сеула, который будет образцом высококачественной, экологически



Ландшафтный дизайн включает наклонные откосы, которые перекликаются с формой фасадов зданий

чистой архитектуры в условиях застройки высокой плотности, и мы горды, что являемся участниками этого проекта».

Коллектив дизайнеров также включает чикагскую техническую и энергетическую консалтинговую фирму PositivEnergy Practice, которая разрабатывает ряд инновационных систем. Экологическая составляющая проекта включает тройные стеклопакеты, которые минимизируют теплопотери, а также системы самозатенения наружных стен и естественной вентиляции, осуществляемой за счет управляемых оконных модулей. Другие системы включают фотогальванические панели на крыше, когенерационные установки топливных элементов на цокольном этаже, световые контроллеры, электроохладители с центробежным компрессором.

Площадь башен Dancing Dragons составляет 23 000 кв. м. Они являются частью генерального плана застройки Yongsan, в котором нарочито подчеркнута угловатая конфигурация зданий и их фасадов. Общий подиум башен выполнен также в кристаллической скульптурной форме, а заглубленный сад обеспечивает комфортный проход к большому торговому комплексу. Ландшафтный дизайн, разработанный в сотрудничестве с компанией Martha Schwartz Partners, включает наклонные откосы, которые перекликаются с формой фасадов зданий.

Генеральный план развития района YIBD, разработанный Studio Daniel Libeskind, является частью проекта устройства столичной зеленой сети Сеула, которая предполагает создание рекреационной зоны на набережной реки Ханган и большого городского парка, по размеру почти соответствующего площади Центрального парка Нью-Йорка.

Район, отданный под реализацию проекта, находится в Сеуле около станции Yongsan – важной



железнодорожной развязки с прямым доступом к аэропорту. Комплекс займет престижный участок земли в центре города, между тремя уже существующими деловыми районами, с видом на окружающие горы и реку. Из Токио и Гонконга до района YIBD можно добраться меньше чем за 3,5 часа, что говорит о том, что его расположение очень выгодно. Строительство этого квартала поможет удовлетворить потребности растущего населения города, где есть большой спрос на высококачественное жилье, объекты коммерческой недвижимости, торговли и городские зеленые зоны.

В группу инвесторов YIBD входят Korail (Корейские железные дороги), строительные компании, правительственные и финансовые учреждения. Проект имеет многофункциональное назначение: офисы, отели, жилые здания, объекты торговли и озелененная территория.

График проектных работ предусматривает получение разрешительной документации и начало строительных работ в 2013-м, а завершение – к 2016 году. ■

В башнях будет комфортно жить, работать и отдыхать

ВОРОТА ЙОНСАНА

Еще один проект под названием Cross # Towers для Yongsan International Business District (YIBD) разработан датским архитектурным бюро BIG. Это жилой небоскреб необычной формы, который планируется построить в Йонсане (Yongsan). Поскольку в данном месте не разрешается возводить сверхвысокие здания, архитекторы нашли другой путь увеличения площади помещений. Они предложили скрепить две башни двумя дополнительными горизонтальными блоками, в результате чего структура по форме стала напоминать символ «решетка».

Материалы предоставлены архитектурным бюро BIG





По форме здание напоминает символ «решетка»

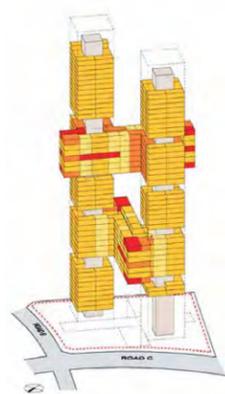
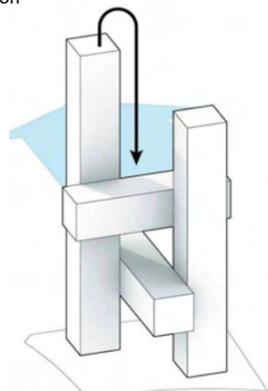


Схема размещения жилых зон



Вид на юго-восток

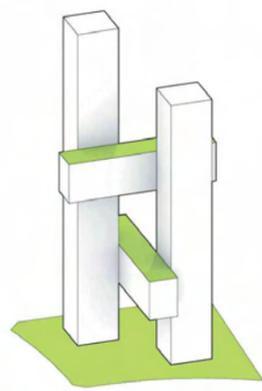


Схема размещения садов

Расположенные на юго-восточной оконечности района YIBD, генеральный план которого был разработан Studio Daniel Liebeskind для корейской девелоперской компании DreamHub, башни Cross # Towers станут узнаваемым ориентиром на горизонте современного Сеула и одной из визитных карточек нового культурного и коммерческого центра города.

Проект компании BIG включает в себя две элегантные башни высотой – 204 и 214 метров. Исходя из конфигурации участка застройки, объем постройки, несколько превышающий выделенную площадь, был перенесен вверх, трансформировавшись в 2 горизонтальные перекладки, связывающие башни между собой на высоте 70 и 140 метров. Дополнительно их будут объединять общая подъездная площадка входной группы, а также заглубленный дворик.

«Cross # Towers представляют собой трехмерную модель городского жилья, созданную из взаимосвязанных горизонтальных и вертикальных башен.

Три мощных моста соединяют между собой две стройные башни на разных уровнях – под землей и в небе. Идя навстречу потребностям различных возрастных, социальных и культурных групп потенциальных обитателей здания, два верхних подвесных моста будут оформлены ландшафтным дизайном и оборудованы для проведения различных мероприятий и форм активного досуга, для которых нет достаточного места на участке. Полученный объем образует на горизонте Сеула отчетливую фигуру в виде решетки – #, давшую название проекту. Cross # Towers станут символическими воротами в новый деловой район Yongsan. Связь башен сигнализирует о радикальном пересмотре прежнего непродуманного подхода к возведению жилых зданий, изолированных друг от друга, и о создании сообщества соседей, населяющих трехмерное городское пространство», – говорит основатель компании BIG Бьярке Ингельс (Bjarke Ingels).

«Типичные высотные здания плохи тем, что они изначально изолируют людей друг от друга и от общества в целом. Перемещения в пространстве проходят только по линейному принципу, а социальное взаимодействие ограничивается поездками в лифте и встречами в вестибюле. Мы же предлагаем здание, в котором количество первых этажей, где обычно и происходит это социальное взаимодействие, увеличивается втрое, подчеркивая идею общности и добрососедства и максимально способствуя ее претворению в жизнь», – говорит Томас Кристоферсен (Thomas Christoffersen), ответственный партнер компании BIG.

Небольшой размер участка поставил перед архитекторами уникальную задачу: спроектировать здание, которое бы гармонично вписалось в контекст общего генерального плана застройки. Перед авторами стояло не совсем обычное по нашим временам задание – в то время, как большинство подобных зданий строится

для размещения жилья класса люкс, им нужно было спроектировать строение с квартирами эконом-класса. Практически это, как правило, означает жесткое ограничение по полезной площади и уменьшение общего размера жилых помещений.

Так как Cross # Towers изначально предназначались для определенного сегмента и, соответственно, проектировались с учетом создания небольших квартир, то большинство из них (73%) имеют площадь 84 кв. м. Создатели проекта гарантируют, что из окон всех жилых апартаментов будет открываться красивые виды на город, при этом предусмотрены практически равные оптимальные условия инсоляции помещений. В комплексе разместятся более 600 высококачественных квартир, а также библиотека, галерея и детский сад.

Жилье, отличное от типовой конфигурации, размещается внутри двух горизонтальных блоков, соединяющих башни между собой, которые становятся равноправными элементами здания. Эти квартиры более удобны благодаря их близости к сервисным службам и устроенным на высоте садам, а также открывающимся из их окон превосходным видам. Удачное решение – горизонтальные модули оборудованы смотровыми площадками, через которые можно выйти на озелененные крыши, что делает подвешенный природный оазис доступнее.

Башни сконструированы таким образом, чтобы обеспечить оптимальную естественную вентиляцию. Большинство жилых блоков размером 84 кв. м расположены в угловых частях зданий, что способствует проникновению внутрь максимального количества дневного света. Жилые блоки ориентированы согласно принципам рационального и эффективного распределения пространств, что обеспечивает жильцам сравнительно небольших помещений ощущение простора.

Распространенный в Южной Корее относительно

новый тип квартир officetel, сочетающий в себе комбинацию жилого и рабочего помещения, размещен в Западной башне, на месте ее пересечения с зоной розничной торговли. Несмотря на отдельный вход, они также имеют непосредственный доступ к расположенным на крыше общественным зонам.

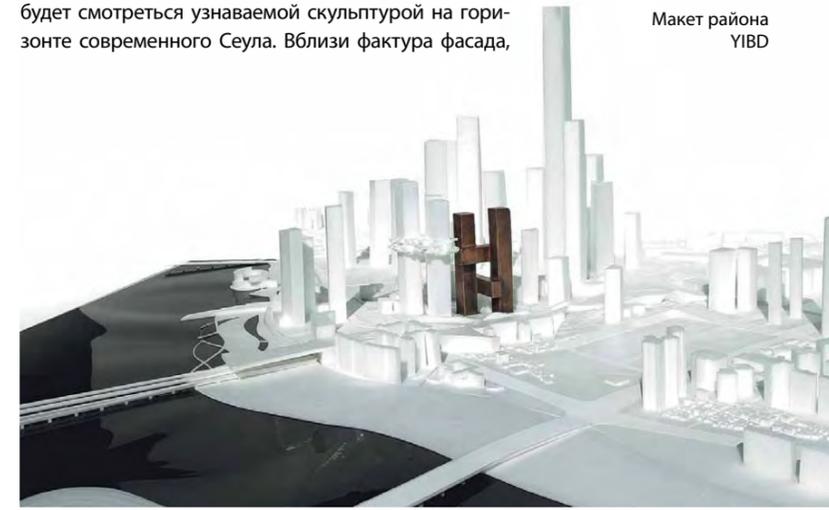
Экстерьер зданий разработан с учетом их пространственной ориентации и, соответственно, солнечного освещения, за счет чего создается ощущение разнотипного оформления фасадов, визуальное восприятие которых изменяется в зависимости от освещения и угла обзора.

Ограждающие конструкции представляют собой очень важный элемент здания как с эстетической, так и с технической точки зрения. Комбинация определенных доминирующих элементов делает характер фасада неповторимым, что в итоге и создает знаковый облик проекта.

Для построек подобного масштаба дизайн фасада очень существен: с большого расстояния комплекс будет смотреться узнаваемой скульптурой на горизонте современного Сеула. Вблизи фактура фасада,

Горизонтальные модули с общественными зонами на крышах

Макет района YIBD





Подвесные мосты будут оформлены ландшафтным дизайном

конечно же, проявится яснее, открываясь жителям башен и соседних зданий во всех деталях. Поэтому важно, чтобы эта отделка смотрелась эффектно независимо от угла обзора. Строение должно выглядеть привлекательно как с близкого, так и дальнего расстояния, провоцируя легкую игру воображения. Наконец, важно, чтобы это был высокотехнологичный и экологически устойчивый фасадный материал.

В данном случае сооружение не имеет главного фасада – то есть, строение взаимодействует с окружающей средой со всех сторон, а потому все его стороны одинаково важны. Они не похожи друг на друга и были разработаны с учетом их пространственной ориентации и направления естественного освещения. Подобный индивидуальный подход позволяет фасадам каждый раз выглядеть по-разному, в зависимости от погодных условий, освещения и угла обзора.

Проект Cross # Towers разработан в соответствии с существующими на сегодняшний день корейскими и международными нормативными требованиями к

качеству жилой застройки. Тонкие башни из бетона прочно связаны между собой жесткими горизонтальными прямоугольными модулями высотой в семь этажей (bar). Плиты перекрытий выполнены из монолитного бетона, при их создании учитывались не только конструктивные, но и акустические требования.

Устойчивость в поперечном направлении является ключевым аспектом концепции создания этих башен. Поперечная устойчивость обеспечивается эффективным соотношением их высоты и ширины, равным 8,8. Центральные ядра башен выполнены из железобетона и связаны дисками перекрытий с жесткими периметральными каркасами в виде часто расположенных колонн и балок. При этом колонны органично вписываются в текущую концепцию объемно-планировочного решения.

В основе горизонтальных мостов, связывающих две башни, – стальной пространственный каркас. Применение стальных конструкций позволяет уменьшить собственный вес этих связующих элементов. Структурная стержневая семиэтажная кон-

Здесь можно проводить различные мероприятия и активно отдыхать



струкция образует блок, который имеет достаточную крутильную и изгибную жесткость, что придает зданию дополнительную устойчивость. Макет Cross # Towers также прошел испытание в аэродинамической трубе.

Для основы сооружения, в соответствии с предварительными геотехническими исследованиями, был выбран сплошной плитно-свайный фундамент, наиболее подходящий для этого здания, исходя из его расположения на твердой горной породе.

Многомерность масштаба этой постройке придает скопление горизонтальных и вертикальных элементов: массив здания, более чем 220-метровой высоты, каждые 10 – 12 этажей прерывается горизонтальными блоками с расположенными на них высотными садами и общественными пространствами. Таким образом, создается иллюзия, что каждый житель может достичь уровня «земли», пройдя всего несколько лестничных пролетов.

Зоны, расположенные непосредственно под горизонтальными модулями башни, имеют естественное затенение в определенные часы дня, что создает достаточно комфортный микроклимат. Они изначально отводятся под размещение инженерных коммуникаций, механических, электрических систем и обслуживающего зеленого оборудования, а также предназначаются для экстренной эвакуации. Дополнительно аналогичные системы будут располагаться на крышах башен.

Помещения, отведенные для экстренной эвакуации, расположены на 29 этаже, чуть ниже верхнего горизонтального модуля. Эвакуационные лифты спускаются непосредственно в нижний вестибюль, откуда жильцы могут сразу покинуть здание. В случае пожара лифты, выделенные под перемещение пожарных, будут останавливаться на каждом этаже. Часть зон безопасности разместят на крышах.

На крышах обоих высотных мостов разбиты сады и подобие мини-парковых зон, где жители могут провести активный досуг; в то же время уютный внутренний дворик башен является неотъемлемой частью общего архитектурного дизайна.

Прекрасный обзор на окрестные дома и общественные центры делает высотные зоны отдыха особо привлекательными как для жителей квартир, так и для гостей. Пешеходы, попадающие на территорию входной группы башен, могут любоваться оригинальным видом высотных мостов, а также декором нижнего заглубленного дворика.

С появлением высотных садов проведение активного досуга на открытом воздухе станет более доступным. Связь башен друг с другом посредством горизонтальных модулей, а также прямое сообщение этажей с рекреационными зонами должно способствовать дальнейшей социальной активизации этих пространств.

Изначально возникший вследствие требований норм пожарной безопасности, утопленный ниже основания комплекса дворик стал неотъемлемой частью общего дизайнерского проекта. Его можно



рассматривать как архитектурный элемент, стилистически перекликающийся с расположенными на высоте горизонтальными модулями. Он пересекается нижним вестибюлем, где собираются перед сеансом посетители здешнего кинотеатра. Выше, на уровне первого этажа, находятся подъездные пути к входным группам каждой из башен.

Этот дворик также выступает в качестве ориентира для посетителей магазинов и нескольких кинозалов: открывающиеся отсюда и с лестниц зоны розничной торговли эффектные виды башен подчеркивают их визуальную связь, делая эту квадратную площадку особо привлекательным местом для встреч или прогулок.

Открытый ландшафтный пейзаж высотных зеленых зон полон очарования местного колорита, сочетая в себе черты традиционных корейских дворики и современных элементов этого необычного проекта. Он еще раз демонстрирует зрителям, насколько тесно связаны прошлое Сеула и его нынешний день. ■

Внутренний дворик хорошо подходит для встреч и прогулок

«ИДЕНТИЧНОСТИ» МОСКОВСКОЙ БИЕННАЛЕ

В Москве в 17-й раз прошла выставка «АРХ-Москва». Уже в третий раз она стала частью более широкого архитектурного события столицы – Московской международной биеннале архитектуры. И результат оказался весьма достойным.

Текст МАРИАННА МАЕВСКАЯ



Коридор из ребристых рам-оболочек.
Диплом 2-й степени в разделе
«Экстерьерные и интерьерные решения»

Основной темой «АРХ-Москвы», предложенной куратором Бартом Голдхорном (Нидерланды), стала идея идентичности, свое видение которой показали 316 архитектурных бюро из 17 стран мира. На форуме затрагивались вопросы градостроительства, экологии, развития региональных инфраструктур на основе инновационных технологий и проблемы охраны памятников. Важной задачей «АРХ-Москвы-2012» стала возможность показать способы и результаты успешного сотрудничества творческой и деловой составляющей архитектурного процесса в российской практике и в мире. К традиционным разделам выставки: «Архитектура», «Дизайн интерьеров», «Детали» и «Свет»

организаторы добавили соревнование в области каменной отделки фасадов и интерьеров.

На выставке были четко разграничены сферы интересов всех участников и ясно расставлены приоритеты показываемых экспозиций. Уже на входе гостей встречала концептуальная архитектурная экспозиция с образцами деревянных построек, выдвинутых на Общероссийскую премию за лучшее сооружение из дерева (организатор – компания ARCHWOOD, куратор Николай Малинин), и экспозиция «В_МЕСТЕ», придуманная кураторами Иваном Овчинниковым и Андреем Асадовым.

На первом этаже разместились подборка изысканных фотографий «Неизвестная ВДНХ» и экспозиции, посвященные Армении и архитектуре

Милана. Отдельный зал знакомил посетителей с развитием конкурсов для проекта Сколково и работами известного архитектора Готфрида Бёма (Германия). Но главным фокусом первого этажа стала череда планшетов ведущих мастеров отечественной архитектуры с авторской оценкой и репрезентацией своего творчества. 15 мастерских показали наиболее близкие им параллели между архитектурой XX века и творческими достижениями ныне живущих зарубежных коллег. Несколько «ученическая» форма оформления стенда, остро напоминая традиционные курсовые проекты студентов МАрхИ, сразу оправдывала выбранную стилистику подачи, если пытливые посетители внимательно читали немногословные пояснения кураторов. Ассоциативный ряд каждого из российских участников становился более понятен и интересен даже для неподготовленного зрителя.

Антресольный этаж притягивал зрителей репрезентативной подборкой материалов о наиболее выдающихся архитектурных сооружениях Москвы за последние 20 лет, представленной Союзом архитекторов России и Союзом архитекторов Москвы. Здесь также демонстрировались работы молодых столичных архитекторов – лауреатов премии «Перспектива-2012».

Второй этаж ЦДХ был почти целиком отдан производителям предметов дизайна и профильного оборудования. Здесь встречались весьма яркие по художественному оформлению стенды и даже концептуальные решения. Основные конкуренты эффектно демонстрировали достоинства интерьерных световых решений, так что посетителям было на что посмотреть. Победителем в разделе «Свет в архитектуре» стала компания Quantum со своей минималистской черно-белой композицией Delta Light.

Куратор архитектурной тематики Максим Атаянц на третьем этаже собрал и представил масштабную экспозицию «Историзм» с работами 11 ведущих отечественных и зарубежных архитекторов – о месте и роли классики в современной архитектуре, которая была выполнена профессионально и интересно. Последовательное возрождение и развитие этой традиции в последние годы представляли исключительно авторитетные архитекторы из России, Португалии, США и Италии: Михаил Филиппов, Михаил Белов, Илья Уткин, Михаил Тумаркин, Хосе Корнелио да Сильва, Томас Гордон Смит, Этторе Марио Маццола и др. Роли классической эстетики в новейшем архитектурном процессе был посвящен специальный круглый стол, прошедший в рамках Московской биеннале.

После знакомства с общественными зданиями, культовыми сооружениями и жилыми поселками в классической ордерной стилистике, зритель попадал в зал, посвященный юбилею самой креативной архитектурной студии России – «Эдас» Владислава Кирпичева, из стен которой вышли многие успешные архитекторы-практики наших дней.

Следующим акцентом архитектурной части всей экспозиции был зал, посвященный актуальным работам иностранных мастеров. И выбранные объекты, и способ представления оказывали на зрителя очень сильное впечатление, что и было заслуженно оценено жюри. В итоге экспозиция «Сложность/Сложенность» мастерской TOTEMENT/PAPER (Россия, кураторы Левон Айрапетов и Валерия Преображенская) стала «Лучшей архитектурной экспозицией» фестиваля «АРХ-Москва-2012».

Еще одним значительным и небанальным проектом стала мини-выставка, посвященная проблемам реконструкции Зарядья. Эта экспозиция под общим названием «Москва – город для людей» демонстрировала и градостроительные планы реконструкции этой территории, и отдельные проекты разных авторов, и решения аналогичных задач из зарубежного опыта. Параллельно члены общества «Друзья Зарядья» проводили беседы с ведущими архитекторами, сталкивавшимися с подобными проблемами в других странах, и организовали круглый стол по совместному обсуждению специфики московской ситуации. Устоявшаяся для «АРХ-Москвы» форма лекций иностранных специалистов в этом году была представлена несколькими архитекторами из разных стран Европы и Азии. Помимо специализированных обсу-

дений проблем использования новейших технологий и оборудования, иностранные гости делились и собственным опытом. Журнал AD в этом году пригласил Кенго Куму, чья лекция о специфике новейшего архитектурно-строительного опыта прошла при большом стечении заинтересованной публики. Отдельным акцентом в знакомстве с иностранным опытом стало пристальное внимание к работе представителей швейцарской школы. Устроители выставки десяти архитекторов из этой страны постарались полнее раскрыть их своеобразную традицию для российской публики. А свое региональное «северное» видение образов достаточно практичного будущего показали кураторы экспозиции «Nordic ID» (Финляндия).

Новшеством в экспозициях форума стало присутствие украинских и, особенно, грузинских проектов. Если в предыдущие годы новые работы украинских коллег демонстрировались фрагментарно, а грузинская архитектура вообще не была представлена, то на этот раз ситуация кардинально отличалась. И жюри даже сочло

особо понравились мебельные эскизы Евгения Полянцева, выступившего с экспозицией «Игры, в которые мы играем». Шуточная антропоморфная мебель была отмечена Дипломом 3-й степени в номинации «Лучший кураторский проект»; также должное игровым моментам отдали и компании – производители отделочных материалов и предметов дизайна. Компания Arch-Skin за коридор из ребристых рам-оболочек получила Диплом 2-й степени в разделе «Экстерьерные и интерьерные решения», а компания Artishock совместно с многолетними призерами «АРХ-Москвы» – Владимиром Кузьминым и Владиславом Савинкиным из проектной группы POLE-DESIGN – получили Диплом 3-й степени в разделе «Лучший дизайн-объект» за проект «Саламандра». Реализованный бюро Artishock дизайн-объект – красно-белый стол, выполненный по проекту TOTEMENT/PAPER и также под эгидой компании «Дюпон Наука и Технологии», получил Диплом 1-й степени в своей категории. Но на этом достижения Левона Айрапетова и его команды не закончились. В рамках фести-



«Сложность/Сложенность». Лучшая архитектурная экспозиция фестиваля «АРХ-Москва-2012»

работу Олега Дроздова «Обстоятельства. Харьков: архитекторы и город» «Лучшим кураторским проектом» фестиваля.

Премии для молодых архитекторов «Авангард+» были удостоены шесть лауреатов – за проекты оригинальных музейных комплексов для Москвы, Петербурга и Боровска. Особой экологической теме «Дом для жизни в балансе с природой» был посвящен конкурс компании Rockwool, в котором отмечены работы двух десятков финалистов, среди которых – продолжатель достойной архитектурной династии Никита Асадов. Наиболее почетный титул фестиваля «Архитектор года» достался авторитетному тандему – бюро Сергея Чобана и Сергея Кузнецова.

Игровой элемент выставки присутствовал сразу в нескольких экспозициях. Жюри

валя это бюро получило еще и Диплом 2-й степени за разработку Конгресс-центра для Южно-Сахалинска в категории «Лучший архитектурный проект».

Прошедший архитектурный форум в полной мере оправдал свой международный статус, предложил интересные концептуальные решения наболевших вопросов как в области архитектуры и дизайна, так и связанных с этим социальных и экологических перспектив. Более широкий формат биеннале позволил разнообразить спектр показанного материала и продлить демонстрацию отдельных выставок на разных площадках. Как послевкусие, от «АРХ-Москвы-2012» осталось ощущение удовольствия от знакомства и сопричастности к глубоким серьезным процессам в современной архитектуре мира. ■



СИМВОЛ СОДРУЖЕСТВА

Место проектирования комплекса – своеобразные городские ворота. Оно находится на въезде в Уфу со стороны аэропорта, на высоком и живописном берегу реки Белой. Участок ограничен с северо-запада улицей Воровского, с востока – улицей Октябрьской Революции, с юго-запада – улицей Фрунзе. По ул. Октябрьской Революции сохранился фрагмент купеческой застройки, а на юго-востоке от участка высится монумент Дружбы, сооруженный в честь 400-летия добровольного присоединения Башкирии к России.

Городские ворота – не только символ гостеприимства, в прежние времена они имели важное фортификационное значение. Сегодня их силуэт, как правило, вырисовывается в центре застройки, разросшейся вокруг древнего укрепленного поселения. Такие величественные сооружения есть в разных городах мира. Примечательно, что зачастую они снабжались двумя фланкирующими оборонительными башнями. Парные башни имеют Науэнские ворота немецкого Потстадама, Заххаймские ворота Кёнигсберга, а также они есть в узбекской Бухаре, нидерландском Лимбурге, итальянском Турине, эстонском Таллине и многих других городах. Между тем, нижние этажи городских ворот часто заполнялись и торговыми лавками, что обусловлено их расположением на бойком месте – на главной дороге в город.

Надо сказать, что эти культурно-исторические предпосылки не обсуждались в творческом коллективе как основа проектируемого объекта. Строгие крепостные башни отнюдь не предполагалось использовать в качестве прямого прототипа. Между тем, их обновленный, гостеприимный образ отчетливо проявился и в композиционно-пространственном решении, и в функциональном наполнении нового комплекса.

КОМПОЗИЦИЯ

Концепция предлагает строительство двух 36-этажных башен, овальных в плане, развернутых под разными углами и объединенных стилобатом переменной этажности. В градостроительном отношении эти башни наряду с другими проектируемыми высотными объектами являются доминантой формирующегося в настоящее время нового, более активного силуэта города. Комплекс решен в обтекаемых, природообразных формах, органично дополняющих естественный живописный рельеф этой территории, представляющей собой высокий холмистый берег реки.

Композиционно стилобат комплекса разделен «впадиной» между башнями, по которой «протекает» пешеходная улица по направлению от исторической части города к набережной. Таким образом, высоты, отчасти напоминающие и скалистые природные столбы, располагаются по обе стороны этой выемки, повторяющей складку естественного холмистого

Концепция общественно-делового центра на ул. Октябрьской Революции в столице Башкортостана – Уфе была разработана специалистами «ПТАМ Виссарионова» в 2008 – 2009 гг. в соответствии с архитектурно-планировочным заданием городского Управления архитектуры. Основная градостроительная и архитектурно-художественная задача проекта – создание выразительного высотного комплекса «Башни содружества» – символа дружбы башкирского и русского народов. Функциональное наполнение центра – офисные, гостиничные и торговые учреждения, формирующие парадное и притягательное общегородское пространство.

Текст КОНСТАНТИН САВКИН, архитектор «ПТАМ Виссарионова»



Авторский коллектив:
 Руководитель
 Р. М. Маскулов (г. Уфа);
 «ПТАМ Виссарионова»
 (г. Москва): главный
 архитектор
 Ю. Г. Виссарионов,
 архитекторы К. М.
 Савкин, Ю. А. Филатов,
 В. В. Бычков, А. И.
 Приходько; при участии
 Д. В. Зиборова,
 О. Н. Абаимовой,
 Т. А. Москвиной,
 С. А. Приходько
 и Ю. И. Оралова,
 И. М. Яковлева
 (ПБ «Старый Кремль»,
 г. Уфа)

Геометрические описания этих триумфальных башен могут быть только примерными, условными, поскольку внешние очертания высоток имеют скорее живую, природную форму. С другой стороны, сравнение со скалистыми столбами, образованными выветриванием породы, слишком художественно по отношению к этим конструктивно продуманным объектам. Их внутреннюю основу составляет монолитный железобетон прямоугольных лестнично-лифтовых и инженерных шахт, дополненный каркасом колонн. Между шахтами и наружными поверхностями (не совсем правильно называть их стенами) располагается перетекающее пространство, заполняемое в одном случае – гостиничными номерами или апартаментами, в другом – офисными помещениями. Переход от прямоугольной сердцевинки зданий к округлым наружным линиям – композиционная игра стен и перегородок, изменяющих направление, подстраивающихся к планировочной структуре.

ПЕРВАЯ ОЧЕРЕДЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

По заданию заказчика в проекте была выделена первая очередь проектирования и строительства объекта. В нее включены: юго-восточная башня (гостиница и апартаменты) и все юго-восточное крыло комплекса, включающее конференц-зал,

торговые галереи, фитнес-центр, спортивный 50-метровый бассейн и подземные парковки (3 уровня). Наверное, временно ворота могут быть представлены и одной башней... Все учреждения этой половины комплекса имеют удобные внутренние взаимосвязи, что позволяет в зимнее время попадать из одной функциональной зоны в другую, не выходя на улицу. Кроме того, в качестве самого первого объекта предусматривается строительство автономного административно-офисного блока с подземными парковками.

Башня гостиницы и апартаментов снабжена главным входом в уровне 1-го этажа со стороны улицы Октябрьской Революции. С той же стороны организован парадный подъезд к зданию, с возможностью последующей парковки автомобилей в подземной стоянке. Вход в лифтовой блок башни возможен, кроме того, непосредственно с подземной стоянки (этажи –3, –4, –5), а также из предприятий торговли (этажи –1, –2). Через эти уровни гостиница связана с вестибюлем конференц-зала, располагающегося в объеме, приподнятом над стилобатной частью комплекса, а также со спортивно-оздоровительным центром, запроектированным в южной половине стилобата.

На первом этаже башни (верхний этаж стилобата) располагается ресторан. Загрузка продуктов осуществляется в северной части комплекса со стороны ул. Октябрьской Революции, рядом с въездом в подземную парковку. В нижней половине башни (с 1 по 15 этажи) – гостиница на 200 номеров. В верхних этажах (с 17 по 36) размещены апартаменты площадью от 60 до 150 кв. м. Из всех апартаментов и гостиничных номеров открываются красивые виды городских и загородных панорам. В части башни, ориентированной на юг, в сторону реки, планируется разместить наиболее комфортабельные номера гостиницы и апартаменты. Здание вытянуто с юга на север, что позволяет обеспечить не только эффектным обзором, но и солнечным освещением размещаемые вокруг лестнично-лифтового узла гостиничные номера и апартаменты.

Торговый пассаж располагается в –1-м и –2-м этажах стилобата. Главные входы в галерею предусмотрены с западной стороны этого подиума, где к нему примыкает 2-уровневая прогулочная терраса. Торговые бутики, киоски и небольшие кафе организованы по обе стороны многосветного пространства, в котором для обеспечения вертикальных взаимосвязей запроектированы эскала-

торы и обзорные лифты. Загрузка товаров для них производится рядом с грузовыми помещениями ресторана.

Конференц-центр на 600 мест приподнят над стилобатной частью комплекса, что обеспечивает ему роль композиционного акцента нижнего уровня. Фойе зала располагается внизу, на –1 этаже стилобата, куда можно попасть с открытой террасы. Подъем в конференц-зал производится либо на панорамных лифтах, либо по эскалаторам, расположенным в опорной части зала. Во внутреннем пространстве овальной в плане, остекленной опорной части конференц-зала с двух сторон располагаются своеобразные обзорные площадки, связанные наклонными лестницами эскалаторов.

Зал представляет собой расположенную в центре сцену, от которой в две стороны поднимаются амфитеатры зрительских мест. Пространство зала может быть разделено на две части с помощью подъемного занавеса-перегородки.

Фитнес-клуб и спортивно-оздоровительный центр занимают три этажа в южной части стилобата. В помещения фитнеса посетители могут попасть либо со стороны улицы Октябрьской Революции (на верхний 1 этаж), либо с противоположной стороны, с прогулочной террасы (на этажи –1 и –2). В составе фитнес-клуба предусмотрены тренажерные залы, сауны, массажные, спа. Зона фитнеса соседствует непосредственно с бассейном, в помещении которого посетители проходят либо через раздевалки на –2 этаже, либо из вестибюлей для зрителей и клиентов фитнес-клуба (этажи 1 и –1).

Чаша бассейна имеет длину 50 м, что позволит проводить в спортивно-оздоровительном центре полноценные спортивные состязания по плаванию и прыжкам в воду. Зал бассейна оборудуется современными трибунами.

Административное здание проектируется в южной части первой очереди застройки. Один из его фасадов, выходящих на улицу Октябрьской Революции, продолжает фронт существующих исторических зданий. Сохраняя масштаб существующей застройки, новое офисное здание тематически принадлежит проектируемому комплексу, являясь его эффектным первоочередным элементом.

В целом, проект общественного центра в Уфе продолжает развитие и переосмысление темы городских башен, которые к настоящему времени утратили первоначальную функцию, но закре-

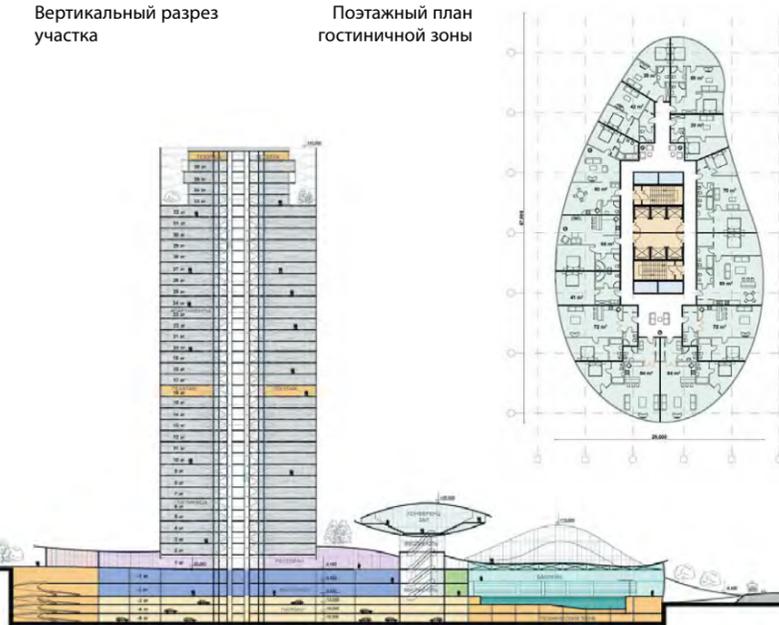
ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

	Площадь участка проектирования	Расположение	Общее кол-во, кв. м	В т. ч. первая очередь, кв. м
	Перечень объектов		50 800	28 500
1	Гостиничный комплекс на 200 номеров	Уровни 1–15	15 000	15 000
2	Жилые апартаменты	Уровни 17–37	20 000	20 000
3	Коммерческие и арендные офисы	Уровни 1–37	35 000	–
4	Конференц-центр	Уровни –1, –2, 1, 2	2 480	2 480
5	Торговые площади	Уровни –1, –2, –3	16 470	5 600
6	Фуд-корт и кафе	Уровни –2, –3	3 930	2 250
7	Развлекательный комплекс	Уровни –2, –3	2 200	–
8	Спортивно-оздоровительный центр	Уровни –2, –3	8 120	8 120
9	Административно-офисное здание	Уровни 1–3	4 500	4 500
	Всего надземной общей площади		107 700	57 950
10	Автостоянки подземные	Уровни –3, –4, –5	47 600	25 600
11	Технические помещения		20 000	9 900
	Всего подземной общей площади		67 600	35 500
	Общая площадь комплекса		175 300	93 50

пились в культурном, общественном сознании в качестве градостроительных символов. Это не только оборонительные вертикали городских ворот, но также колокольни, дозорные и водонапорные башни, пожарные каланчи, маяки и другие высотные исторические сооружения. Сегодня роль таких символических акцентов или ориентиров успешно берут на себя высотные гостиницы и деловые центры. ■

Вертикальный разрез участка

Позатяжный план гостиничной зоны



«НЕБЕСНОЕ ДЕРЕВО» ТОКИО

В мае состоялась торжественная церемония открытия самой высокой в мире телебашни «Небесное дерево» Токио (Tokyo Skytree). Сооружение высотой 634 метра было построено для замены старой Токийской башни (Tokyo Tower), так как та уже не справлялась со своими функциями после возведения вокруг нее большого количества высотных зданий. Tokyo Skytree стала не только образцом постройки для осуществления самого современного наземного цифрового вещания, но и одной из главных достопримечательностей исторического района Асакуса (Asakusa).

Материалы предоставлены компанией Nikken Sekkei



Проектные работы начались в феврале 2005 года, когда корпорация Tobu Railway выразила желание построить башню, в которой можно было бы совместить функции теле- и радиовещания, а также разместить офисные помещения административных органов района Сумида-ку. Заказчик поставил перед рабочей командой из известной японской компании Nikken

Sekkei задачу создать в этом районе «совершенно новый ландшафт вне времени и пространства».

Башня находится поблизости от моста Нарихира и квартала Осиагэ, расположенного в восточной части Токио, вдоль реки Сумидагава, некогда игравшей центральную роль в эпохе Эдо.

При проектировании конструкции особое внимание было уделено живописному виду и визуальной легкости объема. Внешний каркас башни сделан





Смотровая площадка

Центральная колонна (симбасира)

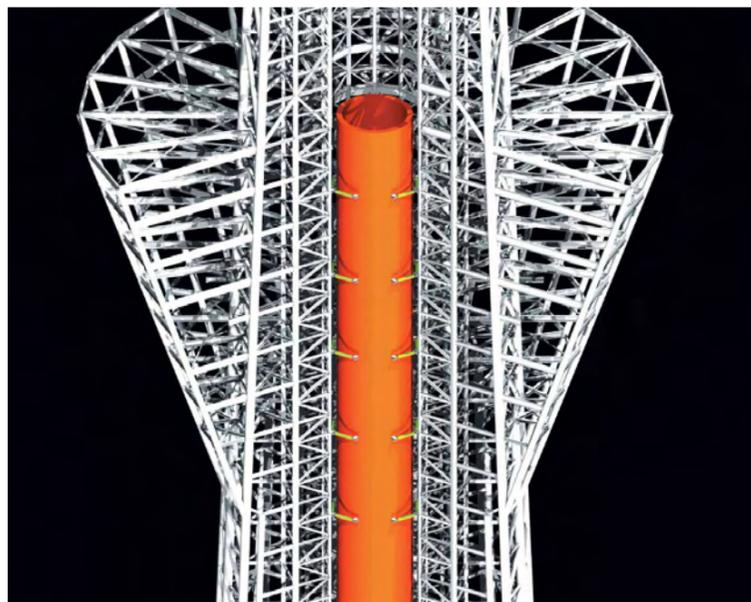
из стали; через его центр проходит центральная колонна (симбасира), образованная из 8-метровых железобетонных цилиндров и имеющая внутреннюю лестницу для экстренной эвакуации. Внешний каркас и центральная колонна структурно разделены и могут двигаться свободно и независимо друг от друга. При землетрясении сила воздействия одного из элементов конструкции на другой гасится за счет масляных амортизаторов, уменьшая разрушитель-

ное влияние подземных толчков до 50%. Новая башня стала символом адаптации к современным технологиям традиционных японских конструктивных систем, на протяжении веков используемых при возведении пагод, что создает еще одну незримую связь здания с его историческим окружением.

Для решения поставленных задач компания Nikken Sekkei задействовала своих специалистов в самых различных областях, начиная с технико-экономического обоснования проекта, затем переходя к планированию проектно-конструкторских работ, экологической экспертизе, проектированию систем охлаждения и нагрева, расчету проектных решений взаимосвязи здания с окружающим городским пейзажем и подготовке компьютерной модели здания. В итоге, в разработке проекта приняли участие более 100 архитекторов, инженеров и проектировщиков.

КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ

Tokyo Skytree парит над мостом Нарихира и кварталом Осиагэ (Oshiage) в районе Сумида-ку. Она находится в окружении старых районов города, таких как Асакуса и Мукодзима, и ключевого транспортного узла железной дороги Tobu Railway, а также оживленных столичных станций метро и водного городского транспорта. Основное назначение башни – обеспечение современных форм вещания в цифровом формате. Она также станет символом реконструкции центра города и трепетного отношения к сохранению культурных традиций известного экскурсионного района Асакуса, посещая кото-



рый туристы знакомятся с богатыми культурными традициями эпохи Эдо. Прежде чем приступить к возведению башни, компания Nikken Sekkei изучила географию этой части города.

Отведенный под строительство участок застройки является центром треугольной плоскости, образованной слиянием рек Сумидагава и Аракава, а с южной стороны – связывающими восток и запад железнодорожными путями и автомобильной магистралью. Несколько улиц, идущих перпендикулярно каждой оси, сходятся к единому центру, на котором стоит башня. Исходя из этого, она была спроектирована с тремя выходами, из которых можно попасть на эти улицы. Треугольная форма каркаса здания была отчасти выбрана исходя из конфигурации участка, создаваемой этими тремя городскими направлениями, а также потому, что форма треноги имеет множество преимуществ при создании надежной устойчивой конструкции и отлично вписывается в сужающуюся форму площадки.

С другой стороны, для создания смотровой площадки, которая смогла бы обеспечить круговой обзор всего района Канто, вполне обоснованно наиболее подходящей считалась круглая форма. Поэтому, по мере подъема, стальная конструкция трансформируется из треугольной в круглую, создавая необычную конфигурацию, аналогов которой не имеет ни одна башня в мире. Эта уникальная метаморфоза порождает разнообразие видов башни, изменяющихся в зависимости от угла обзора: так, с одного ракурса конструкция выглядит слегка выпуклой (mikurigi), а с другого ее линии смотрятся слегка вогнутыми (sori), напоминая древние японские мотивы декора.

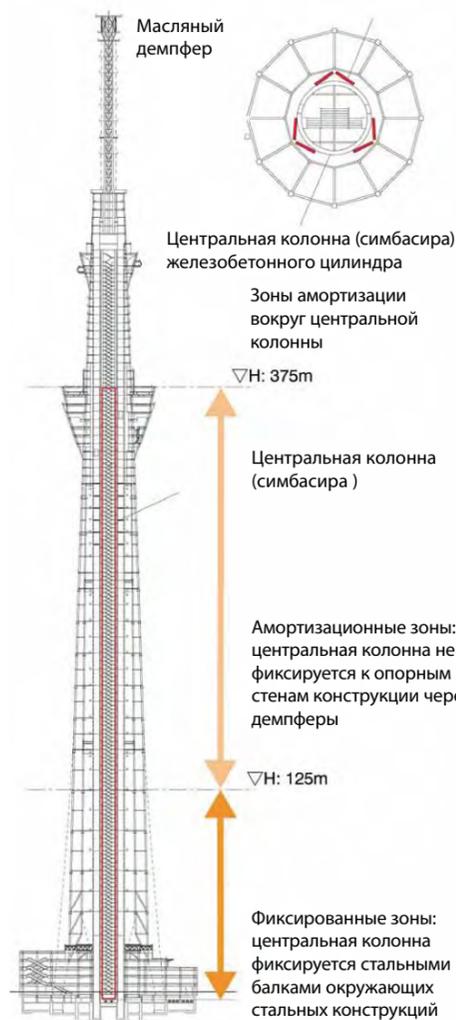
Площадь основания Tokyo Skytree представляет собой равносторонний треугольник, каждая сторона которого равна 68 метрам. Линии, исходящие из вершин треугольного основания конструкции, устремляются вверх, чтобы встретиться на высоте 50 метров, а затем продолжить свое восхождение до отметки, превышающей 600 метров. Пропорциональное соотношение длины и ширины сооружения составляет примерно 9:1, что делает вертикальный силуэт стройным.

Три опоры в нижней части башни напоминают трипод традиционного чайника (три его опоры, в свою очередь, похожи на штатив фотоаппарата, который также очень устойчив), использовавшегося в древнем Китае для чайных церемоний, что подсознательно внушает смотрящим на здание людям чувство безопасности.

Кроме того, использование в архитектурном решении треугольной формы создает такой вид конструкции, которая не только надежна, но и имеет минимальное число конструктивных элементов. Это не только сглаживает ощущение давления башни на соседние здания, но и способствует уменьшению количества используемой строительной стали, а вместе оба эти фактора благотворно влияют на окружающую среду.



Вид с реки на башню



Название: Tokyo Skytree
Владельцы: Tobu Railway Co., Ltd. and Tobu Tower Skytree Co., Ltd.
Застройщик: Obayashi Corporation
Участок: Осиагэ, Сумида-ку, Токио
Проектирование и административный надзор за строительством: Nikken Sekkei Ltd.
Площадь участка: 36 900 кв. м (в том числе – площадь прилегающих к башне с востока и запада торговых центров)
Высота: 634 м
Конструктивная система: железобетон, железобетонные и сталежелезобетонные конструкции
Фундамент: плитно-свайный
Начало строительства: июль 2008
Сдано в эксплуатацию: май 2012



Со смотровой площадки открываются виды на город

Уникальная, устремленная вверх форма телевышки, изменение ее конфигурации, вкуче с вогнутыми и выпуклыми элементами, будут восприниматься как красивый городской вид с улиц, бегущих от башни в самых разных направлениях, и как ближний вид – от трех ворот башни. Уникальные и меняющиеся виды «Небесного дерева» подчеркивают связь новой постройки с *ики* – изящным стилем национальной эстетики, живущим в узких улочках старого центра города, хранящих атмосферу эпохи Эдо, столь отличающуюся от свободного и своеобразного стиля современных горожан.

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

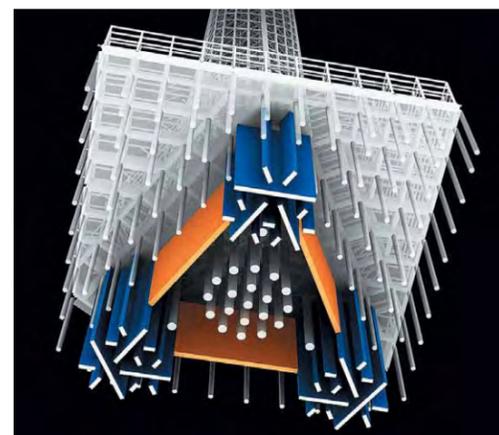
При проектировании и расчете строительных конструкций Skytree Tower учитывалась потенциальная мощность землетрясений в регионах Южный Канто и Токай, а также мощность катастрофического шторма со скоростью ветра 70 – 80 м/с и средней продолжительностью десять минут, вероятность возникновения которого – раз в 500 лет.

Фундамент такой высокой башни с небольшим поперечным сечением, как Skytree Tower, подвергается повышенной нагрузке и спроектирован таким образом, чтобы их выдерживать. Желаемый эффект достигается при помощи ростверка, объединяющего сваи с плитой, что повышает frictionную стойкость. Элементы свай по функции схожи с шипами на бутсах. Кроме того, будущи непрерывно связанными в радиальном направлении, сваи этого ростверка будут исполнять роль корней гигантского дерева, монолитно врастающих в землю.

Более того, стальные конструкции, которые выступают над землей, жестко связаны с фун-

даментом, чтобы принять на себя всю внешнюю нагрузку на подземные сваи. Иначе выражаясь, вся конструктивная система является «гигантским деревом, растущим из земли». В качестве основных элементов конструкции Skytree Tower использовались трубы из конструкционной стали с повышенными коррозионной стойкостью и прочностью, которые в два раза выше, чем у стандартной стали. Используемые в основании конструкции стальные трубы имеют огромные размеры: их диаметр составляет 2,3 м, а толщина стенок – 10 см.

Конструкция башни состоит из ферменных деталей, каждая из которых представляет собой многократно повторяющуюся комбинацию треугольников, включающих основной, поперечный и диагональный элементы. Они соединены друг с другом с помощью муфты (то есть, соединительный патрубок приварен непосредственно к основной трубе без использования накладной пластины или других элементов). Данный способ соединения внешне очень прост и эффективен для предотвращения появления ржавчины. Подобный вид соединения редко используется в строительстве наземных конструк-



ций, однако часто применяется для морских сооружений, например, на нефтяных платформах. Его разработали согласно нормам, принятым для морского строительства.

СТЕРЖНЕВАЯ КОНСТРУКЦИЯ В ВИДЕ ТРЕНОГИ

Сквозная колонна состоит из четырех труб, а также поперечных и диагональных элементов (соединительных связей). Эти трубы расположены в углах башни и являются одними из основных каркасных конструкций, воспринимающих внешние нагрузки.

ПРОДОЛЬНАЯ СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ ФЕРМА

Центральную ферменную конструкцию башни соединяют с кольцевыми фермами продольные фермы на каждом втором ярусе (высотой в 25 м). Они работают как несущие элементы для поперечной нагрузки (в горизонтальной плоскости), а также как элементы жесткости, предотвращающие потерю устойчивости при продольном изгибе ферменной треноги и периметральных колонн.

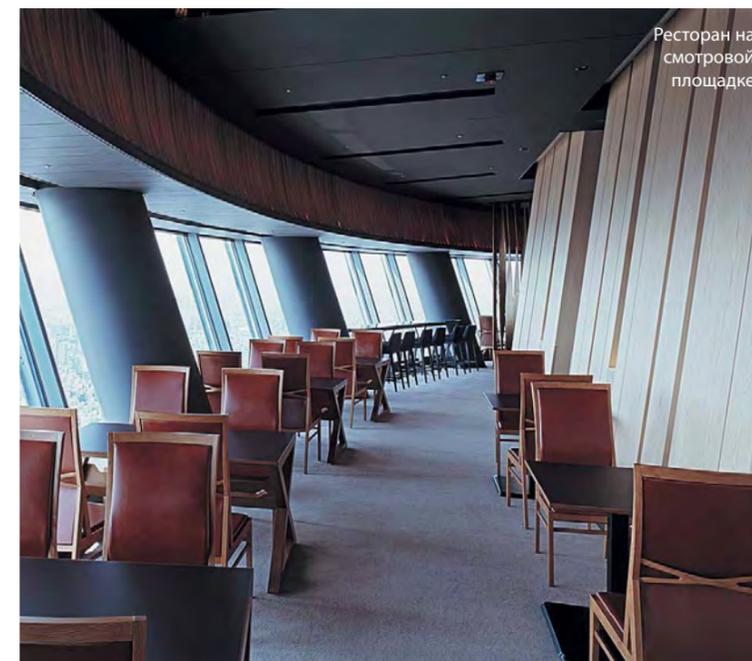
КОЛЬЦЕВЫЕ ФЕРМЫ

Боковые соединительные элементы расположены на каждом ярусе (12,5 м). Данные фермы работают как элементы жесткости, предотвращающие потерю устойчивости и деформацию периметральных колонн. Авторы проекта приложили все усилия для обеспечения безопасности и предотвращения раскачивания постройки при землетрясении или сильном ветре. В конечном счете, команда создателей проекта пришла к выводу, что новая система контроля вибраций должна быть устроена в конструкции цилиндрического железобетонного ядра в центре (центральная колонна), структурно изолированного от периферийного стального каркаса, где верхняя часть главной несущей колонны работает как противовес. Принципиально новое применение современной системы контроля механизма управления массами во время землетрясения может уменьшить силу вибрации на 40%.

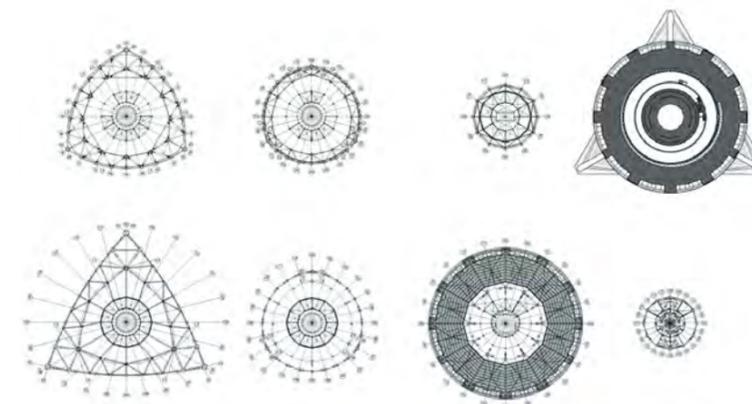
МЕХАНИЗМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МАСС

Этот механизм, контролирующий раскачивание конструкции во время землетрясения, обеспечивает дополнительную массу зданию (балансировку веса), что позволяет ему двигаться с небольшой задержкой во времени, становясь противовесом колебательному движению и стабилизируя конструкции. Как правило, в качестве дополнительной массы используются стальные слитки или бетон, а иногда для тех же целей в определенных частях здания устанавливают инженерное оборудование, системы обслуживания или теплогенератор.

В данном случае впервые в мировой строительной практике в качестве дополнительной массы используется опорная колонна активной зоны (лестница).



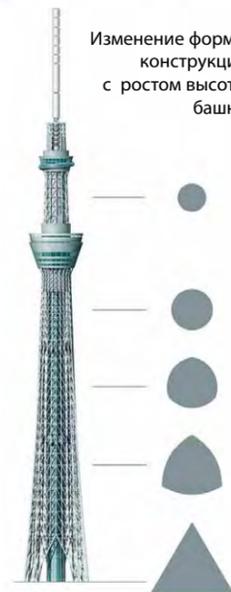
Ресторан на смотровой площадке



ЭФФЕКТ ПЯТИЯРУСНОЙ ПАГОДЫ

При проектировании сооружения специалисты обратили внимание на то, что в существующих исторических записях, свидетельствующих о повреждении пагод в результате тайфуна или пожара, нет ни одной, где говорилось бы, что пятиярусная пагода была разрушена землетрясением. (Пагода – это традиционная японская башня, построенная из дерева). Этот загадочный факт приписывается эффекту *симбасира* – несущей колонны, находящейся в центре храма.

Когда было решено возвести 634-метровую супервысотную башню при помощи самых современных методов строительства, команда разработчиков компании Nikken Sekkei случайно наткнулась на традиционную японскую технику строительства башен. Они назвали эту систему Shimbashira-Seishin – центральная колонна контроля вибраций (Center Column Vibration Control). ■



Изменение формы конструкции с ростом высоты башни

Рисунок модели башни



Окончание. Начало в № 2, С. 60 – 67



АРХИТЕКТУРНАЯ МИСТЕРИЯ

Материалы предоставлены журналом eVolo

Этой публикацией мы завершаем обзор работ, отмеченных поощрительными премиями жюри конкурса, проводимого журналом eVolo.

Среди них – **Mountain City** («Город в горе») **Чарли Дачосала** (Charly Duchosal), Швейцария. В современном мире города, становясь больше и выше из-за роста численности населения, теряют связь с природным миром. Градостроители и архитекторы пытаются восстановить ее, воссоздавая парки и высаживая деревья на улицах. Однако такие «зеленые вставки» в мегаполисах не имеют ничего общего с природой в ее естественном виде.

Авторы данного проекта хотят адаптировать город к природе, предлагая разместить его внутри горы, чтобы максимально сохранить существующий ландшафт. Для снабжения его энер-

гией логично использовать геотермальную станцию. Главное условие – он должен находиться в географической зоне с высокой тектонической и вулканической активностью. Идеальное место для такого города – Исландия, имеющая существенные геотермальные энергетические ресурсы благодаря своей уникальной геологии. Согласно статистике, в 2007 году 66% первичной электроэнергии в стране было получено из геотермальных источников.

Жить в скалах предлагают и авторы проекта **Cliff Dwellings** («Дома в скалах») **Роман Х. Кордеро Товар** (Roman J. Cordero Tovar), **Эрик Израиль Дорантес** (Eric Israel Dorantes), **Даниэл Хустино Родригес** (Daniel Justino Rodriguez) и **Избет К. Мендоса Фрагосо** (Izbeth K. Mendoza Fragoso), Мексика.

Основная его идея – заселить природные высотные обра-

зования. С помощью современных технологий предлагается покорить ранее недружественное вертикальное пространство, чтобы сохранить зеленые горизонтальные плоскости исключительно для живой природы. Склоны гор и обрывов являются новыми нетронутыми территориями для их освоения.

Это не утопия: многие цивилизации применяли подобные решения, используя для дробления скал различные технические приемы. Если это было возможно в давние времена, то почему нельзя сейчас, при наличии современных строительных технологий?

В эпоху, когда архитектура нового поколения создает объекты, которые трудно назвать гуманистичными, **Мацей Ництук** (Maciej Nisztuk), Польша, предлагает вариант **New Tower of Babel** («Новой Вавилонской башни»). Проект должен

стать живым памятником своему создателю и его жизненным устремлениям. Здание предлагается оставить «в процессе постоянного строительства», чтобы изменять его как по мере текущих потребностей, так и творческого развития автора, не лишая его поля для новых экспериментов и демонстрации архитектурных тенденций.

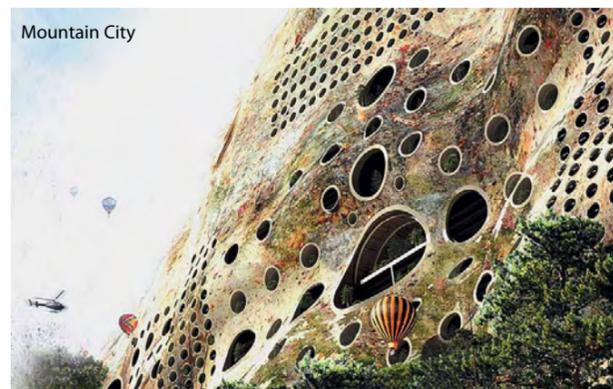
Небоскреб является своеобразной мутацией Дворца культуры и науки, построенного в 1955 году в разрушенном центре Варшавы. Несмотря на неоднозначное отношение к этому сооружению, предназначение новой Tower of Babel заключается в переосмыслении использования памятников архитектуры, созданных в свое время для прославления творческого, созидательного труда людей и идей социального благополучия. Это – «лабиринт склеенных вместе архитектурных блоков, которые не закончены, неполны или повреждены».

И хотя подобные памятники, возможно, и прославляли спорные режимы или сомнительных персонажей, у них, по крайней мере, были душа и цель, считает автор проекта. Современные же сооружения, по воле их творцов, возвеличивают самих себя, и потому дизайнер протестует против подобного подхода, оставляя свою конструкцию незавершенной.

Электростанции, работающие на каменном угле, разрушительно влияют на природную среду. Это хорошо известно и подтверждено документально. Однако в мире еще работают 50 000 таких предприятий, чтобы снабжать города энергией.



New Tower of Babel



Mountain City

Проект **Coal Power Plant Mutation** («Трансформация электростанций, работающих на каменном угле») **Чипара Раду Богдана** (Chipara Radu Bogdan), Румыния, предусматривает возведение высотной конструкции поверх существующей станции, что поможет сократить объемы вредных выбросов из дымовой трубы.

Угольные фильтры располагаются вокруг существующей трубы электростанции в трех 1000-метровых колоннах и объединяются, создавая сверху зону биофильтрации, которая, в свою очередь, имеет шары-зонды для улавливания и сбора грязных частиц. Опоры конструкции выполнены из многослойного углеволокна и объединены углеводородной стальной сеткой и закреплены в существующем фундаменте электростанции. Воздушные фильтры разной плотности расположены на неодинаковых уровнях, чтобы улавливать различные загрязняющие вещества, поднимающиеся через дымоходы небоскреба. В самом низком фильтре для извлечения углекислого газа используются методы улавливания синтетического углерода; выше в трубе расположены биофильтры. На самом верху оборудованы устройства для улавливания и фильтрации углерода и пара – так газы не попадают в атмосферу. Конденсат от пара и получаемая вода собираются и распределяются у основания сооружения для технического использования.

Решить проблемы межнациональных конфликтов при помощи **Skyscraper of Liberation** («Небоскреб освобождения») предлагают **Ксиаолианг Лу** (Xiaoliang Lu) и **Йикай Лин** (Yikai Lin), США.

Часто враждующие стороны строят между собой раздельные стены. Но решают ли они проблему? «Нет, – считают авторы проекта Skyscraper of Liberation, – наоборот, стены препятствуют взаимопониманию и усиливают разногласия».

Данный проект авторы хотели бы разместить на границе Израиля и Палестины, которая определяется тремя зонами: израильской, палестинской и, собственно, стеной. Ее нужно удалить и заменить небоскребом, трансформирующим изолированную территорию в зону совместного пользования и урегулирования разногласий. В небоскреб, находящийся под патронатом ООН, имеют доступ только палестинцы и израильтяне, которые против насилия и ищут мира и сотрудничества.

Здесь можно будет реализовывать множество проектов для поощрения культурного и социального обмена между двумя странами. Например, расположить фермерский рынок, футбольный стадион, музей, школу, место для собраний и различных студий, зоопарк, отель, магазины, бизнес-пространство и обрабатываемые земли на крышах всех зданий. Жилые комплексы примыкают к небоскребу по периферии.

Способствовать миру между Израилем и Иорданией должен и проект **Bridge of Hope** («Мост надежды»). Так назвали свой небоскреб **Мохаммед Адиб** (Mohammed Adib), **Иван Арельяно** (Ivan Arellano), **Жорди Кунилл** (Jordi Cunill), **Мария Тереза Фарре** (Maria Teresa Farre), **Кристиан Коэстер** (Christian Koester), **Давид Ронкато** (Davide Roncato), Испания.

Bridge of Hope – это конструкция, соединяющая берега Мертвого моря, в середине которой будет создано поселение для совместной гармоничной жизни арабов и евреев.

Для того, чтобы поднять уровень Мертвого моря, который ежегодно снижается на 1 метр, иорданцы разрабатывают проекты по созданию трубопроводов из Красного моря. Авторы предлагают дополнить их водопроводами и со сторо-



Bridge of Hope



Coal Power Plant Mutation



Vertical Ground

Если кампус ориентировать по вертикали, колледж можно разместить на ограниченном участке

ны Израиля, чтобы поставлять воду из Средиземного моря в Мертвое. Часть поступающей воды можно опреснить, сделав ее пригодной для орошения. В Мертвом море будут созданы бассейны с уровнем соли в воде, пригодным для разведения рыбы, а также устроят минеральные ванны с ее повышенным содержанием – для различного использования (поташ применяется в качестве удобрения, бром – для антипиренов, опресненная вода – для гидропоники и т. п.).

Дома, расположенные на середине моста, стилизованы под традиционный дизайн ближневосточных стран. Они будут разными, несмотря на наличие общих черт: затененных зон и открытых пространств различных размеров, благодаря которым появятся террасы для зелени и бассейнов. Эти открытые пространства будут пропускать потоки свежего воздуха, создающие прохладный бриз, освежающий дома в такой жаркой среде.

Сегодня студенты хотят иметь доступ ко всем организациям культуры, развлечений и коммуникационным сетям, имеющимся в городской среде. Однако типичные университетские городки строятся по горизонтали и занимают огромные территории, которых все больше и больше не хватает на городских землях. Международный проект **Vertical Ground** («Вертикальная земля») **Джорджа Конталониса** (George Kontalonis), **Джареда Рамсделла** (Jared Ramsdell), **Нассима Эс-Хаджи** (Nassim Es-Haghi) и **Рана Зуреиката** (Rana Zureikat), Греция, США, Иордания, Соединенное Королевство, предлагает пересмотреть нормы организации территории колледжей. Если кампус ориентировать по вертикали, колледж можно разместить на ограниченном участке, создав при этом отличные социальные коммуникации между студентами и факультетами.

Комплекс подобного городка, включающего в себя несколько башен, соединенных на разной высоте воздушными мостами, сможет вместить 20 000 студентов. При правильном размещении



*Аэропорт
базируется
на дюжине
тонких башен
с широкими
платформами
наверху*

Airport Skyscraper



Floating City



Cliff Dwellings



Human Rights Skyscraper in Beijing

функциональных зон вертикально ориентированные кампусы могут предоставить студентам места как для уединения, так и для активного взаимодействия друг с другом. В башнях компактно разместятся факультеты и открытые пространства трех школ колледжа: прикладных и общественных наук, дизайна.

Проектировщики рассмотрели две тестовые площадки для университетских городков на Манхэттене, трансформировав типичную модель кампуса наземного расположения в супер-блок. При этом при возведении вертикальных городков придется решать новые задачи – условий освещенности, различных ограничений и соотносимости с близлежащими зданиями. Поэтому кампус в районе Челси будет выглядеть иначе, чем, например, здание в Мидтауне, где разрешено строить более высокие башни. Могут возникнуть некоторые проблемы при строительстве университетского городка в Челси: придется увеличить площадь участка из-за ограничения высотности. При этом проектировщики убеждены, что вертикально ориентированный кампус дает больше функциональной гибкости и возможностей для активного взаимодействия, чем наземное его расположение.

Транспортные проблемы, когда из одной страны в другую можно добраться быстрее, чем из аэропорта в центр города, предлагают решить авторы проекта **Airport Skyscraper** («Аэропорт-небоскреб») **ЗиЙонг Гонг** (ZhiYong Hong) и **Ксуетинг Занг** (XueTing Zhang), Китай.

Проектировщики предложили поднять его на высоту 450 метров, что позволит не занимать ценные земли под стро-

ительство. Аэропорт базируется на дюжине тонких башен с широкими платформами наверху, соединенными между собой для поддержания взлетно-посадочной полосы и здания аэропорта. Размещение комплекса аэропорта на такой высоте дает множество преимуществ. Например, снимаются ограничения по высоте при возведении зданий на платформе, что в результате сделает разработку проектов более креативной. Также, поскольку скорость ветра на высоте 450 м больше, чем на уровне моря, длина разбега самолета может быть значительно снижена, что экономит пространство для взлетной полосы.

Вертикальные воздушные автобусы будут перевозить посетителей с земли (или из-под земли, если они прибыли на метро) наверх по штангам высотных конструкций. Помимо здания аэропорта, здесь запроектированы отель, торговые площади, офисы и конференц-залы; эти зоны разместятся в башнях под аэропортом. Пассажиры смогут остановиться в любом месте по маршруту воздушного автобуса.

Еще один аэропорт – **GreenGru** («Зеленый кран») – предлагает поднять на 380-метровую высоту **Герасимос Павлидис** (Gerassimos Pavlidis), Греция.

Вдохновили его на создание этого проекта башенные краны. «Gru» в переводе с итальянского означает башенный кран, на который внешне и похоже здание. GreenGru обеспечивает общественным воздушным транспортом жителей мегаполиса, где есть проблемы с трафиком или аэропорты находятся далеко от центра. Комплекс также вырабатывает электроэнергию,

*Floating City
(второе
название –
«Небеса
и Земля») – это
утопическая
страна чудес*

Aakash Skyscraper



достаточную, чтобы поддерживать свои системы и освещать прилегающую часть города.

Мачта башни выполнена из углеродных нанотруб и стальной арматуры, с тяжелыми противовесами под землей для стабилизации. Фасад здания – его дизайн навевает переплетенными эластичными лентами – сделан из графита, который в десять раз прочнее и в шесть раз легче, чем сталь. Графит покрыт полимерным диоксидуглеродным абсорбентом цеолитом, который понижает уровень диоксида углерода в воздухе ночью; а днем, под воздействием солнца, его молекулы разрушаются. Это позволяет создать парниковый эффект внутри здания, что подходит для выращивания здесь растений.

Уровень земли и первые пять этажей небоскреба отводятся под коммерческое использование; следующие 80 этажей займут офисы и жилые квартиры. В верхней части здания располагается высокоскоростная турбина для выработки энергии, которая поворачивается вокруг него. Ее внешняя сторона покрыта гибкими и легкими фотогальваническими элементами, выполненными на основе полимеров, для дополнительной выработки энергии.

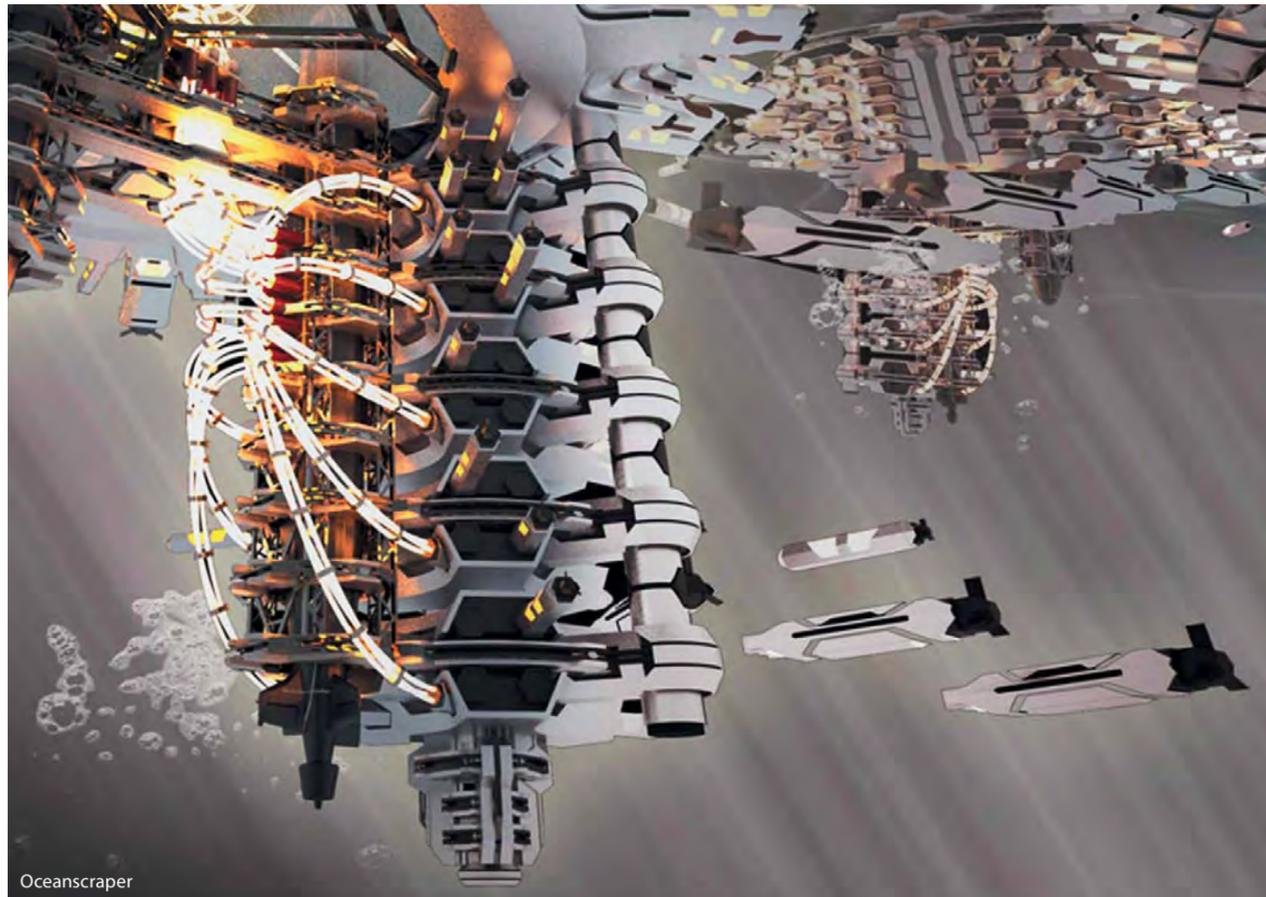
Наверху находится аэропорт, откуда вылетают и куда прилетают полностью автоматические воздушные судна с гибридным водородо-электрическим двигателем. Сверхлегкая стержневая система поддерживает 300-метровую взлетно-посадочную полосу, которая сделана из углеродных нанотруб и поворачивается вместе с ветром.

Лемир Абдул Халим Чеаб (Lemire Abdul Halim Chehab), **Сурах**

Рамкумар Сузар (Suraj Ramkumar Suthar) и **Свапнил Санхай Гаванд** (Swapnil Sanjay Gawande), Соединенное Королевство, предлагают разместить парящие кластеры **Aakash Skyscraper** («Небоскреб Небо») высоко в небе над Мумбаи – одним из самых перенаселенных городов мира. («Aakash» на хинди означает «небо»). Весь комплекс состоит из деревоподобных конструкций, которые в небе объединяются в узлы, растут и ветвятся в ширину над всем городом. Соединенные плавающие модули создают бездорожный городской пейзаж. Большая часть нагрузки конструкции приходится на гелиевые баллоны, выполненные в форме облаков; меньшая – переносится на землю посредством узлов.

Купол данной конструкции состоит из сложной сети элементов: модульные капсулы могут бесконечно разрастаться во всех направлениях. Переходные зеленые террасы, доступные для общественного использования, играют роль легких города и очищают воздух в перенаселенном Мумбаи. Жилые ячейки представляют собой двухэтажные «целлулоиды», удерживаемые гелиевыми баллонами и парящие на разумной высоте (минимум 50 м), так что каждый житель может наслаждаться превосходными видами города. Геометрические «целлулоиды» собраны группами вокруг больших, округлых объединенных ячеек.

Внешняя оболочка гелиевых баллонов покрыта фотогальваническими элементами, так конструкция обеспечивает себя солнечной энергией. Aakash Skyscraper может расти вдоль прогулочных маршрутов, береговой линии, главных автомагистралей или популярных общественных мест.



И еще один парящий в небесах город **Floating City** («Парящий город») придумал **Вэй Зао** (Wei Zhao), Китай. Нагрузка на Землю с населением в 7 миллиардов человек, где каждую секунду рождаются три ребенка, постоянно увеличивается. Ресурсы ограничены, и быстрый рост населения вызвал множество проблем, в их числе – ухудшение качества окружающей среды, окисление вод Мирового океана, озоновые дыры, нехватка питьевой воды и постоянная потеря биологического разнообразия.

Проект Floating City (второе название – «Небеса и Земля») – это утопическая страна чудес, расположенная в воздухе. В ней есть горы, реки, озера, леса и животные. Проект решает проблемы, существующие на земле, в том числе с едой, водой и жильем.

Объект управляется техникой, работающей по принципу магнитной левитации (этим направлением занимается компания American Maglev Technology), позволяющей ему парить в воздухе. Его отталкивание от земли осуществляется за счет геомагнитного поля Земли и магнитной системы, контролирующей перемещения парящего города и работающей благодаря большому количеству молекулярных магнитов, распределяющихся вдоль нижней части этого воздушно-го объекта. Вращение изогнутой нижней части летающего города также может вырабатывать энергию, необходимую для его жизнедеятельности. Вращательное движение способствует еще и поддержанию равновесия во время полета. Маленькие воздушные суда с магнитными подвесками

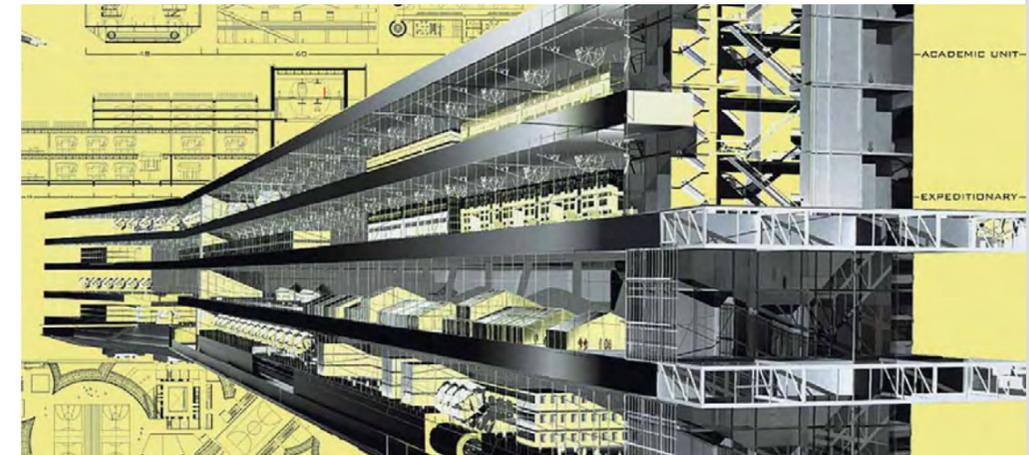
используются в качестве транспортного канала между кораблем и землей.

Небоскреб Прав человека в Пекине (**Human Rights Skyscraper in Beijing**) предлагают построить **Рен Тянанг** (Ren Tianhang), **Луо Инг** (Luo Jing) и **Канг Юн** (Kang Jun), Китай.

«Незаконное приобретение земли местными китайскими властными структурами стало причиной тысяч невероятных бедствий жителей, были зафиксированы даже случаи со смертельным исходом, плюс социальная нестабильность», – говорят проектировщики Human Rights Skyscraper in Beijing. Сегодня частной собственности в Китае нет (покупка только гарантирует ее использование в течение 70 лет), но авторы данной конструкции считают, что необходимо пересмотреть этот вопрос, поскольку частный дом является базовым правом человека. Они предлагают предоставить каждому место для проживания. Учитывая невероятную численность людей в стране и необходимость плотной застройки, проект ориентирован на вертикаль.

Черпая вдохновение в изображении китайского иероглифа, напоминающего решетку, форме традиционного жилища siheyuan, а также в планировке старых китайских городов, авторы разработали гигантскую железобетонную конструкцию, которая служит больше элементом инфраструктуры, чем зданием. Это «земля» для жилья, вместо которого – своего рода 3D «шахматная доска», где дома размещены в каждой клетке. Конструкция имеет такую же длину, как Запретный город, и находится прямо к востоку от него. «Иронически –

Tundra City – новый ковчег, который соберет людей вместе



поясняют проектировщики – он противопоставит Запретному городу, символу сверхдержавного деспотизма, акцентируя приоритет прав человека значительным и символическим образом». Жилое пространство в рамках конструкции имеет размеры 25×30×25 м. «Данное предложение не было сделано политиками – подчеркнули они – или экономистами. Мы обычные люди. Мы только хотим иметь дом и землю».

Свой **Tundra City** (город «Тундра») **Павел Сипкин**, Россия, планирует разместить в истощенном алмазном карьере «Удачный», который является географическим центром всей российской тундры – последней точки урбанизации Русского Севера.

Тундра – природная зона, которую мало кто хочет осваивать. Она ассоциируется с «дырой» из-за плохих условий для жизни. Российское правительство обратило внимание на перспективу и огромные потенциальные преимущества развития данной зоны для всей страны.

Tundra City – это стартовая платформа для реагирования на проблемы региона: малочисленность населения, развитие инфраструктуры, науки и культуры, создание новой промышленности, сельского хозяйства.

Tundra City – новый ковчег, который соберет людей вместе. Центр состоит из 11 модулей-участков и включает следующие зоны: научную, социальную, сельскохозяйственно-промышленную, жилую, для отдыха и приема гостей, образовательную и производственную. Два блока (экспедиция и станция) находятся на поверхности; остальная часть – под землей. Центральный каркас поддерживают спиральные конструкции, жилой комплекс построен вокруг H-образной секции, в которой центральная стена выполнена из ряда соединенных домов. Научные объекты строятся на пространственных фермах. Сельскохозяйственно-промышленный блок состоит из массивных настилов, закрепленных на центральной несущей стене.

Был представлен и очередной вариант **Oceanscraper** («Небоскреб в океане»), авторы **Уи Чен** (Hui Chen), **Луйинг Гуо** (Luying Guo), Китай, США.

Возведение конструкции, которая плавает в океане, имеет ряд неоспоримых преимуществ, главное из которых – плавучесть. В океане можно строить массивные комплексы без оглядки на их вес, что открывает возможности для больших архитектурных экспериментов.

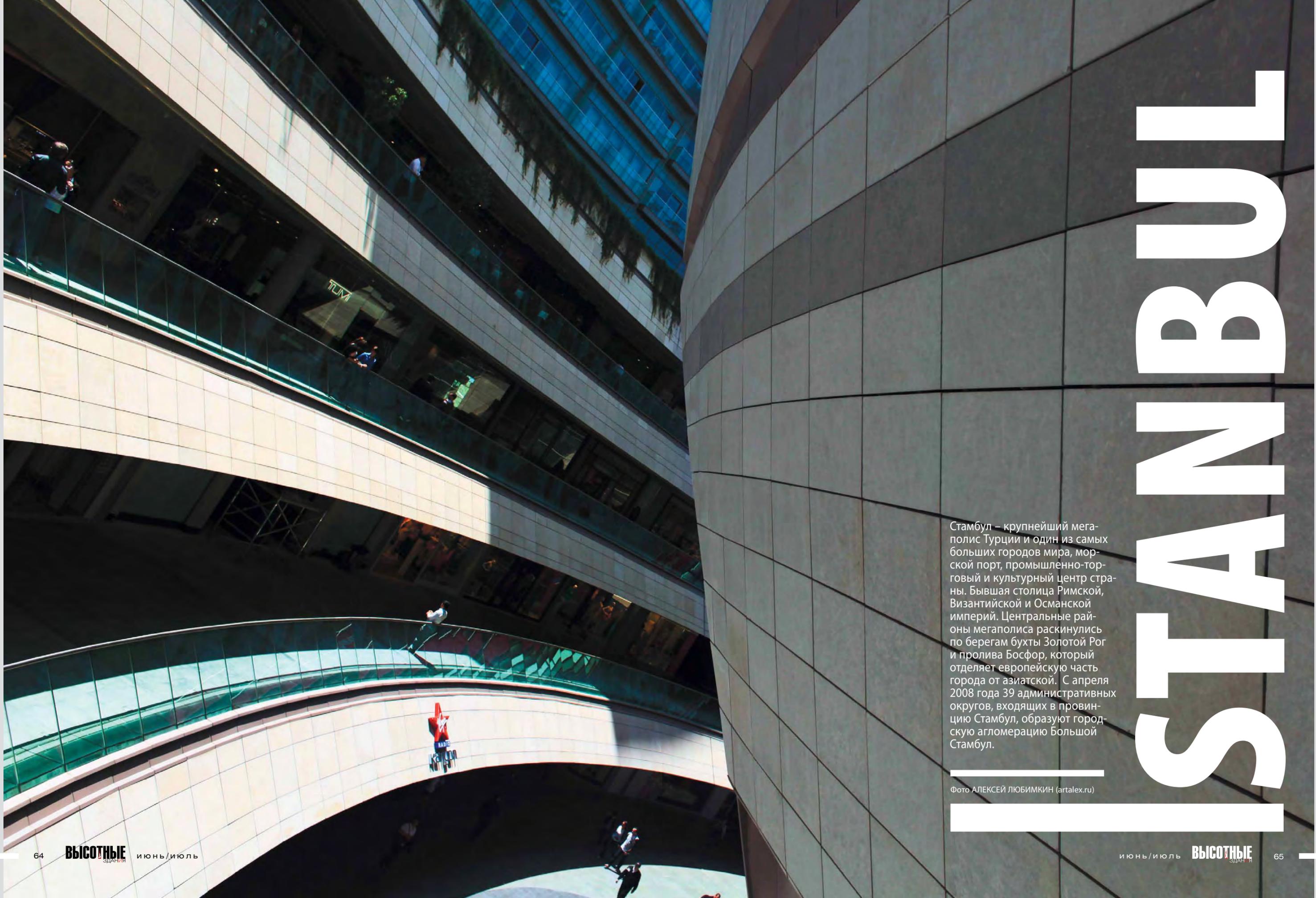
Проект Oceanscraper представляет собой конусообразный подводный городской комплекс, в центре которого располагается большая чаша, окруженная кольцом жилого простран-



ства: так дневной свет сможет проникать на глубины вод. Подводные лодки стыкуются с жилыми секциями, давая жителям комплекса возможность создавать из них единые блоки. Такая мобильность дает свободу подводным обитателям, позволяя каждому городскому комплексу при необходимости быстро перемещаться. Подлодки могут свободно плавать как в чаше, так и за пределами комплекса, а также стыковаться во «флотилии» по интересам, например, для подводных исследований, приема наземных туристов и пр.

Каждый комплекс имеет по две атомные подводные лодки типа «Борей», расположенные на дне океана; одна обращена верхом к небу, другая – к морскому дну. Субмарины «Борей» ныне используются ВМФ России, однако срок их службы закончится к середине XXI века. После списания они будут затоплены на дне океана вместе с радиоактивными отходами внутри, представляя огромную угрозу для морских обитателей. Oceanscraper предлагает вернуть субмарины на службу, используя их в качестве атомных электростанций. Линии электропередачи от субмарин напрямую будут связаны с городскими комплексами для подачи энергии, которая станет вырабатываться в 16 шахтах для межконтинентальных стартовых ракет, расположенных внутри каждой лодки.

...Конкурс завершен, конкурс продолжается. Фантазии молодых архитекторов далеко опережают современные технологии. Что ж, остается подождать, когда они придут в соответствие. ■



СТАМБУЛ

Стамбул – крупнейший мегаполис Турции и один из самых больших городов мира, морской порт, промышленно-торговый и культурный центр страны. Бывшая столица Римской, Византийской и Османской империй. Центральные районы мегаполиса раскинулись по берегам бухты Золотой Рог и пролива Босфор, который отделяет европейскую часть города от азиатской. С апреля 2008 года 39 административных округов, входящих в провинцию Стамбул, образуют городскую агломерацию Большой Стамбул.

Фото АЛЕКСЕЙ ЛЮБИМКИН (artalex.ru)



Наиболее интересные современные высотные здания сосредоточены в деловом центре города – районах Маслак и Левент. Отдельно стоящие башни на холмах формируют современную часть панорамы Стамбула. Живописно расставленные по вершинам холмов небоскребы на закате выглядят внушительно. Еще одним районом высотных зданий является Меджидиекёй, где они наложены на традиционную структуру узких улочек мусульманского города.



Высотными доминантами в Турции являются и мечети с минаретами. Разнообразие мечетей в Стамбуле поражает: если одни из них хорошо видны на горизонте, то отыскать другие среди городского ландшафта совсем непросто. Часть мечетей была переделана из церквей после завоевания города османами. Многие из них признаны национальными памятниками и не используются ныне в религиозных целях.





Современное высотное строительство Турции имеет совсем недолгую историю. Небоскребы здесь стали появляться в начале 1970-х годов, и подавляющее число из них сосредоточено в Стамбуле. Архитектура большинства строящихся в Турции небоскребов несет на себе четкий отпечаток утилитарности в решении образно-художественных задач. Однако среди проектов, разработанных в последние два-три года, в особенности для Стамбула, уже можно обнаружить весьма небанальные сооружения.



БАШНЯ С «ДОМИКОМ НА ДЕРЕВЕ»

Гуанчжоу, столица провинции Гуандун, сегодня один из самых крупных и процветающих городов Китая, так как он является ключевым транспортным узлом и торговым портом страны. В последние годы здесь выросло количество реализованных проектов, которые изменили лицо города и создали его новый Центральный деловой район. Над обликом Гуанчжоу трудятся многочисленные всемирно известные проектные и инженерные компании, в результате чего сегодня он может гордиться рядом зданий экстра-класса.

Материалы предоставлены Jaeger and Partner Architects

Офисное 308-метровое здание класса A Guangfa Securities Tower, спроектированное Jaeger and Partner Architects, будет не только служить штаб-квартирой одноименной ведущей финансовой компании Китая, но и станет еще одним высотным ориентиром восточной части нового делового и культурного центра Гуанчжоу. Участок трансформирует городскую ткань, изменяя доминирующую в этой части Центрального делового района ортогональную сетку. В ответ на линейность пространственной организации окружающей застройки, ориентированной по оси север – юг, участок незначительно отклоняется от строгих линий, образуя угол разворота примерно в 13 градусов. Этот небольшой разворот обеспечивает прекрасный вид на прилегающий к высотному зданию городской парк, что способствует увеличению коли-



GUANGFA SECURITIES TOWER
Расположение: Гуанчжоу, Китай
Заказчик: Guangfa Securities
Архитектура: Jaeger and Partner Architects
Назначение: офисное
Высота: 380 м
Количество этажей: 60
Общая площадь: 158 263 кв. м

чества арендаторов. Он также делает башню чем-то похожей на монументальный обелиск, придавая ее формам скульптурный характер и таким образом подчеркивая особую роль постройки в качестве вертикальной доминанты на горизонте Гуанчжоу. В противовес линейному характеру застройки Центрального делового района, участок, на котором строится башня, имеет неправильную форму и охватывает примыкающий к зданию обширный парк, связывая этот зеленый уголок с деловым центром города.

Guangfa Securities Tower имеет обтекаемые очертания со скошенными углами, не только подчеркивающими кристаллическую форму здания, но и позволяющими пользователям любоваться более открытыми видами городских горизонтов. Остекленный фасад сужается от основания к центральной части здания,





Здание подиума напоминает «домик на дереве»

образуя своеобразную «талию», а затем снова расширяется, создавая иллюзию заточенного к вершине объема, хотя на самом деле главный фасад спроектирован строго вертикально. В противоположность этому решению, фасады верхней части расположены под незначительным углом, составляющим менее 1 градуса. Для того, чтобы добиться выхода максимально разрешенного планом коэффициента полезной площади (FAR), потерянные в процессе сужения объемы будут восполнены в верхней части этого стройного и элегантного 60-этажного здания. Кроме того, суженный, имеющий скошенные углы силуэт башни, по сравнению с обычным прямоугольным объемом, значительно уменьшает влияние этой высотной постройки на соседние жилые здания. Использование компьютерного параметрического проектирования, контролирующего все значимые параметры небоскреба, позволяет не только добиться задуманной изысканной конфигурации постройки, но и делает процесс работы достаточно гибким, что позволяет быстро реагировать на изменяющиеся условия.

На уровне 30 этажа расположится промежуточный обзорный этаж, делящий башню на две вертикальные зоны. Нижняя предлагает компаниям, занятым в сфере финансов, офисные помещения класса А, доступ к которым будет осуществляться через специально выделенную для них группу лифтов. Со 2 по 6 этаж разместятся рестораны, связанные с центральной входной группой тремя панорамными лифтами. Функциональная часть помещений верхней зоны предназначена для офисов штаб-квартиры компании Guangfa Securities, а также будет вмещать

библиотеку, архив, помещения для проведения различных тренингов и совещаний и телестудию. Пять верхних этажей предполагается отвести под офисы руководства Guangfa Securities, а на самом вершине башни, как обычно, разместится обзорная площадка.

Если какая-то компания будет занимать сразу несколько этажей, то для удобства ее сотрудников предусматривается возможность прямого лестничного соединения этажей между собой и с нижним центральным атриумом, вход в который осуществляется как по лестнице, так и по пандусам с северной стороны здания. Хорошо освещенные лестницы создадут комфортные условия для пешего перемещения сотрудников между этажами, что также снизит нагрузки на трафик лифтов.

Для обзорной площадки на вершине здания предусматриваются еще две специально выделенных группы лифтов, непосредственно связанных с фойе на первом этаже, откуда наверх будут подниматься 6 высокоскоростных подъемников.

Верхний обзорный вестибюль способствует воплощению концепции максимально эффективного использования здания. Лифтовые шахты устроены так, что по ним будут двигаться как лифты, обслуживающие офисы компании Guangfa Securities, так и перевозящие рядовых арендаторов здания, включая те лифты, которые поднимаются на самый верхний обзорный этаж. Таким образом, сократилось не только общее число лифтовых шахт, но и значительно уменьшился размер ядра.

Визуально здание кажется разделенным на две функциональные зоны, где верхняя часть, находящаяся над промежуточным вестибюлем, повторя-



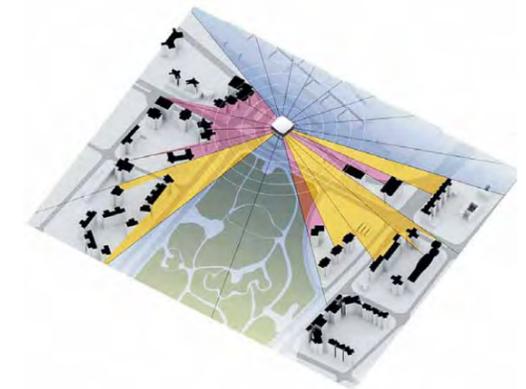
План участка, вид сверху

ет мотив сужающегося основания в конфигурации высотного фойе, которое кажется ажурно-декоративным элементом, вырезанным в прозрачной облицовке фасада. Внешняя конфигурация здания отражает внутреннюю планировку помещений, а прозрачность полностью остекленного фасада символизирует прозрачность деятельности компании Guangfa Securities. Четырехэтажный высотный вестибюль внешне выделен большим, размещенным с трех сторон башни медиафасадом, который виден издали.

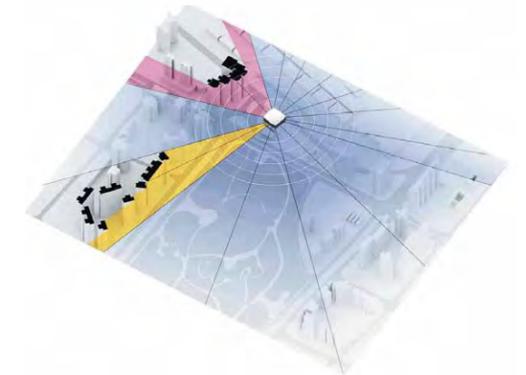
В общей сложности, здание оснастят 32 лифтами, контролируемые компьютеризированной автоматической системой управления. Сложная система климат-контроля обеспечит энергоэффективное кондиционирование в жаркий и влажный летний период, а также будет регулировать режим обогрева помещений в некомфортных условиях зимы, характерных для субтропиков.

Ядро башни, спроектированное с учетом обеспечения максимальной гибкости планировки и эффективности внутренних пространств, разделяется на четыре части крестообразно пересекающимися коридорами. Это позволяет создавать разнообразную конфигурацию помещений, изменяя ее по желанию арендаторов и не увеличивая при этом размеры ядра. В связи с тем, что в верхнюю треть здания поднимаются не все лифты, ядро здесь меньшего размера, что позволяет выиграть дополнительную площадь для помещений. Таким образом, в лучшую

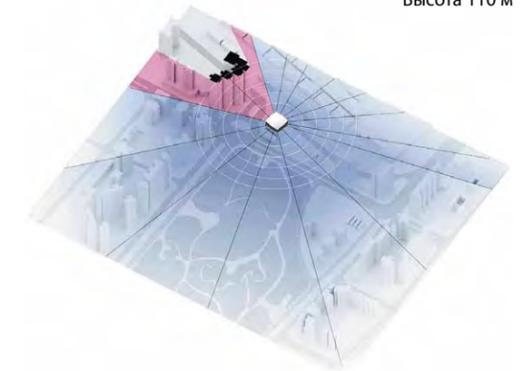
Месторасположение участка



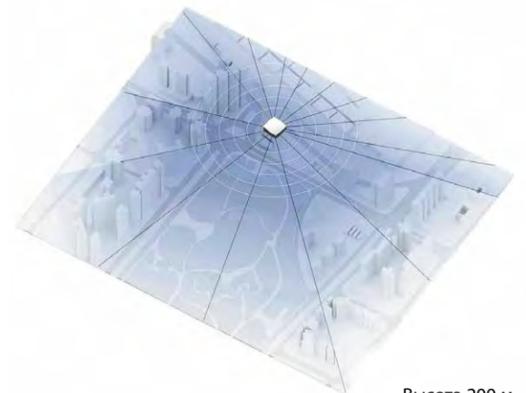
Высота 50 м



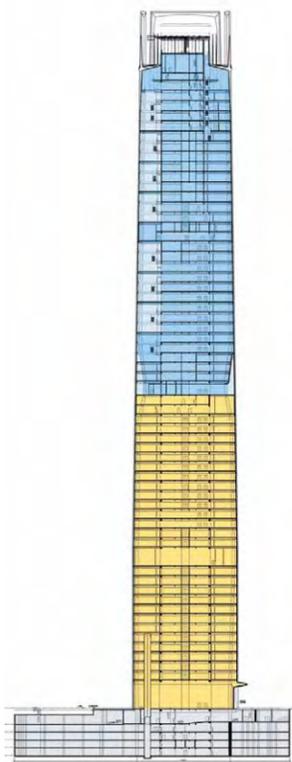
Высота 110 м



Высота 150 м



Высота 200 м



На уровне 30 этажа здание делится на две вертикальные зоны

сторону изменяется соотношение пространства лифтовой шахты и полезной площади, которое в зданиях конической формы, как правило, становится все более невыигрышным по мере роста этажей.

Хотя постройка и задумывалась в соответствии с самыми высокими стандартами безопасности, требования к применяемым в строительстве информационно-коммуникационным технологиям значительно выросли, пока она находилась в фазе проектирования. Потребовались офисы, предназначенные специально для финансовых сделок, а также стало необходимо оснастить помещения системами бесперебойного электроснабжения, которые и были установлены на каждом этаже. Благодаря особо пластичной, легко приспособляемой модели ядра, все дополнительные требования могут быть реализованы без увеличения его размеров, которые уже изначально позволяют максимально свободно использовать внутреннее пространство.

Конструктивное решение каркаса башни основано на проверенном подходе. Наряду с горизонтальными нагрузками, центральное квадратное ядро жесткости воспринимает вертикальные нагрузки от колонн, расположенных по две на каждой из четырех сторон здания, посредством аутригеров, размещенных на трех технических уровнях. Кроме того, часть нагрузки переходит на двойные колонны, расположенные во всех четырех углах здания, что способствует существенному улучшению распределения вертикальной нагрузки за счет их дистан-

го отмечен верх каждого стеклопакета, не только блокирует прямые солнечные лучи, но и создает визуальный переход к непрозрачным спандрелям.

Ориентируясь на высокие экологические стандарты преобразования солнечной энергии встроенными фотоэлектрическими модулями (Building Integrated Photovoltaics, BIPV), разработчики проекта планируют покрыть антрывольты специальным материалом, что наряду с изогнутыми стеклами позволит добиться нужного эффекта.

Их наклонная форма существенно повышает эффективность извлечения энергии и придает остеклению вид переливающейся жидкой субстанции, создавая иллюзию отсутствия стекла. Подобные элементы используются в отделке фасадов на уровне двоянных технических этажей, полностью охватывая эти участки облицовки и демонстрируя степень ее прозрачности. Поскольку в провинции Гуандун расположено несколько ведущих мировых производителей тонкопленочных энергоэффективных материалов, перед авторами проекта стоял нелегкий вопрос исследования и выбора продукции местных компаний, предложивших собственные уникальные решения.

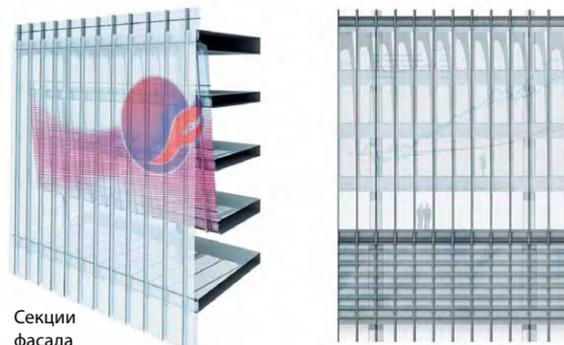
Общий вид фасадов башни создает впечатление мембраны, туго натянутой между профилированными колоннами по углам здания. Подобный визуальный эффект и решение фасадов в столь выразительной манере достигается за счет выступающих вертикальных ребер в виде плавников, которые не только несут функциональную нагрузку, защищая



Варианты планировок офисов на 27 этаже

цированного расположения. Такое конструктивное решение обеспечивает высокую степень проникновения внутрь дневного света и гибкость планировок офисных помещений, поскольку нет необходимости в применении диагональных элементов крепления конструкций, пересекающих пространство, как это имеет место, например, при использовании диагонально-сетчатых конструкций.

Функциональный и эстетический комплексный подход к решению блочной системы фасада сочетает в себе ряд мер по сохранению и получению энергии. Высокопроизводительное светоотражающее остекление и вертикальная система затенения способны минимизировать тепловой нагрев внутренних помещений, в то время как черный градиент стеклокристаллического припоя, рисунком которо-



Секции фасада

внутренние помещения от солнечного света, но и придают скульптурность формам здания, так же, как облегчающая одежда подчеркивает силуэт человеческого тела. В отделке наверху, где расположится высотный обзорный вестибюль, «плавники» размещаются по периметру внутреннего фасада, подчеркивая сужающуюся форму атриума и образуя вогнутый дугообразный силуэт, контрастирующий с ортогональной сеткой фасада. Выше «плавники» постепенно изменяют форму и разделяются для создания своеобразной, вогнутой в середине, зубчатой стеклянной изгороди, закрывающей помещения, отведенные под высотное фойе. Эти «зубцы» служат стилизованным дополнением, обрамляющим трапециевидную часть каркаса здания, образованную тонкими колоннами в углах фасадов, соз-

давая на его вершине изящную ажурную корону.

Наличие дугообразных элементов сверху свидетельствует об уважении создателей проекта к традиционным формам китайской архитектуры и одновременно несет определенную функциональную нагрузку, еще раз повторяясь на уровне первого этажа, где выступающий козырек образует оригинальный навес над входом в здание. Выделяясь мягкой дугой из фасадного объема, он позволяет несколько задвинуть вглубь входную группу, что, согласно местным традициям, означает своего рода приглашающий жест, понятный как постоянным обитателям здания, так и посетителям. Слой перфорированной нержавеющей стали, встроенный в стеклянную крышу входного навеса, будет подсвечен изнутри. Отражая солнечный свет днем, сталь создаст иллюзию постоянно циркулирующего внутри потока ртути, а ночная подсветка сделает из него манящий источник мягкого мерцающего света. Для обеспечения качественной реализации этих весьма сложных в воспроизведении обтекаемых форм, которые к тому же должны быть рациональными и экономически эффективными, все чертежи были обработаны компьютерным методом параметрического проектирования, что позволило избежать двойных изогнутых поверхностей и других проблем с конфигурацией постройки.

В дополнение, рядом с башней планируется возведение предваряющего подиума – небольшого здания 24-метровой высоты. Предполагается, что подобная конструкция добавит площади человеческого масштаб и уравнивает общую композицию. Обращенный к парку, приподнятый над землей прямоугольный объем подиума образует еще одну своеобразную консоль перед входом в здание, выступающую за пределы основного размера башни на 18 м с каждой стороны. Конструкция чем-то напоминает своего рода «домик на дереве», которые иногда строят среди ветвей распространенной в этих местах бенгальской смоковницы (Banayan tree). И в то же время, она воспринимается как внушительные ворота, через которые должны пройти посетители при входе на прилегающую к Guangfa Securities Tower площадь. Как и рамочная конструкция каркаса, подиум акцентирует визуальную связь между входами в главное здание и в парк, подчеркивая ее таким образом.

Ландшафтный дизайн комплекса включает в себя обширный бассейн, в котором отражаются элегантные формы башни, а сама она кажется вырастающей из воды наподобие айсберга, создавая на прилегающей территории ощущение прохлады. Несколько находящихся рядом с атриумом дворики также имеют искусственные водоемы с прозрачным дном, обеспечивающие естественное освещение нескольких функциональных помещений, расположенных под ними, ниже уровня земли.

Широкий пешеходный спуск идет от входа в центральный вестибюль, приводя в обширный атриум, который выходит за пределы здания в примыкающий к нему двор.



Проект Guangfa Securities Tower

Для размещения большой столовой зоны и для непосредственного сообщения с подиумной пристройкой используется подземный вестибюль, открывающий к ней доступ сотрудников Guangfa Securities, а также посещающих здание VIP-персон, которым предложат парковку на этом уровне. Пять подземных этажей обеспечат около 850 парковочных мест, а перемещение автомобилей эффективно организуют при помощи довольно сложной системы с использованием двух наклонных съездов, интегрированных в ландшафт участка.

Нетривиальное архитектурное решение, разработанное в соответствии с самыми современными международными стандартами проектирования; снижение агрессивного воздействия здания на экологию района, деликатная его интеграция в окружающую городскую среду, безусловно эффективное решение по увеличению полезной площади этажей, а также оригинальность прилегающих общественных зон выгодно отличают эту постройку от ряда ей подобных. Здание новой штаб-квартиры Guangfa Securities совершенно естественно вписывается в окружающую застройку, при этом создавая новый преобразующий городской ориентир, способный стать источником гордости не только для работающих в башне людей, но и всего города.

Guangfa Securities Tower в настоящее время проходит процесс утверждения и доработки проектных решений, а подготовительные работы на участке застройки уже начались. ■



© ingenhoven architects + Architectus / H.G. Esch, Hennef

ИННОВАЦИОННЫЙ КОЛОРИТ

Названы лучшие небоскребы 2012 года по версии Совета по высотным зданиям и городской среде обитания (СТВУН).

Материалы предоставлены СТВУН



Это четыре региональных лауреата, из которых осенью СТВУН выберет международного лидера. Организаторы и члены жюри отмечают высокую активность строительства небоскребов по всему миру: в благополучном докризисном 2005-м были сданы всего 32 башни, а в 2011-м – 88; в текущем году планируется завершить 96. Первое место по числу высотных зданий занимает Азия, за ней следует Ближний Восток.

Лучшим в регионе Азия и Австралия впервые за историю премии стал австралийский небоскреб **1 Bligh Street** в Сиднее, спроектированный немецким архитектором Кристофом Ингенховеном (Christoph Ingenhoven).

В непростой участок, выделенный под застройку в Центральном деловом районе Сиднея, архитектор мастерски вписал элегантный эллипс новой 135-метровой башни 1 Bligh Street. Она предлагает арендаторам несколько революционных технологических достижений. В центре здания располагается самый высокий в Австралии, отделанный стеклом и алюминием сквозной атриум, который проходит вдоль всей вертикали высоты, обеспечивая ее естественной вентиляцией. Среди других инноваций: двойной вентилируемый остекленный фасад и гибридная система, использующая газ и солнечную энергию для охлаждения, обогрева и подачи электричества в здание.

Член жюри Вернер Зобек, основатель компании Werner Sobek Group, считает:

1 Blich Street
Размещение: Сидней, Австралия
Владелец: DEXUS Property Group; Cbus Property
Архитектура: ingenhoven architects; Architectus
Высота: 135 м
Этажность: 28
Назначение: офисное
Конструкции: Enstruct Group
Инженерные коммуникации: Arup Sydney
Сдача в эксплуатацию: июль 2011

«Высокий естественно вентилируемый центральный атриум соединяет офисных служащих с природой, создавая ощущение открытости здания. А целый ряд общественных пространств, и особенно фантастический сад на крыше здания,

значительно повышают качество жизни его обитателей».

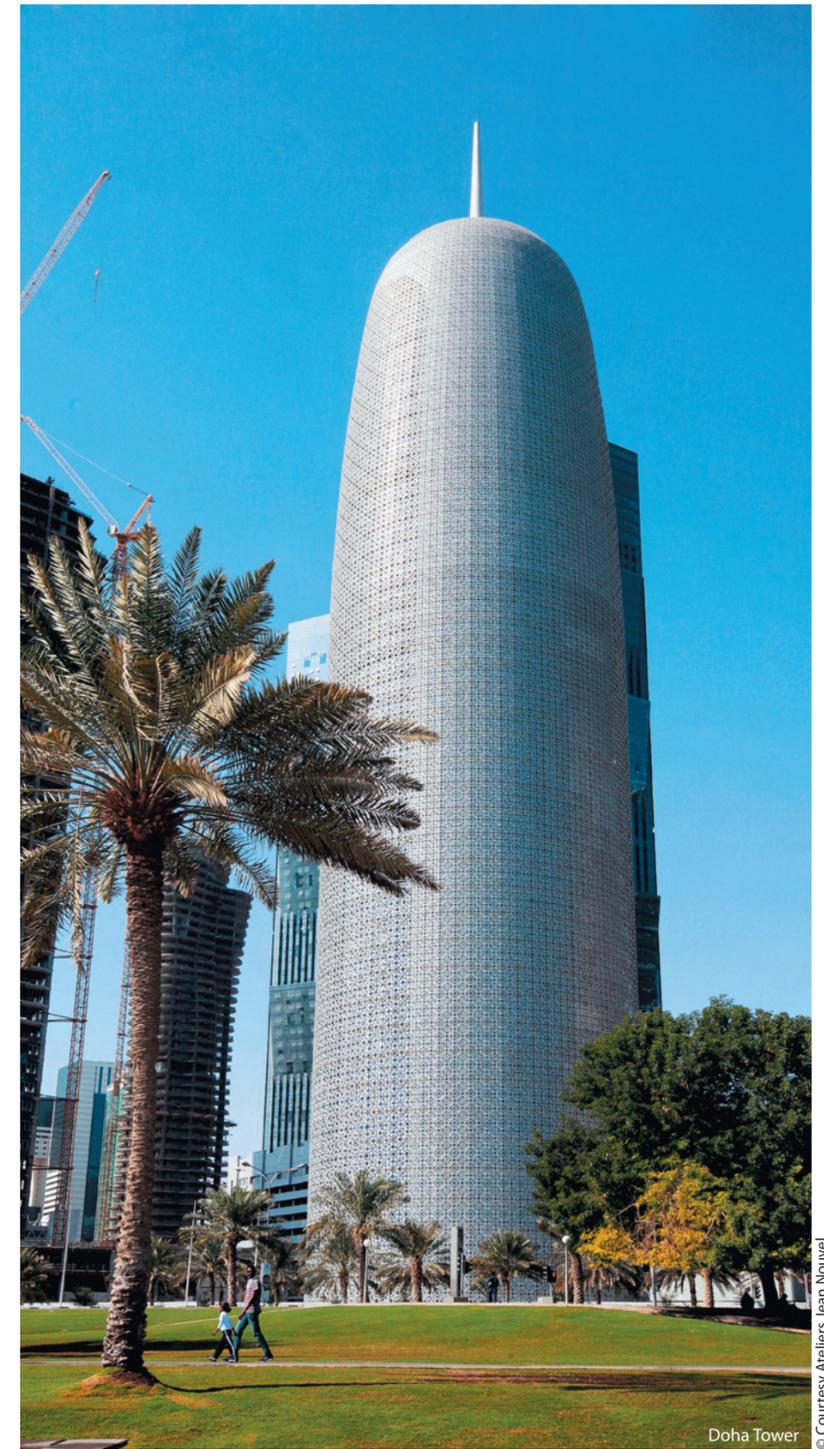
Лауреатом на Ближнем Востоке стал небоскреб **Doha Tower** Жана Нувеля (Jean Nouvel), построенный в столице Катара. Здание цилиндрической формы, элегантной и эффективной одновременно, создаст новый заметный ориентир на горизонте быстро растущей столицы Катара. Фасад башни выполнен из стилизованной многослойной решетки, отсылающей к старинным узорам традиционных исламских ставней, спроектированной, чтобы укрыть башню от солнца. В чем-то схожая с офисным зданием Torre Agbar, построенным Нувелем в Барселоне, Doha Tower является первым на сегодняшний день высотным сооружением, в котором опорный каркас имеет диагонально-сетчатую структуру. Отсутствие центрального ядра позволяет максимально увеличить площадь предназначенных для сдачи в аренду помещений.

Ричард Кук (Richard Cook), председатель Наградного комитета и сооснователь компании Cook + Fox Architects, отмечает: «Фасад здания являет собой образец прекрасного способа выражения особенностей национальной культуры, связывая эту очень современную башню со старинными исламскими постройками. Он также создает фантастическую игру света внутри нее, одновременно нейтрализуя прямые солнечные лучи».

Лучшее в Европе здание – **Palazzo Lombardia** – первый лауреат премии СТВУН из Италии. Небоскреб высотой 160 м, созданный американским бюро Pei Cobb Freed & Partners, стал самым высоким в городе. Его особенность – огромный вестибюль-плаза с мембранной-кровлей из

Doha Tower
Размещение: Доха, Катар
Владелец: H.E. Sheikh Saoud bin Mohamed bin Ali al-Thani
Архитектура: Ateliers Jean Nouvel
Высота: 238 м
Этажность: 46
Назначение: офисное
Конструкции: Terrell International
Инженерные коммуникации: Terrell International
Сдача в эксплуатацию: март 2012

полимера ETFE, напоминающий миланские торговые пассажи. Кроме того, Palazzo Lombardia окружен рядом зеленых зон и площадей, связывающих его подножие с городом и расположенной поблизости знаменитой башней Pirelli.



© Courtesy Ateliers Jean Nouvel

Исполнительный директор Совета по высотным зданиям и городской среде обитания (СТВУН), член жюри Энтони Вуд (Antony Wood) говорит: «В городе, известном своей историей и являющемся одним из центров модной индустрии, башня

полностью соответствуют окружающей ее среде. Это не просто башня – проект создает связанный воедино композиционный ряд парков и торговых площадей, которым присущ особый колорит этой местности».



© FernandoGuerra

PALAZZO LOMBARDIA

Размещение: Милан, Италия
Владелец: Regione Lombardia
Архитектура: Pei Cobb Freed & Partners
Ассоциированные архитекторы: Paolo Caputo Partnership; Sistema Duemila Architettura e Ingegneria s.r.l.
Высота: 161 м
Этажность: 40
Назначение: правительственное здание
Конструкции: Thornton Tomasetti
Инженерные коммуникации: Arup
Сдача в эксплуатацию: март 2011

Лучшими в обеих Америках признаны башни **Absolute Towers**, прозванные «Мэрилин Монро» за изящные изгибы пышных форм. Они стали новым символом на горизонте Миссиссаги (Mississauga) – быстро растущего пригорода Торонто. Замысел архитекторов китайской мастер-

ской MAD воплотился в стремлении добавить городскому пейзажу нечто «очень естественное, изящное и человеческое, отличающееся от типичных безликих коробок большинства современных зданий». Характерной чертой проекта являются плавные непрерывные линии балконов, обрамляющие каждый этаж здания. Закручивающаяся форма башен достигается за счет удивительно простого и недорогого конструктивного решения.

Член жюри Дэвид Скотт (David Scott), руководитель команды инженеров по проектированию зданий и сооружений компании Laing O'Rourke, комментирует так: «В последние годы было создано несколько башен изогнуто-выпуклых форм. В некоторых из них для создания свободного контура использовались балконы, в других – внешняя сторона строения. В башнях Absolute видно, как

изгибается и закручивается само здание, благодаря чему достигается наиболее органичный силуэт и создается прекрасный новый ориентир развивающегося городского пространства».

Впервые СТВУН присудил премию за новаторство: его получило бюро Aedas за офисный комплекс из парных башен **Al Bahar Towers** в Абу-Даби. Жюри оценило механические защитные экраны на фасадах, управляемые компьютером и позволяющие снизить нагрев от солнца более чем на 50%, что позволяет создавать более комфортные условия для обитателей башни. Эти солнцезащитные экраны также формируют особую эстетику экстерьера здания. Фасад был задуман как современная интерпретация традиционного исламского узора, характерного для оформления «машраби» (популярного вида деревянной ажурной ширмы или ставни,



© TomArban

Absolute Towers

ABSOLUTE TOWERS

Размещение: Миссиссага, Канада
Владелец: Fernbrook and Cityzen
Архитектура: MAD architects
Ассоциированные архитекторы: Burka Architects
Высота: башня 1 – 179,5 м; башня 2 – 158 м
Этажность: башня 1 – 56 эт.; башня 2 – 50 эт.
Назначение: жилое
Конструкции: Sigmund Soudack
Инженерные коммуникации: Stantec
Сдача в эксплуатацию: август 2012

широко распространенной в народной исламской архитектуре и использовавшейся для обеспечения уединенности, а также уменьшения проникновения внутрь солнечного тепла и световых бликов).

Крис Уилкинсон (Chris Wilkinson), основатель и руководитель Wilkinson Eyre



Al Bahar Towers

© Courtesy Aedas

Architects, отмечает: «Фасад Al Bahar управляется современной компьютерной системой, которая оптимизирует поступление солнечного тепла и света, и такой уровень эффективности достигается впервые. Кроме того, концепция фасадной системы здания неразрывно связана с культурным контекстом самого города».

Также были вручены персональные награды. **Хельмут Ян** (Helmut Jahn), автор многих интересных небоскребов, включая Deutsche Post в Бонне, получил премию имени Линна С. Бидла (Lynn S. Beedle), основателя СТВУН, за жизненный вклад в архитектуру.

«Хельмут создал невероятное наследие высотных зданий, охватывающее весь земной шар. Его репутация человека, свободно ощущающего себя как в Европе, так и в Азии, будто у себя дома в Чикаго, основывается на его неизменном стремлении к совершенству и внимательном отношении к окружающей среде», – замечает Тимоти Джонсон (Timothy Johnson), председатель СТВУН и дизайн-партнер NBBJ.

Медаль имени Фазлура Р. Кхана (Fazlur R. Khan) была присуждена американским инженерам **Чарльзу Торнтону** (Charles Thornton) и **Ричарду Томасетти** (Richard Tomasetti). Их долгосрочные партнерские отношения обеспечили основу для многих ярких инновационных высотных зданий по всему миру. Это Taipei 101 на

AL BAHAR TOWERS

Размещение: Абу-Даби, ОАЭ
Владелец: Abu Dhabi Investment Council
Архитектура: Aedas Architects Ltd
Высота: 145 м
Этажность: 29
Назначение: офисное
Ассоциированные архитекторы: Diar Consult
Конструкции: Arup
Инженерные коммуникации: Arup
Сдача в эксплуатацию: июнь 2012

Тайване, Petronas Twin Towers в Малайзии, World Financial Center в Нью-Йорке, Plaza 66 в Шанхае и здание Mellon Bank в Питтсбурге. Не менее важно, что они занимаются преподавательской работой, помогая воспитать следующее поколение инженеров-строителей.

«Чарли и Ричард являются примером одного из самых прочных деловых содружеств в проектировании, напоминающая нам, что ни одно здание не является результатом труда только одного человека. Впервые представляя к этой награде сразу двух человек, Совет отмечает ценность сотрудничества этих профессионалов, участвовавших в создании нескольких важных мировых построек», – заявляет Уильям Бейкер (William Baker), партнер компании Skidmore, Owings & Merrill, член Попечительского совета СТВУН. ■

ПРОЗРАЧНО О ПРОЗРАЧНОМ

подбор толщины стекла заполнений светопрозрачных конструкций



Инженеры проектно-конструкторского бюро ООО «Алютерра СК» в течение многих лет накапливают опыт по решению задач, связанных с архитектурно-строительным проектированием фасадов как комплексных инженерных систем, обеспечивающих функции ограждающих конструкций здания на высоком современном уровне.

Текст ВИКТОР РАЗУВАЕВ, руководитель ПКБ ООО «Алютерра СК»



МФК с конгресс-холлом, Екатеринбург, ул. 9 Января

Традиционно большое внимание компаний ООО «Алютерра СК» уделяется качеству выпускаемой продукции, что предполагает технологичность, надежность и правовую обоснованность принятых проектных решений.

Специалистами нашей компании непрерывно проводится работа по поиску наиболее оптимальных решений различных инженерных задач в области проектирования современных фасадов.

Одной из важнейших задач в области проектирования светопрозрачных фасадов является подбор толщины стекол в составе светопрозрачных конструкций. В данной статье мы поделимся опытом в решении этой, на наш взгляд, недостаточно формализованной инженерной задачи.

Рассмотрим различные подходы к ее решению в контексте существующей нормативной базы РФ и ЕС. Особое внимание

уделим методикам подбора требуемых толщин стекла в составе стеклопакета.

РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ НА ИЗГИБ ДЛЯ СТЕКЛА

Подборка информации по прочности незакаленного и закаленного стекла, доступная в нормативной документации.

Незакаленное стекло – ГОСТ 111-2001 «Стекло листовое» [5]. Приложение Б (справочное). Прочность стекла на изгиб – 15 МПа.

Закаленное стекло – ГОСТ 30698-2000 «Стекло закаленное строительное» [6], «п. 4.1.10. справочные значения расчетного сопротивления стекла на растяжение при изгибе: листового – 120 МПа, узорчатого – 90 МПа».

В СН 481-75 «Инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации стеклопакетов» [3] предлагается в качестве рекомендуемого расчетного сопротивления на изгиб для закаленного стекла

использовать значение 250 кгс/см², для незакаленного стекла – 150 кгс/см².

В Европейском стандарте EN 13474 [7] предлагается, отталкиваясь от базовой прочности стекла (в зависимости от химического состава стекла, типа его преднапряжения и т. п.), вычислять расчетное сопротивление при изгибе (f_{gd}) следующим образом:

Для флоат-стекла:

$$f_{gd} = k_{mod} \frac{f_{gk}}{\gamma_m k_A} \gamma_n, \quad (1)$$

Для предварительно напряженных стекол:

$$f_{gd} = \left(\frac{f_{sk} - f_{sk}}{\gamma_s} + k_{mod} \frac{f_{gk}}{\gamma_m k_A} \right) \gamma_n,$$

где: f_{gk} – базовая прочность на изгиб для флоат-стекла – 45 МПа;

f_{sk} – для закаленного стекла – 120 МПа, для эмалированного термически закаленного стекла – 75 МПа, для эмалированного термически упрочненного стекла – 45 МПа;

K_A – размерный коэффициент, $K_A = A^{0.4}$, где A – площадь стекла;

K_{mod} – коэффициент, зависящий от длительности прикладываемой к расчетному элементу нагрузки (0,27 – для постоянной, 0,36 – для снеговой, 0,72 – для ветровой нагрузки);

γ_m – коэффициент надежности по материалу для незакаленного флоат-стекла – 1,8;

γ_n – коэффициент надежности по материалу для закаленных стекол – 2,3;

γ_s – коэффициент надежности по странам Евросоюза.

В ПКБ ООО «Алютерра СК» были сформулированы следующие рекомендации по назначению расчетного сопротивления на растяжение при изгибе:

– при воздействии временных кратких нагрузок на незакаленное стекло принимать значение расчетного сопротивления на изгиб – 15 МПа [5];

– при воздействии любых нагрузок на закаленное стекло принимать значение расчетного сопротивления на изгиб – 25 МПа [3];

– при воздействии постоянных нагрузок на незакаленное стекло площадью до 4 м² принимать значение расчетного сопротивления на изгиб – 6,4 МПа [7]. (См. также формулу 1);

– при воздействии временных длительных нагрузок на незакаленное стекло площадью до 4 м² принимать значение расчетного сопротивления на изгиб – 8,5 МПа [7]. (См. также формулу 1).

Надо отметить, что можно также использовать значение расчетного сопротивления на изгиб, рекомендуемое сертифицированной для данного вида работ лабораторией, на основании испытаний закупаемой партии стекла.

Особенности расчета многослойного стекла (триплекса)

В Европейском стандарте EN 13474 [7] расчет многослойного стекла сводится к вычислению его расчетной толщины – значения толщины монолитного стекла, при котором прогиб или максимальные напряжения в нем при прочих равных условиях эквивалентны рассчитываемому многослойному стеклу.

При определении расчетного сопротивления на изгиб для многослойного стекла наиболее важную роль играет фактор длительности прилагаемых нагрузок.

При воздействии постоянных и временных длительных нагрузок коэффициент совместной работы слоев в многослойном

стекле стремится к нулю, а при временной краткой нагрузке (ветровой) коэффициент совместной работы слоев безопасного многослойного стекла достигает 1.

Таким образом, при временных кратких нагрузках (ветровых) расчетную толщину безопасного ламинированного стекла для вычисления прогиба и максимальных напряжений предлагаем определять как сумму толщин всех слоев стекла.

Для временных длительных и постоянных нагрузок расчетную толщину для вычисления прогиба предлагаем определять как:

$$h_{ef;\omega} = \sqrt[3]{\sum h_i^3}. \quad (2)$$

Для временных длительных и постоянных нагрузок расчетную толщину для вычисления максимальных напряжений предлагаем определять как:



МФК, Москва, шоссе Энтузиастов, вл. 2-4

$$h_{ef;\sigma;j} = \sqrt{\frac{\sum h_i^3}{h_j}}, \quad (3)$$

где: $h_{ef;\omega}$ – расчетная толщина ламинированного стекла для расчета прогиба;

$h_{ef;\sigma;j}$ – расчетная толщина ламинированного стекла для расчета напряжения в j-ом стекле (для расчета напряжения необходимо брать значение для наиболее толстого стекла);

h_i – толщина i-го слоя ламинированного стекла;

h_j – толщина j-го слоя ламинированного стекла.

Нагрузки на стекла

в составе стеклопакета

Распределение нагрузки между

стеклами в составе стеклопакета

Инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации стеклопакета

СН 481-75 [3] позволяет учитывать совместную работу стекол в составе стеклопакета. В соответствии с п. 3.7 [3], расчетная нагрузка на стекло Q_p вычисляется по формуле:

$$q_p = g + (q + p)n + q_i + q_{am}, \quad (4)$$

где: g – расчетная нагрузка от собственного веса стекла (для зенитных фонарей);

q – расчетная ветровая нагрузка;

p – расчетная снеговая нагрузка (для зенитных фонарей);

q_i – расчетная нагрузка от изменения температуры воздуха, определяемая согласно указаниям п. 3.9 [3];

q_{am} – расчетная нагрузка от изменения атмосферного давления, определяемая согласно указаниям п. 3.10 [3];

n – коэффициент, принимаемый равным 0,55 – для двухслойных стеклопакетов, 0,36 – для трехслойных стеклопакетов со стеклами равной толщины.

Таким образом, в соответствии с СН 481-75[3], в однокамерном стеклопакете нагрузки на наружное и внутреннее стекло распределяются в следующей пропорции: 55% внешнего воздействия на стеклопакет приходится на наружное стекло и 45%, соответственно, на внутреннее. В двухкамерном стеклопакете на наружное стекло приходится 36% внешней нагрузки. (Внимание: данное распределение нагрузок верно только при одинаковых стеклах в составе стеклопакета!)

Методика задания нагрузок на отдельные стекла в составе стеклопакета, предложенная инструкцией СН 481-75, позволяет учитывать совместную работу стекол в составе стеклопакетов.

Расчет требуемой толщины стекол в составе стеклопакета в Европейском стандарте EN 13474 [7] также основан на учете совместной работы стекол в стеклопакете.

Европейский стандарт EN 13474 [7] не позволяет выполнять расчет двухкамерных стеклопакетов, но дает возможность выполнять статический расчет стекла различной толщины в составе однокамерного стеклопакета, а также одиночного фасадного стекла в составе светопрозрачной конструкции.

Описание математической модели, принятой в EN 13474 [7]

Распределение внешней нагрузки, приходящейся на внутреннее и наружное стекло, вычисляется в зависимости от относительной жесткости внутреннего и наружного стекла δ_1 и δ_2 , а также фактора воздействия воздушной прослойки ϕ :

ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФОРМЫ К5

Соотношение сторон «меньшая сторона»/«большая сторона»	k5* (линейная теория)
1	0,019
0,9	0,024
0,8	0,029
0,7	0,035
0,6	0,042
0,5	0,050
0,4	0,059
0,3	0,068
0,2	0,077
0,1	0,086
0	0,095

* – действительна при небольших прогибах

$$\delta_1 = \frac{h1^3}{h1^3 + h2^3}, \quad (5)$$

$$\delta_2 = \frac{h2^3}{h1^3 + h2^3}, \quad (6)$$

где:
h1 – толщина наружного стекла;
h2 – толщина внутреннего стекла;
 δ_1 – приведенная жесткость наружного стекла;
 δ_2 – приведенная жесткость внутреннего стекла.

А также вычисляется фактор воздействия воздушной прослойки ϕ :

$$\phi = \frac{1}{1 + \left(\frac{a}{a}\right)^4}, \quad (7)$$

где:
a – наименьший размер стеклопакета;
 $a = 28,9 \cdot \left[\frac{s \cdot h1^3 \cdot h2^3}{(h1^3 + h2^3) \cdot k5} \right]^{0,25}$, (8)
s – размер рамки стеклопакета [мм],
k5 – коэффициент формы стеклопакета.

Таблица 1.

Условия	Климатическая нагрузка (p_{co}) [кН/м ²]	Давление [кН/м ²]	
		Высотная нагрузка (p_{no}) [кН/м ²]	
		Для использования до высоты 400 м	Для использования до высоты 700 м
Лето	+12	+3,6	+8,4
Зима	-15	-3,6	-8,4

В соответствии с EN 13474 [7], при приложении кратковременной нагрузки к вертикально стоящему стеклопакету со стороны наружного стекла нагрузки на наружное и внутреннее стекло перераспределяются следующим образом:

– нагрузка на наружное стекло $F_{нар}$ при воздействии на него внешней нагрузки:

$$F_{внеш} - F_{нар} = (\delta_1 + \delta_2 \phi) \times F_{внеш}, \quad (9)$$

– нагрузка на внутреннее стекло $F_{внутр}$ при воздействии на наружное стекло внешней нагрузки:

$$F_{внеш} - F_{внутр} = (1 - \phi) \delta_2 \times F_{внеш}. \quad (10)$$

Данная методика позволяет находить значения максимальных напряжений и прогибов для внутреннего и наружного стекла. Это, в свою очередь, дает возможность прогнозировать величину прогиба отдельных стекол стеклопакета, что нередко является важным эстетическим параметром (отсутствие линз), который контролируется заказчиком.

НАГРУЗКИ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА СТЕКЛОПАКЕТ (ВЕТРОВЫЕ, СНЕГОВЫЕ, КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ВЫСОТНЫЕ) Снеговая и ветровая нагрузки

СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» (Актуализированная редакция) [2] отвечает на вопрос определения нормативной и расчетной ветровой и снеговой нагрузок на стеклопакет. В соответствии с данным нормативным документом, требуется учитывать воздействие пиковых нагрузок в соответствии с разделом 11.2 [2].

Климатическая и высотная нагрузки
Климатическая нагрузка – нагрузка, возникающая внутри стеклопакета из-за разницы температуры воздуха и метеорологического давления, между местом изготовления и местом применения.

Высотная нагрузка – нагрузка, возникающая из-за разности атмосферного давления.

В СН 481-75 [3] климатическая нагрузка q_i и высотная нагрузка $q_{ам}$ вычисляются с помощью номограмм, в зависимости от пло-

щади стеклопакета, соотношения сторон в нем, толщины стекол, температуры воздуха и разности атмосферного давления.

В Европейских нормах EN 13474 [7] климатическая и высотная нагрузки, воздействующие на стекла в составе стеклопакета, вычисляются по формуле:

$$F_{d1} = \phi \times (p_{no} + 0,9 p_{co}), \quad (11)$$

где:
 p_{no} и p_{co} принимаются в соответствии с рекомендуемой Таблицей 1 для различных климатических условий.
 ϕ – см. формулу 7.

ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ МЕТОДИК РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ СТЕКЛА (СТЕКЛОПАКЕТА) ПО ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ГРУППЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ Расчет толщины стекла в составе стеклопакета по Европейским нормам EN 13474 [7]

Данная методика позволяет выполнять расчет стеклопакетов с различной толщиной наружного и внутреннего стекла, опертых по контуру, а также производить расчет стеклопакетов, опертых по двум и трем сторонам.

В процессе расчета учитываются все нагрузки, воздействующие на стеклопакет.

В результате расчета определяются максимальные напряжения и прогибы стекол в составе стеклопакета от воздействия сочетания климатической, высотной, ветровой и снеговой нагрузок.

Данная методика позволяет также рассчитывать толщину многослойного и монолитного стекла.

К недостаткам можно отнести невозможность расчета двухкамерных стеклопакетов.

Расчет толщины стекла в составе стеклопакета по СН 481-75 «Инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации стеклопакетов» [3]

Данная инструкция позволяет выполнять расчет однокамерных и двухкамерных стеклопакетов с одинаковой толщиной стекол в них.

В результате расчета определяются максимальные напряжения и прогибы стекол в составе стеклопакета от воздействия сочетания климатической, высотной, ветровой и снеговой нагрузок.

Недостатком данного вида расчета является невысокая точность получаемого результата.

Расчет монолитного стекла
Формула Тимошенко [8]
Формулу Тимошенко рекомендуется использовать при расчете стеклянных

ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА β

Соотношение сторон a/b	β при $u = 0,25$
1	0,28
1,1	0,33
1,2	0,37
1,3	0,41
1,4	0,45
1,5	0,48
1,6	0,51
1,7	0,54
1,8	0,56
1,9	0,59
2	0,61
3	0,71
4	0,74
5	0,75

крыш и для стеклянных пластин, опертых по контуру. Предполагается, что стеклянная плита не претерпевает никаких горизонтальных перемещений.

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{(\beta \cdot 2,6 q)}{\sigma_s}}, \quad (12)$$

где:
t – толщина стеклянной пластины [мм];
 σ_s – допустимое расчетное напряжение [кН/м²];

q – нагрузка на пластину [кН/м²];
2,6 – коэффициент, учитывающий долговременную нагрузку, который используется только для стеклянных пластин;
b – более короткая сторона [м];
 β – коэффициент, учитывающий форму материала (см. табл. 1).

Упрощенная формула Вигена [8]

В некоторых случаях для определения толщины стеклянной пластины кровли также применяют упрощенную формулу Вигена:

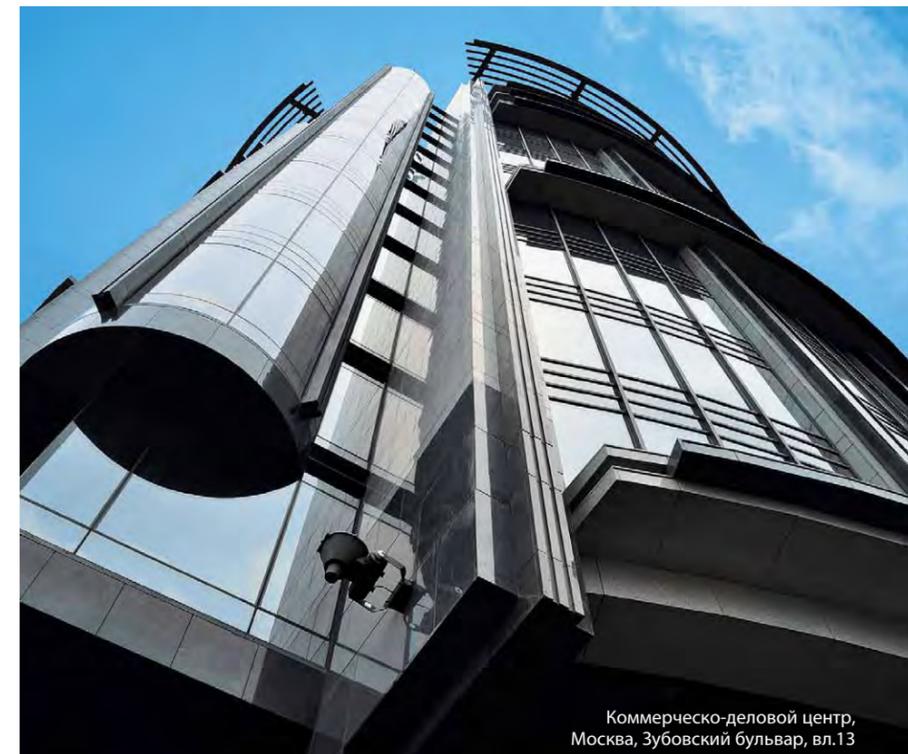
$$t_p = \sqrt{\frac{0,75 b^2 \cdot q}{\sigma_s \cdot \left[1 + 1,6 \left(\frac{b}{a} \right)^3 \right]}}, \quad (13)$$

где:
q – давление ветра [кН/м²];
a – более длинная сторона [м];
b – более короткая сторона [м].

Формула Маркуса [8]
Метод измерения толщины стеклянной пластины в вертикально расположенном окне, отклонение которого от вертикали не превышает 10°, а отклонение верхнего края от вертикальной плоскости, проходящей через нижний край, не более 300 мм.

$$t = \sqrt{\frac{3 \cdot p}{4 \cdot \sigma_s} \left(1 - \frac{5}{6} \frac{r^2}{1+r^4} \right) \frac{r(1-v_r^2)}{1+r^4}}, \quad (14)$$

где:
r = b/a;



Коммерческо-деловой центр, Москва, Зубовский бульвар, вл.13

p – полная ветровая нагрузка на стеклянную пластину q x a x b [кН];
v – коэффициент Пуассона (для стекла 0,25);

σ_s – допустимое расчетное напряжение [кН/м²].

* – по материалам журнала «Стеклостроитель», выпуск за 1997 год.

В общем случае специалисты нашей компании используют математическую модель, предлагаемую Европейскими нормами EN 13474 [7], с внешними нагрузками и значениями расчетных физико-механических характеристик стекла в соответствии с нормами РФ.

Для предварительных расчетов, в том числе и для двухкамерных стеклопакетов, считаем возможным в определенных случаях использовать нагрузки, вычисляемые с помощью СН 481-75 [3] (только для одинаковых стекол в стеклопакете).

Расчет одиночных стекол осуществляется в нашей компании с использованием математической модели, предлагаемой Европейскими нормами EN 13474 [7], с внешними нагрузками и значениями расчетных физико-механических характеристик стекла в соответствии с нормами РФ.

Также, на наш взгляд, для нахождения требуемой толщины стекла по критерию обеспечения необходимой прочности вертикально стоящих одиночных стекол,

опертых по контуру, допустимо использование формулы Маркуса, а для кровельных одиночных стекол, опертых по контуру, допустимо использование формулы Тимошенко.

Мы приносим свои извинения читателям, что ввиду естественных ограничений по объему печатаемого материала информация в данной статье изложена тезисами, также не затронута очень интересная тема расчета стеклянных пластин с использованием численных методов. Но мы будем рады продолжить общение со всеми заинтересовавшимися вопросом решения этой очень интересной инженерной задачи. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. МДС 56-1.2000 «Рекомендации по выбору и устройству современных конструкций окон»// Москва, 2000;
2. СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»// Москва, 2002;
3. СН 481-75 «Инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации стеклопакетов»;
4. ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения»;
5. ГОСТ 111-2001 «Стекло листовое»;
6. ГОСТ 30698-2000 «Стекло закаленное строительное»;
7. EN 13474 European standard Glass in building – Design of glass panes;
8. Журнал «Стеклостроитель», выпуск за 1997 год.

УГОЛ ПАДЕНИЯ CAPITAL GATE

Текст д-р Пейман Аскари Нежад, директор Ted Jacob Engineering Group, США; Джефф Шофилд, канд. техн. наук, инж. компании Robert Mathew Johnson Marshall, Дубай, ОАЭ

История знает немало примеров возведения знаковых архитектурных объектов, приуроченных к проведению различных выставок. Много лет назад в Париже была построена Эйфелева башня, призванная стать входными воротами и визуальным символом Всемирной выставки 1889 года. В 2005 году фирма ADNEC (Национальная выставочная компания Абу-Даби) начала строительство нового ультрасовременного выставочного центра, который станет крупнейшим сооружением подобного рода в регионе Персидского залива и обеспечит проведение различных мероприятий на самом высоком уровне, символизируя рост и процветание современного Абу-Даби.

ПРИНЦИП ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЯ

Изначальный замысел был продиктован необходимостью возведения совершенно необычного объекта – конструкции, которая стала бы синтезом футуристического дизайна, эстетического великолепия и технического совершенства, знаменуя собой новую веху человеческих достижений и динамичное развитие столицы Арабских Эмиратов.

Изогнутый силуэт башни вдохновлен образами моря и пустыни – двух основных элементов окружающей Абу-Даби природы. Форма здания имитирует закрученную спираль песчаного вихря, а изогнутая конструкция пристройки, получившей название «Всплеск», подобно накатывающей на высокий берег волне, плавно переходит в вертикаль одной из сторон башни, подчеркивая близость здания к воде и роль города как продолжателя традиций древней морской державы.

С западной стороны обширный навес объединяет здание с одним из самых знаменитых сооруже-

ний страны – National Day grandstand – трибуной, с которой принимаются военные парады. Это еще раз подчеркивает связь новой башни с традициями и современностью – сочетание, характеризующее суть Абу-Даби.

ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА ЗАСТРОЙКИ

Здание Capital Gate изначально задумывалось как «падающая башня», так как заказчик хотел создать сооружение, выделяющееся на фоне общей застройки. Она должна была контрастировать и с низкой горизонтальной крышей выставочного зала, с которым ее планировалось соединить, и одновременно выделяться на фоне окружающих высотных конструкций. Выгодное расположение Capital Gate на краю береговой линии определенно имеет существенные преимущества и делает постройку городской доминантой, видимой со всех концов Абу-Даби.

ПРИВЯЗКА ПЛАНА ОСНОВАНИЯ К СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ПОСТРОЙКЕ ADNEC

Capital Gate Tower – центральный элемент выставочных павильонов компании ADNEC, а также визуальная доминанта ей же принадлежащей застройки, включающей 23 башни, среди которых есть отели известнейших компаний, коммерческие и жилые комплексы, а также постройки смешанного назначения. Эти объекты выстроены вдоль городской высокоскоростной трассы, проходящей по всей линии юго-западного побережья полуострова. В дальнейшем его планируется застроить морскими гаванями с причалами, спортивными сооружениями и другими зданиями, которые сделают жизнь горожан более комфортной.

Силуэт Capital Gate контрастно выделяется на горизонте за счет некоторого удаления от тесной многоэтажной застройки на восточной стороне участка, также принадлежащей компании ADNEC. Такое

CAPITAL GATE TOWER

Расположение: Абу-Даби, ОАЭ

Назначение: офисы и отель

Высота: 165 м

Этажи: 35

Общая площадь: 53 100 кв. м

Менеджер проекта: Mace

Проектная компания: ADNEC

Архитектурное проектирование: RMJM

Главный подрядчик: Al Habtoor Group

Подрядчик стальных конструкций:

Eversendai

Подрядчик по производству фасада:

Waagner Biro

Инженерно-строительная компания:

RMJM & TJEG

Инженерные системы: RMJM & TJEG

Дизайн интерьера: U + A Design

Консультант по созданию фасада: Hyder

Консультант по ландшафту:

Аль Хатиб Кракнель (Al Khatib Cracknell)

Завершение проекта: 2011

несколько обособленное расположение позволяет любоваться из окон башни великолепными видами на море и всю береговую линию полуострова, не заслоняемыми другими высотными постройками.

АРХИТЕКТУРНОЕ ВЫРАЖЕНИЕ

Необычная конфигурация башни создается не только за счет вызывающе смелого угла наклона, она также имеет совершенно нетипичную форму воронки, спирально расширяющуюся вверх и наружу. Этот изгиб создает выразительные скульптурные формы, которые дополнительно выделяются различными вспомогательными архитектурными элементами. Остекление фасадов подчеркивает обтекаемую форму спиралевидной конструкции, расчерченную диагонально-сетчатыми элементами конструктивной системы каркаса. Это решетчатое плетение заполнено сделанными по специальному заказу стеклопакетами, ромбовидная сетка которых обертывает всю внешнюю поверхность здания. Сплошное остекление прерывается только в местах двух входов в башню на первом этаже – там, где расположен ведущий к автостоянке пешеходный мост, а также при выходе на террасу на крыше примыкающей к зданию конструкции, получившей название «Всплеск».

Более чем монументальный масштаб Capital Gate сдерживается более низкой конструкцией «Всплеска», которая затеняет южный фасад. Экранирующая металлическая сетка, обволакивающая с юга нижнюю часть башни, добавляет как сложности, так и завершенности общему облику здания, символически разделяя его на две части – нижнюю, где размещаются преимущественно офисные помещения, и отель, расположенный в его верхней половине.

Эффектное архитектурно-пространственное решение отражает тщательную продуманность облика

ИННОВАЦИИ, ПРИМЕНЕННЫЕ В ПРОЕКТЕ:

- 35-этажное здание занесено в Книгу рекордов Гиннеса из-за уникального угла наклона к западу на 18 градусов – как «самая наклонная рукотворная башня в мире».
- Первое здание в мире, имеющее ядро, изогнутое относительно центральной оси поэтажно на 350 мм, что было осуществлено для увеличения площади верхних этажей.
- Первое в мире здание, построенное с использованием вертикального ядра из постнапряженного бетона, противодействующего усилиям, возникающим в ядре из-за его наклона.
- Некоторая часть свай фундамента работает на растяжение. Во время строительства все 490 свай находятся под давлением, поддерживая нижние этажи здания и противодействуя нагрузкам, вызванным консольно нависающими этажами башни. Свайное основание, расположенное под частью здания с противоположной стороны, находится в напряжении.
- Capital Gate является одним из немногих в мире зданий, для облегчения экзоскелета которого использовалась система diagrid – крестообразного конструктивного модуля, различные модификации которого были повторены не только в формирующей фасад ограждающей конструкции, но и при устройстве конусообразного атриума в верхней части башни.

Вертикальный разрез
здания



Усиленное армированное каркасом бетонное ядро вертикально проходит вдоль всего профиля башни. При его создании были использованы две инновационные технологии:

- Сдвинутое от центральной оси ядро; при строительстве ядру башни намеренно придали легкое отклонение от центральной оси ядра, направленное в противоположную сторону от изгиба самого здания, что позволило сделать конструкцию более устойчивой и снизить дополнительную нагрузку.

- Пост-напряженное ядро; вертикальные арматурные кабели были натянуты для противодействия наклону. Эти кабели устанавливаются в вертикальные сегменты, которые перекрывают друг друга через каждые 7 этажей. Натянутые вместе, они охватывают всю высоту ядра, поддерживая его в идеально вертикальном положении.

Это вовсе не нацелено на работу против усилий от ветровых нагрузок. В Абу-Даби не бывает сильных ветров, поэтому Capital Gate справляется с ветровыми нагрузками за счет сочетания:

- плотной сети несущих стен;
- системы ауригеров на 17, техническом, этаже башни, с помощью которой внешняя каркасная система крепится к внутреннему ядру башни.



постройки, когда, исходя из внешнего вида конструкции, зритель со стороны легко может догадаться о функциональном назначении его внутренних помещений. Входная группа отеля, из окон которой посетители могут полюбоваться панорамными видами Абу-Даби, находится на 18 этаже, на уровне самой высокой точки «Всплеска». Бар в фойе отеля имеет высоту двух этажей, консольно выступающая за пределы решетчатого экзоскелета конструкции и обеспечивая гостям эффектный вход. Обеденный зал также имеет удвоенную высоту потолков, он расположен в том месте, где снаружи башня изгибается под самым крутым углом.

За счет воронкообразной формы Capital Gate и, соответственно, расширения верхней части конструкции, стало возможным размещение там центрального атриума, также повторяющего форму воронки, вокруг которого группируются жилые этажи отеля. Это, пожалуй, самое удивительное открытие, ожидающее посетителя внутри здания. Имеющий форму перевернутого конуса, а также спиралевидную структуру и наклон, атриум вырезан внутри жесткого внутреннего каркаса башни. В его конструкции также использовалась система диагонально-сетчатых элементов, служащая одновременно и внешним каркасом здания, и помогающая внутреннему пространству обрести те же обтекаемые формы, которые зритель может видеть извне. Внутри кажется, что атриум имеет довольно скромные размеры, и это отсутствие масштабности, в купе с приглушенным освещением за счет расположенных на крыше светофильтров, создает в интерьере гостиницы атмосферу расслабленности и покоя.

КОНСТРУКТИВНАЯ СИСТЕМА БАШНИ

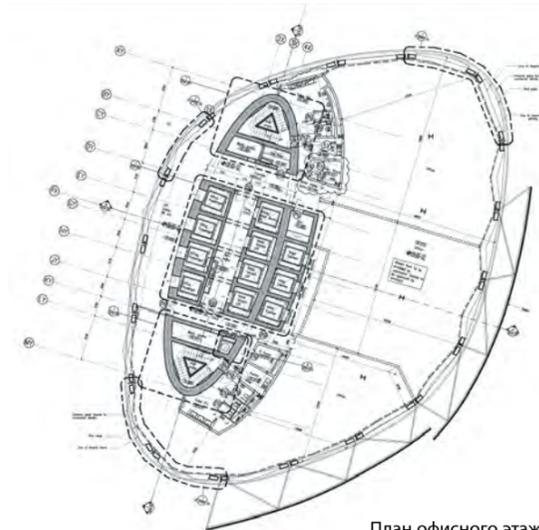
Башня имеет многофункциональное назначение: здесь размещаются офисы класса А, пятизвездочная гостиница и, конечно же, магазины розничной торговли. 160-метровое здание состоит из 34 надземных этажей и одного цокольного, уходящего под землю на глубину 5,2 метра. Высота межэтажных перекрытий составляет 4 м во всей башне, за исключением первого этажа (+8,0), мезонина (+16,0), первого технического этажа (+24,0) и еще одного технического отсека, занимающего 17 этаж (+84,0), где она составляет 8 метров. Это позволило выдержать вертикальность расположения внешнего каркаса диагонально-сетчатых конструкций.

В основании башня строго вертикальна, ее наклон в западную сторону начинается с выдвинутой двухэтажной консоли, которая работает как противовес. В результате здание приобрело желаемые обтекаемые формы, и стало возможным использовать систему diagrid, где один конструктивный элемент рамы с крестообразной поперечиной простирается на высоту двух этажей. Внешний диагонально-сетчатый каркас обеспечивает поперечную устойчивость (~30%) конструкции и действует в качестве периметрального несущего каркаса для перекрытий этажей.

Основным элементом, обеспечивающим зданию поперечную устойчивость (~70%), является овальное бетонное ядро, проходящее строго вертикально по центру всей башни. Ядро включает лифтовые шахты, лестницы и некоторые технические помещения. Башня составляет одно целое с одноэтажным бетонным фундаментом, который служит подиумом, а крепления для внешнего диагонально-сетчатого каркаса на уровне первого этажа крепятся на бетонный столб, служащий опорой системе кольцевых балок. Между ядром и внешним каркасом два ряда стальных колонн поднимаются до середины здания. Внешний диагонально-сетчатый каркас обрамляет этажи, продольная ось которых поддерживается двумя рядами колонн: внешние доходят до 13 этажа, а внутренний ряд останавливается на 17-м. Внутренний диагонально-сетчатый каркас начинается с 18 этажа и доходит до крыши, формируя атриум.

Вход в гостиницу на уровне 19 этажа отмечен завершением легкой металлической конструкции «Всплеск», внешне напоминающей ажурную тканую сеть. Она начинается на месте соединения башни с трибуной и поднимается до выступающей с этой стороны здания площадки с бассейном, также расположенной на 19 этаже.

«Всплеск» обеспечивает затенение южного фасада, наиболее страдающего от солнечного излучения. Конструкция из металлической сетки, натянутая на легкий стальной каркас, крепится к башне стальными кронштейнами. Наружный волнообразный декор в виде шлейфа – это стальной козырек, который задерживает более 30% солнечного тепла, тем самым уменьшая потребность в кондиционировании помещений. Выступающая терраса на 19 этаже, на которой расположен плавательный бассейн, поддерживается



План офисного этажа

системой усиленных стальных ферм и колонн, наклоненных к двум нижним этажам. Наружные стальные фермы, являющиеся частью системы из ферм и наклонных колонн, поддерживают бассейн и верхнюю часть конструкции «Всплеск».

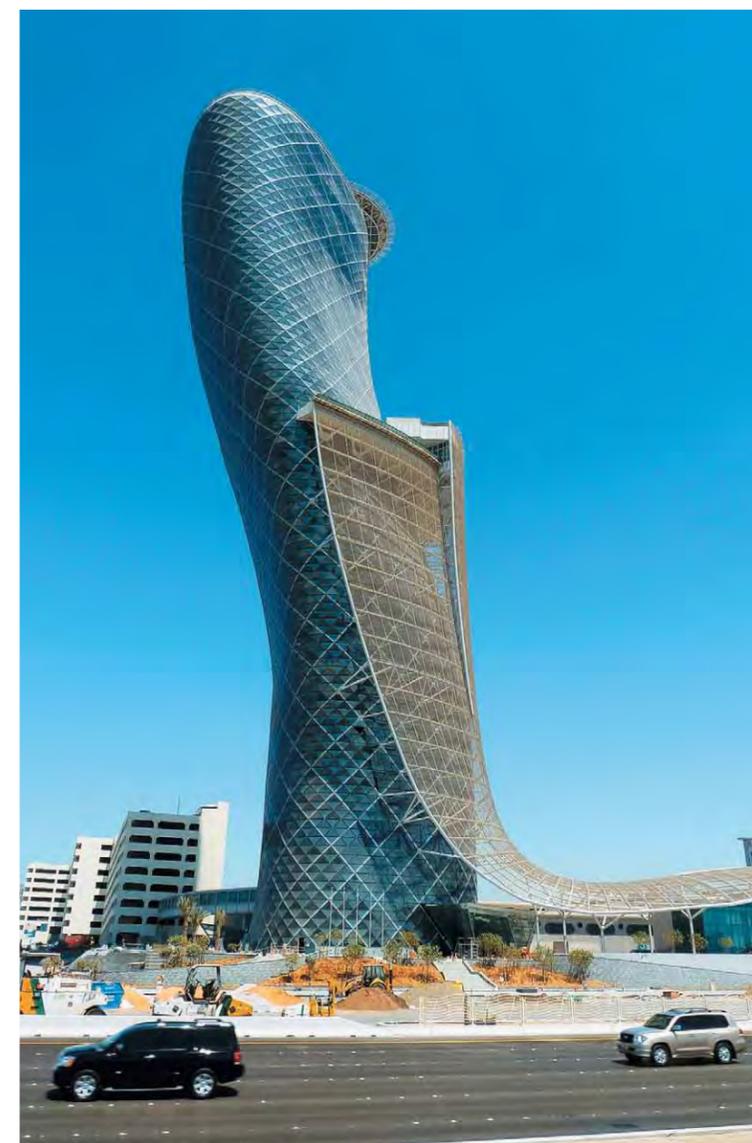
Основой Capital Gate является вертикальное бетонное ядро, окруженное стальной диагонально-сетчатой конструкцией, которая формирует внешние очертания башни. Распределяющие нагрузку соединительные узлы поддерживают сложную металлическую конструкцию и бетонные плиты перекрытий. Атриум образуют прикрепленные к ядру стальные трубчатые диагонально-сетчатые конструкции сечением около полуметра. Стальные двутавры охватывают пространство между внешней и внутренней решеткой каркаса, создавая свободное от колонн внутреннее пространство с обычными перекрытиями, длина которых достигает около 12 метров.

Внешняя сетка диагонально-сетчатой конструкции состоит из полых квадратных модулей, каждый трубчатый элемент которых в сечении равен 600 x 600 мм. Высота одного этажа, который охватывает сетка, составляет 4 метра. Все ромбовидные элементы диагонально-сетчатого каркаса устанавливаются под определенными углами, расчет величины которых произведен при помощи современных компьютерных технологий. Каждый элемент сварной стальной сетки имеет разную длину, в зависимости от угла, под которым он соединяется. Внешние элементы сетки сделаны из сварных стальных пластин, толщина которых составляет 80 мм внизу этажа, постепенно уменьшаясь до 40 мм наверху. Формирующая атриум внутренняя конструкция diagrid выполнена из опять-таки полых круглых стальных профилей диаметром 400 мм.

Соединительные узлы диагонально-сетчатого каркаса расположены на уровне каждой из плит межэтажных перекрытий в местах их объединения в каркасную систему. Модули диагонально-сетчатой конструкции имеют различные размеры, а точ-



Конструкция «Всплеск»





Интерьер кафе

ПРЕИМУЩЕСТВА:

- Быстрое строительство.
- Могут использоваться перфорированные балки вместо обычных стальных (со стратегическими проходами), с тем чтобы обслуживающий персонал мог пройти через проходы, что ведет к уменьшению высоты этажей в свету или к увеличению чистой высоты потолков помещения.
- Максимальная чистая высота потолков помещения равна 2900 мм.
- Недостатки:
 - Потенциальная высокая стоимость, обусловленная использованием перфорированных стальных перекрытий.
 - Размеры пустот в перфорированных балках должны устанавливаться специальными службами.

ность их стыковки обеспечивается компьютерными технологиями. Внешняя часть каркаса изначально предусматривала остекление фасада стеклопакетами, смонтированными в диагонально-сетчатую конструкцию, которые поддерживаются как внешней, так и внутренней основой каркаса.

На возведение здания ушло 13 200 тонн металлоконструкций и свыше 10 000 тонн арматуры. Экзоскелет состоит из 702 узлов внешней сетки, к которым добавляются 5 узлов внешней ложной сетки на уровне этажей 18 – 18М – 19, а также 120 внутренних узлов диагонально-сетчатого каркаса, расположенных в местах пересечения составляющих ее конструктивных элементов. В узловых точках два полых элемента конструкции соединяются со смещением в двух осях, а проходящая вдоль окружности здания краевая балка перекрытия соединяется вдоль их поверхностей в третьей оси. Поскольку, из-за обтекаемой формы башни, ни одна из облицовочных панелей не компланарна другой, каждый узел, образованный тяжелой крестовидной распоркой, уникален. В целях уменьшения смещения элементов диагонально-сетчатой конструкции, в узловых точках был применен метод «деления бисекторных плоскостей пополам».

Круглая форма и диагонально-сетчатая структура конструкции сообщают зданию устойчивость и сопротивление крутящему моменту. Расположенная на первом этаже массивная бетонная кольцевая балка пере-

дает усилие от диагонального каркаса к фундаменту башни. Стоит отметить, что Абу-Даби находится в зоне низкого сейсмического риска, и для обеспечения безопасности и жесткости конструкции были приняты меры, соответствующие этим показателям.

Легкая солнцезащитная металлическая сетка спускается с террас, расположенных на уровне 18 и 19 этажей. В свою очередь, террасы консольно выступают на 12 метров от основного массива башни. Они крепятся к внешнему каркасу конструкции стальными профилями, которые доходят до следующего нижнего этажа. На том же техническом этаже, с противоположной стороны башни, внутренний каркас верхней атриумной зоны крепится к ядру здания диагональными стальными профилями. Этот расположенный примерно на середине здания технический этаж связывает между собой все основные конструктивные элементы башни.

СИСТЕМА МЕЖЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Система межэтажных перекрытий выполнена из 90-миллиметрового бетона (110 мм на техническом этаже), залитого на 80-миллиметровый стальной профнастил (минимум CNT = 0,91 мм) по вторичным стальным балкам, поддерживаемым главными стальными балками. Последние соединяются непосредственно с узлами внешнего диагонально-сетчатого каркаса, пролекая через пол и соединяясь с центральным железобетонным каркасом или внутренним стальным диагонально-сетчатым каркасом. В некоторых случаях магистральные перекрытия – это балки из многослойной стали, служащие для улучшения характеристик вибрации и ускорения.

Характеристики вибраций системы были исследованы для различных типов помещений (торговых, офисных, спортивных залов и отеля), и жесткость элементов системы межэтажных перекрытий была спроектирована с расчетом на ограничение частоты колебаний массы здания от 4,9 Гц и выше.

ПРОЦЕСС СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЯ

Контроль качества строительства и компьютерное моделирование сложных элементов диагонально-сетчатого каркаса Capital Gate на каждом этапе осуществлялся компанией Tekla Structures. Обтекаемые формы здания создавались при помощи компьютерных программ. Что касается конструктивных элементов внешнего каркаса – их моделировали с минимальными изгибами, используя метод «деления бисекторных плоскостей пополам». Коррекция этих величин производилась по результатам трехмерного моделирования, осуществленного при помощи оборудования компании Tekla Structures, которое применялось при расчете углов крестообразных вершин. Длина сварных соединений модулей рассчитывалась таким образом, чтобы правильно смоделировать соединение крестообразных узлов. В процессе создания модели также переносились точки соединения узлов, чтобы избежать проблем совмещения между элементами конструк-

ции, которые могли бы в результате привести к эксцентриситету в узлах соединений.

В модели был измерен эксцентриситет, и эта величина использовалась при расчете соединений. Фактические размеры длины элементов были взяты из предварительной модели, разработанной на начальной стадии проекта при составлении сметы расхода материалов. Это помогло сократить отходы. Необходимое число крепежных элементов (болтов и др.) и расход краски были рассчитаны в программе Tekla Structures. Списки элементов узлов конструкций, полученные в результате компьютерного моделирования, проведенного компанией Tekla, были сведены в рабочие таблицы. На их основе проводились сборка, окраска и монтаж конструкций. Контролировались работы также при помощи этих рабочих таблиц.

БЫСТРАЯ, БОЛЕЕ ТОЧНАЯ СБОРКА

Благодаря использованию файлов Tekla Structures, процесс сборки стал более быстрым и точным. Для сборки элементов диагонально-сетчатого каркаса были сделаны временные монтажные приспособления на основе данных, полученных в результате компьютерного моделирования. Подгонка каждой части вершины модуля также осуществлялась на основе его трехмерной модели. Локализация центра тяжести и вес каждого узла тоже были взяты из этой модели строительных расчетов. Эти данные использовались в процессе монтажа и возведения конструкции, чтобы решать возникающие вопросы и выбирать методы подъема сборных блоков.

Расчет креплений, сделанный на основании меток сборочных узлов, помог группе специалистов контролировать монтажные работы. Глобальные трехмерные координаты, взятые из модели Tekla, использовались для того, чтобы узлы диагонально-сетчатого каркаса были установлены точно. После этого модель, разработанная Tekla, была передана группе специалистов по плакированию, чтобы они могли спроектировать систему облицовки фасадов. Трехмерная модель использовалась для сверки и координации при возведении архитектурного контура здания, чтобы исключить проблемы совмещения. Таким образом, модель, разработанная компанией Tekla, сыграла жизненно важную роль в завершении работ наиболее безопасным и быстрым способом.

ВНЕШНИЙ ДИАГОНАЛЬНО-СЕТЧАТЫЙ КАРКАС

Внешние детали диагонально-сетчатого каркаса – это RHS (ромбовидные полые профили) размером 600 x 400 мм с различной толщиной (16 – 40 мм). Использование элементов модуля, имеющих прямоугольную, а не круглую в разрезе форму, должно в итоге дать плоскую поверхность, более удобную для крепления импостов остекления фасадов и одновременно способствующую созданию пластики внешнего рисунка облицовки.

Соединительные элементы («вершины») конструкции состоят из крестообразных пластин, приварен-

ных к пересекающимся элементам крестообразных раскосов и скрепленных болтами с внешней анкерной балкой (HRS 250 x 600).

Каждая точка «вершины» включает две детали каркаса, которые продолжают от этажа к этажу, создавая часть А-образной формы. Эти детали не обязательно изготавливаются на самой строительной площадке, они могут быть просто смонтированы там, приварены или скреплены болтами с другими, уже установленными, элементами узлов.

Необходимо заметить, что каждый узел «вершины» будет иметь различный угол наклона – за счет



Интерьер холла

его расположения и провисания конструкции от собственного веса.

ВНУТРЕННИЙ ДИАГОНАЛЬНО-СЕТЧАТЫЙ КАРКАС

Внутренний диагонально-сетчатый каркас здания начинается с 17 этажа и поднимается до крыши, образуя атриум для этажей отеля. Внутренний каркас держится на бетонных балках-стенках, которые выходят из центрального бетонного ядра на уровне 17 и 18 этажей (от L17 до L18).

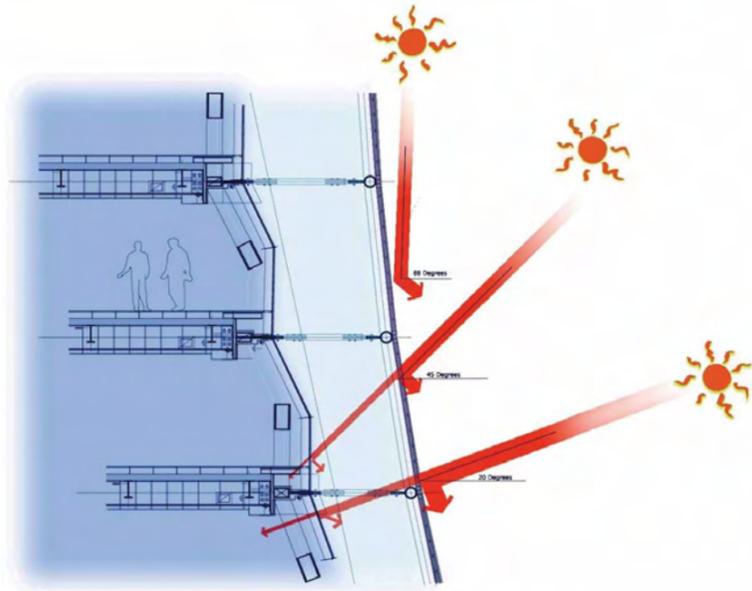
Детали внутреннего диагонально-сетчатого каркаса – это круглые полые профили (CHS), диаметром 500 мм и различной толщины (16 – 32 мм). Использование элементов круглой, а не прямоугольной в разрезе формы сечения было предложено для создания отличной визуальной перспективы в атриуме отеля. Детали соединительных узлов («вершины») аналогичны узлам внешнего диагонально-сетчатого каркаса.

ВЕРХНЯЯ ЧАСТЬ ЗДАНИЯ НАД ТРИБУНОЙ

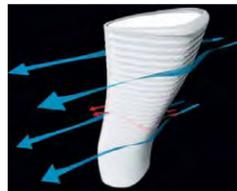
Навес – это легкая перфорированная металлическая панель, которая составляет единое целое с примыкающей к основной части небоскреба конструкцией «Всплеск», чтобы создать непрерывную поверхность, поднимающуюся (или «стекающую» вниз) по башне, и простирающуюся поперечно – чтобы покрыть существующую трибуну. Расширение в конце левой стороны навеса служит соединительным элементом с конструкцией «Всплеска». Навес составляет при-



Монтаж фасада



Отражение солнечных лучей от фасада



близительно 240 метров в длину и имеет те же компенсационные соединения на тех же самых линиях, что и существующая трибуна.

КАРКАСНАЯ СИСТЕМА НАВЕСА

Каркасная система навеса состоит из открытых стальных ферм, с пролетами в 6 м от центра, поддерживаемых наклонными стойками, которые соединяются с фермами в пределах одной трети их длины, составляя консоли из внешних двух третей фермы. Наклонные стойки прикреплены к верхнему уровню конструкции.

ФАСАДЫ

Облицовка Capital Gate состоит из двух элементов:

- системы стеклянных навесных панелей;
- системы металлической сетки, защищающей от солнца.

Они были выполнены одним изготовителем, чтобы гарантировать их совместимость между собой и со стальными конструкциями диагонально-сетчатого каркаса, к которому они крепятся.

Навесной фасад состоит из панелей ромбовидной формы, расположенных друг за другом по всей высоте здания. Каждый ромбовидный блок простирается на высоту 2 этажей и имеет ширину приблизительно 8 × 8 метров по размеру среднего модуля диагонально-сетчатого каркаса. Панели крепятся в соответствии с конфигурацией диагонально-сетчатого каркаса, который несет их вес вертикально. Для улучшения аэродинамического сопротивления ветру панели жестко крепятся к середине межэтажной плиты перекрытия, несущей горизонтальную нагрузку.

Элементы модулей навесного фасада состоят из двух компонентов:

- стальные рамы были произведены в Австрии. Профиль рамы имеет форму треугольника, который может нести нагрузки во всех направлениях;

– стеклянные части конструкции были изготовлены в ОАЭ из низкоэмиссионного, очень прозрачного, с хорошей теплоизоляцией и сниженным бликованием стекла.

Монтаж панелей осуществлялся в Абу-Даби. Они были перевезены к месту строительства на негабаритных грузовиках с платформой для крупногабаритных грузов, изготовленных на заказ.

Солнцезащитная сетка сделана из легких металлических рам с проволочной основой из нержавеющей стали. «Всплеск» – гибкая конструкция, спроектированная таким образом, чтобы повторить формы изгиба основного массива башни. Задняя часть конструкции этого элемента каждые 5 этажей крепится к основной части здания при помощи стальных профилей круглого сечения. На каждом этаже есть дополнительные крестообразные стержни. Соединительные элементы отходят от каждой вершины диагонально-сетчатого каркаса и проходят через навесные панели фасада, соединяясь со стальным каркасом. Поскольку конфигурация здания изменяется от вертикали к горизонтали, стальные модули «Всплеска» располагаются таким образом, чтобы конструкции устанавливались в строго определенном порядке.

Монтаж фасадных модулей выполнен различными способами:

- элементы навесного фасада собраны и помещены на место изнутри;
- очистка фасада может производиться с внешней стороны с помощью лебедки;
- солнцезащитные элементы подняты и собраны с помощью лебедки.

Использование лебедки – обычный метод на Ближнем Востоке. Конструкция Capital Gate имеет крюки с проушиной в местах соединения навесного фасада с каждым узлом диагонально-сетчатого каркаса; таким образом, с помощью лебедки нанятые альпинисты могут подняться к консольным поверхностям. Внутри конструкции «Всплеска» благодаря лебедке можно маневрировать так, чтобы чистить и стеклянные поверхности, и металлическую сетку.

ТЕХНОЛОГИИ, НЕ НАНОСЯЩИЕ УЩЕРБА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

При проектировании Capital Gate все детали проекта, начиная от выбора месторасположения до процесса строительства и функционирования башни, рассчитывались, в первую очередь, с учетом экологических характеристик и требований к возведению высотных зданий. Эти аспекты учтены и усиливаются смелой формой конструкции, которая гораздо более сложная, чем кажется на первый взгляд.

С точки зрения городской планировки, здание Capital Gate максимально использует экологический потенциал своего местоположения, что подчеркнуто солнечным затенением на южном фасаде, при открытости океанским просторам – на северо-западе.

Экранирующая металлическая сетка на Capital Gate продолжается до существующей трибуны, олице-

творяя собой образцовый пример экологического подхода к окружающей среде. Кроме того, фотогальванические панели на крыше автостоянки не только дают необходимое затенение, но и снижают энергетические затраты здания.

Органическая форма Capital Gate позволила сэкономить строительные материалы, снизить затраты энергии и выбросы углерода во время строительства;

– округлая аэродинамическая форма башни имеет меньшее сопротивление ветру, чем прямоугольное строение, что снижает количество конструктивных элементов, необходимых для восприятия поперечных нагрузок;

– круглый фасад эффективнее ограждает пространство, чем прямоугольный, и его требуется меньше, чем для здания традиционной формы;

– стальной диагонально-сетчатый каркас эффективно ограждает пространство, используя длинные 12-метровые пролеты без колонн.

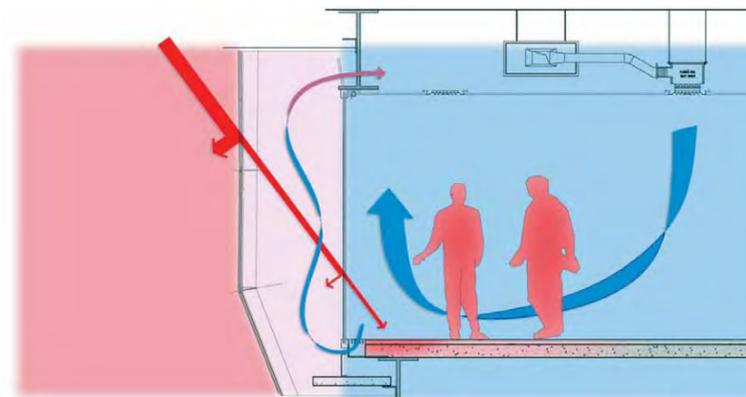
В результате, требуется меньшее количество строительных материалов как для элементов конструкции, так и для фасада. Это – снижение в затратах бетона, стали и стекла, материалах, которые имеют высокое содержание углерода и являются энергетически затратными при производстве. Следует добавить, что было применено стекло местного производства, что дополнительно снизило загрязнение от выхлопных газов за счет снижения объемов его перевозки.

Коллективы дизайнеров интегрировали в проект здания Capital Gate максимум деталей, не наносящих ущерба окружающей среде, что в дальнейшем снизит потребление энергии во время его эксплуатации. Эти аспекты включают пассивные и активные системы, такие как:

- затенение солнцезащитной металлической сеткой;
- двойной фасад;
- эффективное остекление;
- наличие обильной растительности на крыше первого этажа;
- водопровод с низким расходом воды;
- местное охлаждение;
- кондиционирование воздуха с переменной скоростью;
- теплообменная вентиляция;
- контроль и управление расходом энергии.

Самая заметная особенность здания Capital Gate, не наносящая ущерба окружающей среде, – конструкция «Всплеск», которая расположена с южной стороны строения, чтобы максимально защитить башню от попадания прямого солнечного света. Металлическая сетка на 30 % уменьшает солнечный нагрев, что снижает нагрузку на системы кондиционирования воздуха на затененных ею этажах. Также сетка дает наружную тень, защищая главный вход на первом этаже.

Верхняя часть башни имеет модифицированный двойной фасад, чтобы снизить солнечный нагрев этажей отеля. Он отводит внутренний воздух из гостиничных комнат в пустотелую полость внутри



Влияние системы двойных фасадов на уровень комфортности помещений



Диаграммы движения солнечного света

фасада. Здесь создается изолирующая прослойка между горячим внешним и прохладным внутренним воздухом, который затем повторно поступает в комнаты, а не отводится, замещаясь воздухом извне. Подсчитано, что подобная технология сократит потребление энергии системами кондиционирования на этажах отеля на 5 – 10%.

Пассивные элементы дизайна включают создание искусственного ландшафта с богатой растительностью на крыше цокольного этажа, который охватывает все пространство вокруг здания Capital Gate, значительно увеличивая теплоизоляцию и снижая потребность в кондиционировании воздуха. Для зеленых насаждений используются местные виды растений, которым нужно меньшее количество ирригационных средств, чем для привозных. Чтобы снизить расход воды, что очень важно в условиях пустыни, в общественных местах, ваннах комнатах и туалетах установлено оборудование, дозирующее ее потребление.

В здании использовано большое количество технологий, не наносящих ущерба окружающей среде, включая местное охлаждение, которое имеет более низкое энергопотребление при получении охлажденной воды. Это выгоднее, чем монтаж охладительных систем на месте. Переменная скорость закачивания охлажденной воды также снижает использование энергии, затрачиваемой на кондиционирование воздуха. Снижает потребление энергии на нужды вентиляции и системы рекуперации тепла. Эффективное управление системой технического обеспечения здания, осуществляющей контроль за работой систем освещения, кондиционирования воздуха и других установок, потребляющих электричество и выделяющих тепло, в дальнейшем сокращает использование энергии. ■



Светильник серии L-BANNER, ООО «Ледел»

Использование алюминиевого профиля в светотехнике

Алюминиевый профиль для светодиодов уже получил широкое распространение в Европе и США. Российский светодиодный рынок в целом отстает от западного и, можно сказать, находится в стадии формирования. Тем не менее, вместе с его развитием очевидна тенденция применения алюминиевого профиля в светодиодной технике.

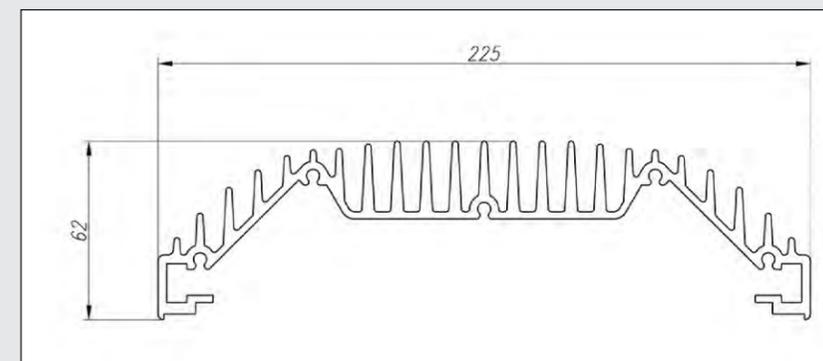
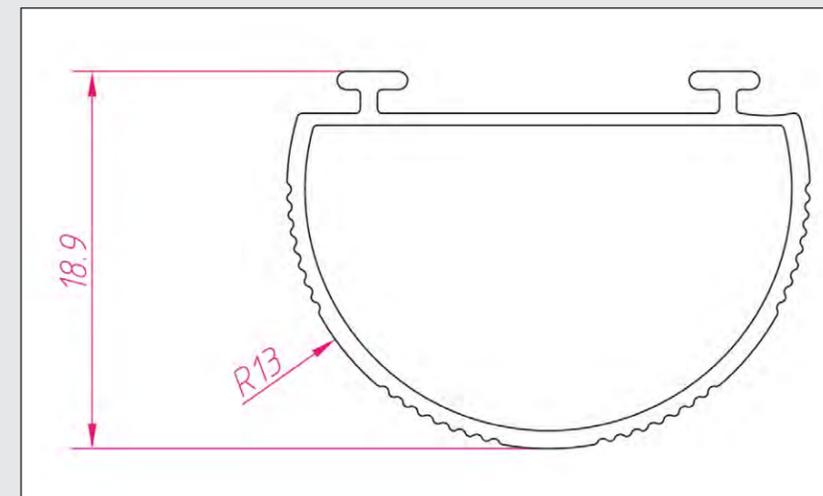
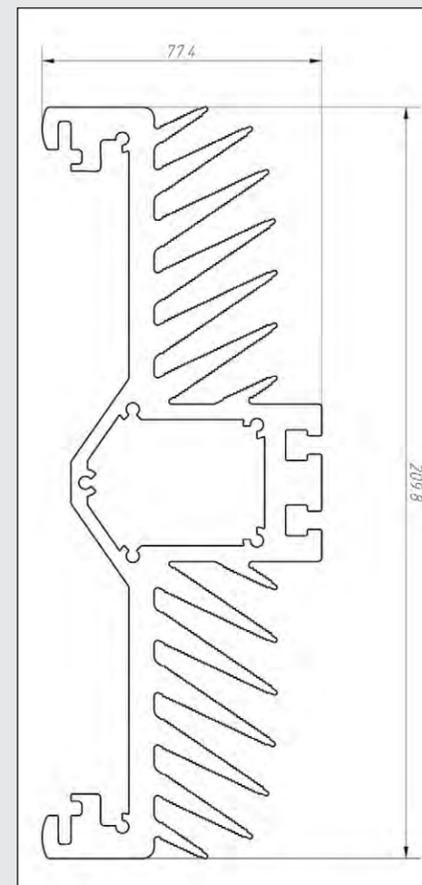
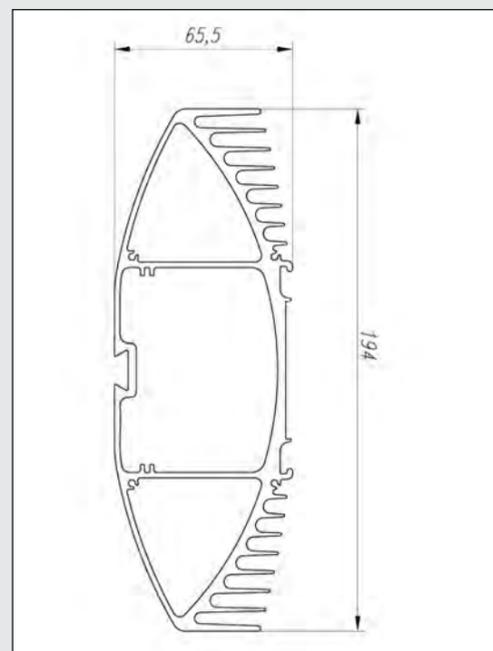
Материалы предоставлены ЗАО «ТАТПРОФ»



Потолочный светодиодный светильник «Колокол», ООО «Фокус»

Предлагаемые компанией «ТАТПРОФ» алюминиевые профили для светодиодной промышленности имеют широкий спектр применения и могут использоваться практически в любых видах светодиодных светильников. В их числе: светильники и прожекторы как наружного, так и внутреннего освещения, архитектурная подсветка, светильники, используемые в промышленных и офисных помещениях, уличные, антивандальные и взрывозащитные светильники. Также профиль может использоваться для установки гибких и жестких светодиодных лент, поскольку недостаточно просто прикрепить такую полосу – необходима специальная система крепления.

Применение алюминиевого профиля в светотехнике позволяет реализовать самые смелые дизайнерские идеи по освещению как интерьеров различного назначения, так и городских построек и общественных зон. Накладные, врезные, угловые и подвесные варианты профилей могут комплектоваться светодиодами необхо-



димой яркости и оригинального дизайна, что позволяет устанавливать их на самых престижных объектах. Вот почему применение алюминиевого профиля получает все большее распространение в архитектурном освещении.

Помимо элегантного и эстетичного вида, применение алюминиевого светодиодного профиля решает и важные технические задачи:

- защищает от внешних воздействий;
- работает, как радиатор охлаждения, для эффективного отвода тепла, что ведет к увеличению срока службы светодиодов.

Также неоспоримыми преимуществами являются простота изготовления и монтажа светильников на алюминиевом профиле «ТАТПРОФ» и возможность нарезки материала до нужных и удобных в работе размеров. Отрезая нужную длину профиля, можно создавать уникальные модели светильников, изготовить любые профили для светодиодов и уголки для подсветки. Выбор типа алюминиевого профиля зависит от поставленных задач: компания «ТАТПРОФ» предлагает полный спектр наших изделий – от обычного алюминиевого уголка до специальных профилей сложной геометрии.

Уникальные алюминиевые конструкции могут использоваться для любых поверхностей. Ввиду легкости данного металла, алюминиевый све-

диодный профиль способствует уменьшению удельного веса светильника.

Также важную роль играет эстетичный вид изделий, в этой связи производители светодиодных светильников все чаще используют различное декоративное покрытие алюминиевого профиля. По желанию заказчика, компания «ТАТПРОФ» предлагает защитно-декоративное покрытие алюминиевого профиля: окраску полимерно-порошковыми красками или анодирование в любой желаемый цвет. Особенно высок спрос на применение профиля с покрытием для эффектного оформления магазинов, развлекательных центров, архитектурных сооружений, рекламных стендов.

Накопленный более чем за 20 лет опыт и современные технологии компании «ТАТПРОФ» позволяют изготавливать для производителей светодиодных светильников алюминиевый профиль любой сложности, с различным декоративным покрытием по желанию заказчика. ■

Профили для светодиодных светильников

ЗАО «ТАТПРОФ»

423802, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, ул. Профильная, д. 53
Тел.: (8552)77-81-66; 77-83-12; 77-86-58
E-mail: lvn@tatprof.ru Сайт: www.tatprof.ru

Оптимальная геометрическая конфигурация и распределение жесткости высотных зданий

Строительство небоскребов по всему миру из-за их огромных размеров требует больших затрат ресурсов. В этой статье приведено исследование оптимальной геометрической конфигурации и распределения жесткости преобладающих сегодня конструктивных схем высотных зданий, которое будет способствовать проектированию и строительству небоскребов с меньшим расходом материалов на несущие конструкции.

Текст Кённг Сан Мун, Школа архитектуры Йельского университета, Коннектикут, США



Среди различных конструктивных систем, разработанных для высотных зданий, системы с диагональными связями по периметру обычно более эффективны из-за того, что в них горизонтальные нагрузки воспринимаются элементами, воспринимающими вертикальные нагрузки. Т. е., вертикальные и наклонные колонны одновременно являются диагональными связями по периметру здания, воспринимающими горизонтальные (ветровые и сейсмические) нагрузки. Когда система, воспринимающая горизонтальную нагрузку, расположена по периметру здания, ее эффективность максимальна. Конструктивные системы высотных зданий с диагональными связями по периметру образуют связевые трубы, а также не так давно разработанные диагонально-сетчатые конструкции (diagrid structures). Проведено сравнительное исследование связевых труб с различным шагом колонн и геометрией связей. С целью определения более эффективных конфигураций

были исследованы диагонально-сетчатые конструкции (диагриды) различных форм и с разными углами наклона решеток.

ВВЕДЕНИЕ

Конструктивное решение высотного здания обычно определяется его жесткостью в горизонтальном направлении, и требуемые сечения несущих элементов, необходимых для восприятия горизонтальных нагрузок, значительно повышаются по мере увеличения высоты здания. Следовательно, конструктивные системы высотных зданий эволюционируют в сторону достижения более эффективных способов обеспечения жесткости в горизонтальном направлении. Эффективность конструктивной схемы существенно зависит от ее геометрической конфигурации. Как только для высотного здания выбрана определенная конструктивная схема, необходимо очень тщательно выбирать ее конфигурацию с целью повышения ее эффективности и одновременного соответствия требованиям других разделов проекта.

Рис. 1. John Hancock Center в Чикаго (фото автора)
Рис. 2. Hearst Tower в Нью-Йорке (фото Адама Гимперта)
Рис. 3. Jin Mao Building (справа) и Shanghai Tower (слева) в Шанхае в стадии строительства (фото автора)

Горизонтальные силы и изгибающие моменты от ветровых нагрузок оказывают значительное влияние на конструктивные решения высотных зданий. Эти усилия могут быть очень эффективно восприняты конструктивными элементами, изначально спроектированными для восприятия вертикальных нагрузок. Если эти конструктивные элементы расположены по периметру здания, то эффективность такой системы может быть максимальной. Связевые трубы и недавно появившиеся диагонально-сетчатые конструкции (diagrid structures) – два типичных примера, разработанных на основании этих концепций.

Связевые трубы стали постоянно использоваться с момента их первого применения при постройке John Hancock Center

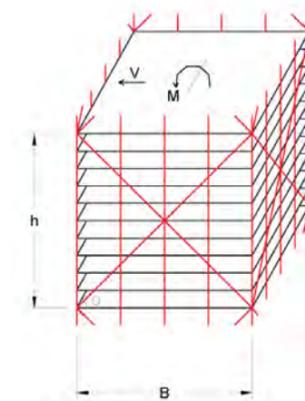


Рис. 4. Типовой модуль связевой трубы
Рис. 5. 100-этажные связевые трубы с разным шагом колонн
Рис. 6. 100-этажные связевые трубы с разными углами наклона связей

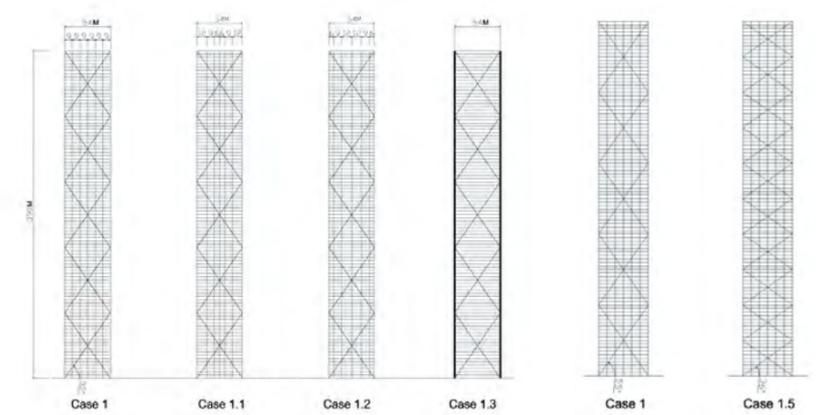


Таблица 1. МАКСИМАЛЬНЫЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СМЕЩЕНИЯ СВЯЗЕВЫХ ТРУБ, ПОКАЗАННЫХ НА РИСУНКЕ 5

Максимальное боковое смещение (см)	Вариант 1	Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3
	76,0	78,2	73,4	61,8

в Чикаго в 1969 году (рисунок 1). Система была сформирована из колонн с одинаковым шагом по периметру здания и больших связей по фасаду. Эта статья посвящена исследованию оптимальной геометрической конфигурации связевых труб. Для определения наиболее эффективных решений рассмотрены также различные варианты шага колонн. Проведено сравнительное исследование эффективности вариантов геометрии связей по периметру, таких как X-образные, угольной формы (в виде шеврона), диагональные связи. Далее рассмотрено влияние разных углов наклона связей. Также было рассмотрено оптимальное соотношение жесткости на изгиб и на сдвиг относительно соотношения высота – ширина систем с связевыми трубами.

Диагонально-сетчатые конструкции широко используются при возведении большинства высотных зданий во всем мире, начиная с их применения в строительстве здания Swiss Re в Лондоне в 2003 году и в Hearst Tower в Нью-Йорке – в 2006-м (рисунок 2). Исследованы диагонально-сетчатые конструкции с различными конфигурациями постоянных и переменных углов с целью определения наиболее эффективных геометрических форм. Были проведены исследования диагонально-сетчатых конструкций с различными углами наклона как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

Также было рассмотрено оптимальное соотношение жесткости на изгиб и на сдвиг относительно соотношения

высота – ширина диагонально-сетчатых систем.

Аутригерные конструкции – другая широко используемая система конструкций современных высотных зданий. Впервые она была применена при строительстве Place Victoria Office Tower в Монреале в 1965 году, а современное использование этой системы конструкций можно рассмотреть на примере таких небоскребов, как Jin Mao Building и Shanghai Tower в Шанхае, показанных на рисунке 3. На фотографии, где изображено возведение Shanghai Tower, хорошо видны ядро здания, пояс ферм на аутригерном уровне и мегаколонны по периметру. В отличие от систем со связевыми трубами и диагонально-сетчатых, в которых горизонтальные нагрузки воспринимаются непосредственно элементами несущих конструкций по периметру здания, аутригерные системы используют жесткость конструкций ядра и мегаколонн, по периметру связанных с ядром при помощи аутригерных ферм. Было исследовано оптимальное распределение жесткости между ядром и мегаколоннами для зданий с аутригерами разного соотношения высота – ширина.

СВЯЗЕВЫЕ ТРУБЫ

Система связевой трубы воспринимает горизонтальные нагрузки посредством совместной работы вертикальных и наклонных колонн (диагональных связей) по периметру здания. Наклонные колонны (диагональные связи), расположенные в плоскости стенок призмы зда-

ния, параллельных направлению ветра, воспринимают усилия сдвига. Колонны, расположенные в плоскости полок призмы здания, перпендикулярных плоскости ветра, воспринимают моменты путем работы в осевом направлении. На рисунке 4 показан типичный 10-этажный фрагмент связевой трубы. Сечения элементов связевой трубы могут быть определены с помощью формул (1) и (2), предложенных автором:

$$A_d = \frac{V}{4E \cos^2 \theta \sin \theta \gamma}, \quad (1)$$

$$A_c = \frac{2M}{(N_{c,f} + \delta_c) B^2 E \chi}, \quad (2)$$

где: A_d – площадь сечения каждой диагональной связи; A_c – площадь сечения каждой колонны; V – поперечная сила; M – момент; E – модуль упругости стали; θ – угол наклона диагональной связи; γ – поперечная деформация от сдвига; χ – кривизна; $N_{c,f}$ – количество колонн в каждой полке призмы здания; δ_c – вклад колонн, расположенных в стенках призмы, в изгибную жесткость; B – ширина здания.

Оптимальное распределение жесткости в связевых трубах

Каждая конструктивная схема, рассчитанная для высотного строения с определенным соотношением высоты и ширины, имеет свою оптимальную деформированную схему, которая, в основном, является комбинацией деформаций изгиба и сдвига. С оптимальной деформированной схемой конструктивное решение может отвечать требованиям норм по переме-

Рис. 7. Зависимость площади сечения диагональных связей от высоты здания для вариантов 1 и 1.5
Рис. 8. 100-этажные связевые трубы со связями разных форм

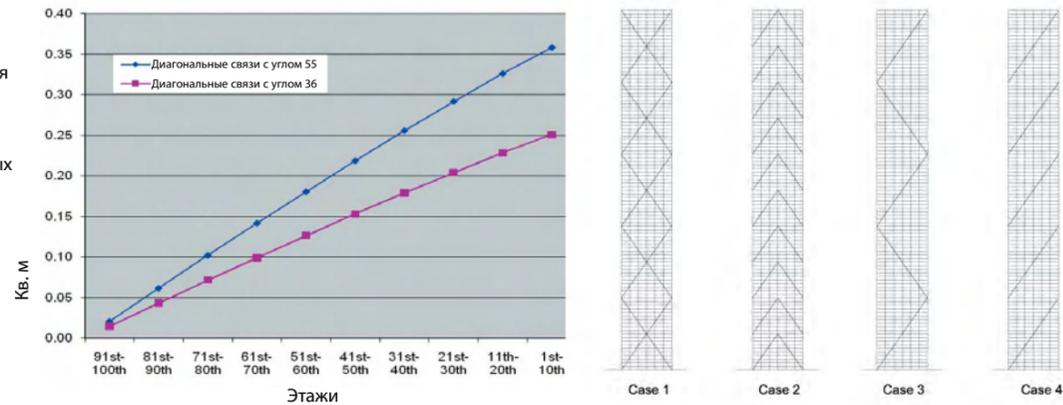


Таблица 2. МАКСИМАЛЬНЫЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СМЕЩЕНИЯ СВЯЗЕВЫХ ТРУБ, ПОКАЗАННЫХ НА РИС. 8

Максимальное горизонтальное смещение (см)	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
	76,0	77,8	78,4	82,2

щениям с наименьшим расходом материалов (Сопног, 2003). При увеличении высоты сооружения увеличивается соотношение его высоты и ширины, здание работает больше как изгибаемая балка, и, таким образом, большее отношение деформаций изгиба к деформациям сдвига является приемлемым выбором с точки зрения экономического проектирования.

Для конструкций на основе связевых труб, обычно состоящих из расположенных по периметру вертикальных колонн и диагональных связей, опытным путем было найдено, что оптимальное отношение деформации изгиба к деформации сдвига – приблизительно равно половине отношения высоты строения к его ширине (H/B) минус 1 (Moon, 2010):

$$s = \frac{H}{2B} - 1. \quad (3)$$

Связевые трубы с разными вариантами шага колонн

Обычно конструктивные схемы со связевыми трубами образуются путем комбинирования диагональных связей (наклонных колонн) по периметру и вертикальных колонн с равным шагом. В этой части статьи рассмотрены различные способы изменения шага колонн по периметру здания, с целью повышения эффективности конструктивной схемы со связевой трубой. На рисунке 5 показаны четыре варианта связевых труб для 100-этажного здания. Размеры каждого здания в плане составляют 54 на 54 метра, типовая высота этажа составляет 3,9 метра.

Вариант 1 – здание с колоннами по периметру с одинаковым шагом по 9 метров. В варианте 1.1 расстояние между колоннами постепенно увеличивается от 6 метров в середине в каждой плоскости фасада до 12 метров в углах строения, с интервалом 9 метров между ними. В случае 1.2 расстояние между колоннами постепенно уменьшается от 12 метров в середине каждой плоскости фасада до 6 метров в углах строения, с интервалом 9 метров между ними. В случае 1.3 четыре больших колонны периметра расположены в четырех углах строения.

Эта конфигурация очень похожа на теоретически спроектированное Уильямом Ле Мессуриром 207-этажное строение Erewhon Center. Конструктивная схема связевой трубы разработана с использованием формул 1 и 2, с учетом ветровой нагрузки для района Чикаго. Такие же сечения элементов использовались для вариантов 1.1 и 1.2. Площади поперечного сечения колонн по периметру здания в варианте 1.3 в шесть раз больше, чем площади колонн в варианте 1, размеры сечения диагональных связей в варианте 1.3 являются такими же, как в варианте 1. Следовательно, в вариантах 1, 1.1, 1.2 и 1.3 используется одинаковое количество конструкционной стали.

При уменьшении шага колонн к углу здания вклад колонн в изгибную жесткость увеличивается, и наоборот. Это свойство напрямую влияет на величину горизонтального смещения каждой башни. В таблице 1 показаны максимальные горизонтальные смещения верхней части здания в

вариантах 1, 1.1, 1.2 и 1.3. При увеличении шага колонн к углам здания поперечная жесткость связевой трубы уменьшается, как это можно видеть в варианте 1.1. В варианте 1.3 достигнута наибольшая поперечная жесткость. Однако в этом случае возникает одна важная проблема – здесь требуется более сложная конструктивная схема, потому что постоянные и динамические нагрузки каждого перекрытия должны воспринимать четыре угловые колонны, в данном варианте – на расстоянии 54 метров друг от друга. Пролет в 54 метра не может быть перекрыт традиционными широкополочными балками.

Связевые трубы с различными конфигурациями диагональных связей

Диагональные связи в системах связевых труб могут формироваться под разными углами. Диагональные связи, размещенные под углом приблизительно в 35°, дают максимальную сдвиговую жесткость (Moon, 2010). Следовательно, сечения диагональных связей могут быть меньшими при выборе угла их наклона к горизонтали, близкого к 35°. Однако меньшие сечения диагональных связей на каждом уровне отнюдь не гарантируют наибольшую эффективность конструкции. В то время как сечения связей уменьшаются, поскольку угол приближается к 35°, увеличивается и общая длина всех связей, поскольку угол их наклона становится более острым.

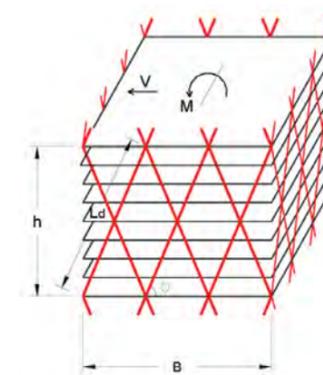
На рисунке 6 показаны два разных варианта. В варианте 1 с диагональными связями, размещенными под углом 55°, рассмотрено то же самое здание, которое исследовалось в предыдущей части статьи. Вариант 1.5 – это 100-этажное здание со связевой трубой с диагональными связями, размещенными под углом 36°, – величина, максимально близкая к оптимальной величине угла с точки зрения жесткости на сдвиг. Сечения диагональных

связей в каждом случае были определены по формуле 2. На рисунке 7 показаны сечения диагональных связей в вариантах 1 и 1.5 с соотношением деформации изгиба к деформации сдвига, равным 2, которое является близким к оптимальному значению. Они определены по формуле 3 для конструктивной схемы со связевой трубой, в которой отношение высоты к ширине приблизительно равно 7. Для диагональных связей, в которых угол наклона к горизонтали отличается от оптимальной величины, необходимы большие сечения для обеспечения жесткости на сдвиг.

Однако общий расход металла для всех диагональных связей в варианте 1 очень близок к тому, что требуется в варианте 1.5. В вариантах 1 и 1.5 требуется в сумме 5883 и 5846 тонн металла соответственно. В варианте 1 требуется только на 0,6% больше металла для элементов связей по сравнению с вариантом 1.5. Следовательно, влияние изменения угла наклона диагональных связей на расход строительных материалов в случаях применения конструкций на основе связевых труб минимально.

В известных к настоящему моменту системах со связевыми трубами используются только X-образные связи. Для высотных зданий также используются другие типы связей. На рисунке 8 показаны четыре различных типа связей. Для случаев 1 и 2 используются элементы идентичных размеров, в то время как для случаев 3 и 4 используются элементы конструкций вдвое большей площади поперечного сечения. Следовательно, в этих конструкциях одинаков расход материалов, независимо от формы связей.

Решение с X-образными связями обеспечивает наибольшую жесткость здания в горизонтальном направлении. Жесткостные характеристики конструкций в горизонтальном направлении в варианте 2 – со связями в виде шеврона и в варианте 3 – с одиночными диагональными связями переменного направления отличаются незначительно. Жесткость конструкций в горизонтальном направлении в варианте 4 – с однонаправленными наклонными связями – меньше, чем в других 3-х вариантах. В таблице 2 приведены максимальные горизонтальные смещения связевых труб для вариантов 1, 2, 3 и 4. Для выбора конкретного типа связей должны тщательно и всесторонне рассматриваться не только конструктивный, но и другие аспекты проектирования высотных зданий со связевыми трубами.



ДИАГОНАЛЬНО-СЕТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ (ДИАГРИДЫ)

Диагонально-сетчатые конструкции, или диагриды, очень эффективно воспринимают горизонтальные нагрузки вследствие особенностей своей структуры, при которой наклонные колонны участвуют в работе на восприятие как горизонтальных, так и вертикальных нагрузок. Одним из первых в мире в конце XIX века начал применение диагонально-сетчатых конструкций русский инженер Владимир Григорьевич Шухов, автор проекта Шуховской башни на Шаболовке (примечание переводчика). На рисунке 9 показан типичный модуль диагонально-сетчатой конструкции. Размеры сечений элементов для подобных модулей могут быть вычислены с использованием формул (4) и (5), предложенных Муном и др. (2007):

$$A_{d,w} = \frac{VL_d}{2N_{d,w}Eh\gamma\cos^2\theta}, \quad (4)$$

$$A_{d,f} = \frac{2ML_d}{(N_{d,f} + \delta_d)B^2E\chi h\sin^2\theta}. \quad (5)$$

Оптимальное распределение жесткости для диагонально-сетчатой конструкции. Как было указано ранее, конкретная конструктивная схема для высотного здания с определенным отношением высоты к ширине имеет оптимальный вид деформирования, с учетом которого конструктивное решение может соответствовать требованиям норм по величине горизонтального смещения при наименьшем расходе материалов (Сопног, 2003). Для диагонально-сетчатых конструкций с углами, близкими к оптимальным значениям, опытным путем было найдено, что оптимальное отношение деформации изгиба к деформации сдвига приблизительно равно отношению высоты к ширине строения (H/B) минус 3 (Moon, 2007):

$$s = \frac{H}{B} - 3. \quad (6)$$

Эта величина больше, чем в конструкци-

Рис. 9. Типовой модуль на основе диагонально-сетчатых элементов, где $A_{d,w}$ – площадь поперечного сечения одной диагонали с боковой стороны (со стороны стенки); $A_{d,f}$ – площадь поперечного сечения одной диагонали со стороны полки; V – поперечная сила; M – изгибающий момент; E – модуль упругости стали; θ – угол наклона диагонального элемента; γ – поперечная деформация при сдвиге; χ – кривизна; B – ширина здания; L_d – длина диагонали; $N_{d,w}$ – количество диагоналей на каждой стенке; $N_{d,f}$ – количество диагоналей на каждой полке; δ_d – вклад диагональных элементов в изгибную жесткость.

ях на основе связевых труб для высотных зданий, где отношение высоты к ширине больше, чем 4. Это означает, что диагонально-сетчатые конструкции – по сравнению с конструкциями на основе связевых труб – имеют тенденцию к изгибной форме деформирования в высотных зданиях с отношением высоты к ширине, большим чем 4.

Диагонально-сетчатые конструкции с углами постоянной величины

Системы диагонально-сетчатых конструкций могут создаваться посредством диагональных элементов, расположенных под разными углами. Оптимальный угол диагридов зависит от соотношения высоты и ширины здания. Чем выше здание из диагонально-сетчатых конструкций, тем более острым должен быть оптимальный угол, и наоборот, поскольку более высокое строение работает как изгибаемая балка, а более низкое здание работает больше как балка-стенка. Чтобы определить оптимальный угол для диагонально-сетчатой конструкции 60-этажного здания с отношением высоты к ширине 6,5, оно было сконструировано с различными углами наклона диагональных элементов в пределах 52 – 73°, в зависимости от высоты здания с модулями диагонально-сетчатой конструкции, как показано на рисунке 10. Жесткость на горизонтальное воздействие обеспечивается только диагонально-сетчатыми элементами по периметру здания, и, следовательно, в этом исследовании было принято, что конструкции ядра воспринимают только гравитационные нагрузки.

Каждое здание было, предположительно, размещено в Чикаго и воспринимало ветровую нагрузку в соответствии с его ветровым районированием. Расчет осуществлялся по формулам 5 и 6, с учетом максимального по нормам горизонтального смещения верха здания не более 1/500 высоты здания. В таблице 3 показан расход стали на диагонально-сетчатые конструкции (только по периметру зда-

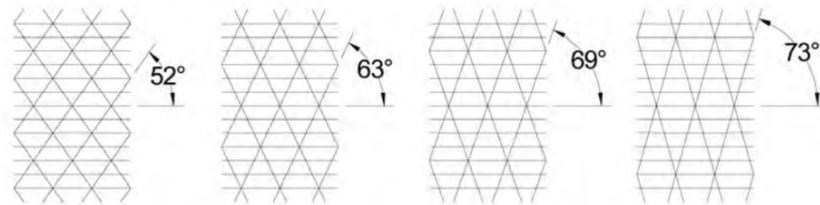


Рис. 10. Диагонально-сетчатые конструкции с разными единообразными углами наклона диагональных элементов

ния), определенный исходя из требований обеспечения необходимой жесткости здания. Как это видно из таблицы, диагонально-сетчатые конструкции из диагональных элементов, расположенных под углом 69°, в наибольшей степени соответствуют требованиям экономичности. По мере отклонения угла диагонально-сетчатой конструкции от его оптимальной величины, увеличивается расход металла.

Похожие исследования были выполнены для зданий на основе диагонально-сетчатой конструкции с постоянным углом наклона – для высоты, варьирующейся от 40 до 100 этажей. Отношение высоты здания к ширине варьировалось от 4 для 40-этажного здания до 11 – для 100-этажного. Было обнаружено, что угол в 63° близок к оптимальному для 40 – 50-этажных зданий. Для зданий в 60 этажей и выше результаты исследования показали, что оптимальный угол наклона близок к 69°.

Диагонально-сетчатые конструкции с углами переменной величины

Правильно запроектированные диагонально-сетчатые конструкции с углами постоянной величины образуют очень эффективную конструктивную систему высотных зданий. Посредством изменения углов наклона такой конструкции эффективность системы может быть повышена еще. На рисунке 11 показано 100-этажное здание с диагонально-сетчатым каркасом с четырьмя различными угловыми конфигурациями. Размеры каждого здания составляют 54 x 54 метра, а типовая высота этажа состав-

Таблица 3. РАСХОД МЕТАЛЛА ДЛЯ 60-ЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ ДИАГОНАЛЬНО-СЕТЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ

Угол наклона диагоналей (градусы)	53	63	69	73
Масса стали (тонны)	4520	4010	3820	4250

ляет 3,9 метра. Вариант 1 – здание на основе диагонально-сетчатой конструкции с постоянным углом наклона. Варианты 1.5 и 2 – здания диагонально-сетчатой конструкции с вариациями углов наклона в вертикальном и горизонтальном направлении соответственно. Поскольку решение нижнего и верхнего уровней диагрида определяется изгибающими моментами и поперечными сдвигающими силами соответственно, диагонально-сетчатые элементы формировались с более острыми углами наклона диагоналей по направлению к низу здания, как показано на рисунке 11 (вариант 1.5) или в проекте 555-метрового здания Lotte Super Tower в Сеуле, разработанном SOM, что может быть более эффективно, чем в случае применения диагонально-сетчатых элементов с постоянным углом наклона. Изгибная жесткость диагридов в основном обеспечивается диагональными элементами, расположенными в полках коробки здания. Для того, чтобы увеличить вклад в изгибную жесткость диагональных элементов, расположенных в «стенках» коробки здания, диагриды были сформированы с более острыми углами по направлению к углам здания, как показано в варианте 2. Вариант 2.5 – здание диагонально-сетчатой конструкции, скомбинированное из вариантов 1.5 и 2.

В таблице 4 приведены максимальные горизонтальные смещения верха четырех диагонально-сетчатых конструкций, показанных на рисунке 11. За счет комбинирования углов наклона диагоналей в вертикальном и горизонтальном направлениях, жесткость в горизонтальном направлении диагонально-сетчатой конструкции увеличилась, соответственно, максимальное горизонтальное смещение верха здания снизилось на 5,4%. По сравнению с вариантом с постоянным углом наклона диагоналей, диагонально-сетчатая конструкция с переменными углами наклона диагоналей обеспечивает большую жесткость в горизонтальном направлении. Разница в расходе материалов между 4-мя вариантами на рисунке 11 незначительна.

КОНСТРУКЦИИ С АУТРИГЕРНЫМИ ФЕРМАМИ

Другая распространенная система,

используемая на сегодняшний день при строительстве высотных зданий, – аутригеры. Прочность конструкции с аутригерами зависит от количества и расположения аутригерных ферм. Структурная эффективность этой системы была изучена и представлена Коулом и Смитом (Tall Building Structures: Analysis and Design by Alex Coull, Bryan-Stafford-Smith, 1991). Строения с боковыми аутригерными фермами, расположенными вертикально через равные промежутки, функционируют хорошо. Эта часть статьи исследует оптимальное боковое распределение жесткости строений с аутригерными конструкциями.

Строения с аутригерными фермами очень эффективны для противодействия ветру, вызывающему опрокидывающий момент, поскольку периметральные колонны связаны с центральным ядром жесткости посредством аутригерных ферм, что увеличивает общую жесткость здания.

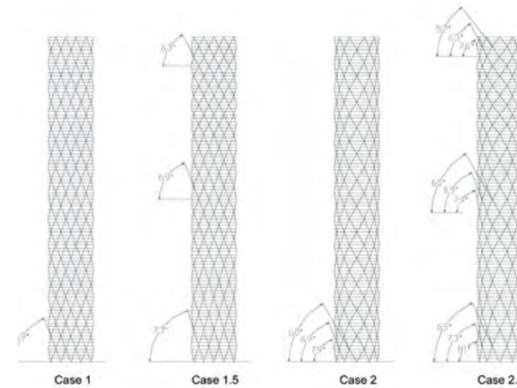
Механизм переноса поперечной нагрузки системы с боковыми аутригерными фермами концептуально объясняется на рисунке 12. Опрокидывающий момент (M_o), вызванный ветровыми нагрузками (W), снижается за счет противодействия (M_c), обеспеченного совместной работой колонн и ядра здания, связанных посредством аутригерных ферм.

Момент противодействия (M_c) может быть выражен в значении ширины строения и площади колонн:

$$M_c = 2b^2 AE \chi, \quad (7)$$

где A – площадь поперечного сечения колонн; E – модуль упругости стали; χ – кривизна. Так как модуль упругости стали почти постоянен независимо от приложенной силы, момент противодействия системы – это функция площади ширины строения и площади поперечного сечения колонн.

Эта часть статьи изучает эффективность конструкций с аутригерными фермами в зависимости от распределения поперечной жесткости при изгибе между жестким ядром и колоннами периметра, связанными с ядром аутригерными фермами. В этом исследовании предполагается, что жесткое ядро, аутригерные фермы и колонны проектируются с использованием конструкционной стали, хотя на практике также распространено применение конструкций из композитных материалов на основе стали и бетона. На рисунке 13 показаны 60-, 80- и 100-этажные высотные здания, спроектированные с применением в конструкции аутригерных ферм. Численные соотношения высоты и шири-



ны для подобных 60-, 80- и 100-этажных строений соответственно – 6,5, 8,7 и 10,8.

Для строений вышеупомянутой этажности исследованы три различных случая распределения поперечной жесткости при изгибе между жестким ядром и колоннами периметра. Выведенные численные соотношения распределения жесткости при изгибе между жестким ядром и колоннами периметра составили 3:7, 4:6 и 5:5. Таблица 5 суммирует сравнительные данные по использованию конструкционной стали для трех различных строений с аутригерными фермами разной высотности с тремя различными случаями распределения жесткости. В зависимости от соотношения высоты и ширины здания, оптимальное соотношение распределения жесткости может варьироваться. Для 60- и 80-этажных строений с аутригерными фермами пропорциональное соотношение распределения жесткости 4:6 дает самый лучший эффект, в то время как для 100-этажных строений с аутригерными фермами эта величина составила 3:7. Различное распределение жесткости в конструкции строений с аутригерными фермами влияет на количество необходимой стали. По мере увеличения высоты здания ее требуется больше. Для 60-этажных строений с аутригерными фермами максимальная процентная разность в этих трех случаях составляет только 1,8%, в то время как для 100-этажных строений с аутригерными фермами эта величина равняется 5,6%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высотные здания при строительстве требуют большого количества ресурсов из-за их огромных размеров. Эта статья представила оптимальные геометрические конфигурации и распространенные варианты распределения поперечной жесткости для конструктивных систем высотных зданий с целью их более эффективного проектирования и использования меньшего количества строительных материалов. Выбор эффективной конструктивной системы

Таблица 4. МАКСИМАЛЬНЫЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СМЕЩЕНИЯ 100-ЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ДИАГОНАЛЬНО-СЕТЧАТОГО КАРКАСА, ПОКАЗАННЫХ НА РИСУНКЕ 11

Максимальное горизонтальное смещение (см)	Вариант 1	Вариант 1.5	Вариант 2	Вариант 2.5
	76,0	74,6	72,7	71,9

Рис. 11. Диагонально-сетчатые конструкции на основе диагональных элементов с переменными углами наклона

Рис. 12. Механизм переноса поперечной нагрузки в строении с аутригерными фермами

Рис. 13. 60-, 80- и 100-этажные строения с аутригерными фермами

Таблица 5. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ ДЛЯ СТРОЕНИЙ С АУТРИГЕРНЫМИ ФЕРМАМИ С РАЗЛИЧНЫМ СООТНОШЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ МЕЖДУ ЖЕСТКИМ ЯДРОМ И КОЛОННАМИ ПЕРИМЕТРА

Использование конструкционной стали в %		Распределение жесткости между ядром и колоннами		
		3:7	4:6	5:5
	60-этажные строения с аутригерными фермами	101,8%	100,0%	101,5%
	80-этажные строения с аутригерными фермами	100,9%	100,0%	104,5%
	100-этажные строения с аутригерными фермами	95,2%	100,0%	105,6%

при возведении высотных зданий является очень важным шагом для успешной реализации проекта. На эффективность этой системы существенно влияет наличие подробных сведений о конфигурации конструкций. Поэтому невозможно переоценить значение исследований по достижению оптимальной структурной конфигурации и, в конечном счете, ее влиянию на экономию наших уже ограниченных ресур-

сов, а также в содействии созданию более экологически устойчивой окружающей среды. Хотя выбор конструктивной системы существенно влияет на проектирование высотных зданий, самое эффективное решение, возможно, не всегда будет самым лучшим для других систем. Для выявления этих связей должны быть комплексно изучены не только конструктивные, но также и все другие связанные с ними системы. ■

ЛИТЕРАТУРА

Ali, M. M. and Moon, K. (2007). "Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects," Architectural Science Review, Vol. 50. No. 3, 2007, pp. 205–223.
 Smith, B. and Coull, A. (1991). Tall Building Structures: Analysis and Design. New York: Wiley.
 Connor, J. J. (2003). Introduction to Structural Motion Control, Prentice Hall, New York.
 Moon, K., Connor, J. J., and Fernandez, J. E. (2007). "Diagrid Structural Systems for Tall Buildings: Characteristics and Methodology for Preliminary Design," Vol. 16. No. 2, pp. 205–230.
 Moon, K. (2010). "Stiffness-Based Design Methodology for Steel Braced Tube Structures: A Sustainable Approach," Engineering Structures, Vol. 32, pp 3163–3170.
 Rastorfer, D. (1985). "William LeMessurier's Super-Tall Structures: Architecture-Engineering," Architectural Record, Vol. 173. No. 2, pp.150–157.



ПОЛКИЛОМЕТРА В МИНУТУ

Даже в здании небольшой этажности правильно организовать работу лифтов и сделать перемещение пассажиров удобным, приятным и безопасным – задача не простая. Что уж говорить о высотках, для которых проблема подъемов и спусков усложняется в разы. Не удивительно, что компаний, способных предложить эффективные решения пассажироперевозок внутри зданий высокой этажности, во всем мире найдется не так уж и много. Одна из таких немногих – компания KONE, которая более 100 лет назад была создана в Финляндии, а теперь работает в 50 странах мира, включая Россию.

Текст Наталья ПАВЛОВА-КАТКОВА

Парадокс, но многим даже самым современным лифтам, которые хорошо справляются с задачами безопасного и комфортного перемещения пассажиров, взять большую высоту не по зубам. Так, для большинства лифтов предельная высота подъема составляет 55 м, а, скажем, до отметки в 90 м способны добраться не более 15% из всех разновидностей лифтовых механизмов. На основе последних, к слову, делается подъемное оборудование, способное дотянуться до высоты в 150 м. Но это – предел.

Между тем, современные небоскребы с легкостью превышают это предельное для большинства лифтов значение в разы. Поэтому проблема конструктивного решения подъемных механизмов, способных покорять высоты в 200, 300, 400 метров и больше, очень актуальна.

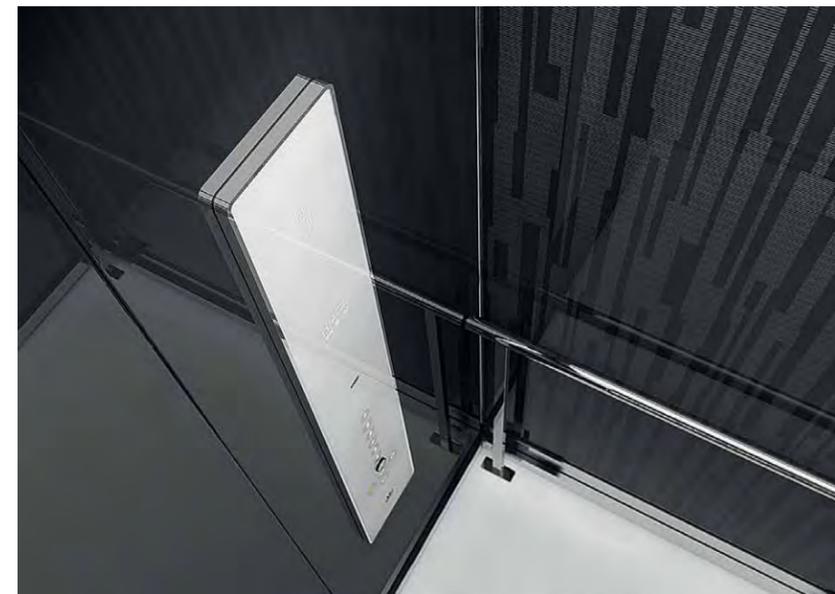
У компании KONE, которая уже более века занимается пассажироперевозками



внутри различных зданий и сооружений, есть свое решение этой непростой задачи. Например, в ее арсенале имеется лифтовая система, созданная на платформе KONE Alta™. Она способна подниматься на высоту до 500 м со скоростью до 17 м/с (про-



тив 1 – 4 м/с в лифтах прочих модификаций). Для сравнения: в Останкинской телебашне (ее высота вместе со шпилем – 540 м), где очень гордятся своим современным лифтовым хозяйством, подъемные механизмы перемещаются в 5 раз медленнее.



Для того, чтобы достичь подобных характеристик, специалисты компании KONE применили подъемную технологию EcoDisc®, суть которой заключается в следующем. В качестве привода в ней использован синхронный двигатель с постоянным магнитом, который дополнен частотным управлением и безредукторной конструкцией с низким коэффициентом трения. Такая система, кроме высокой мощности, обладает плавным и бесшумным ходом, не требует смазки, а уровень потребляемой ею энергии на 35% ниже по сравнению с традиционными для лифтов редукторными приводами переменного или постоянного тока.

Изменилась и сама лифтовая кабина. Дело в том, что как только скорость подъема начинает превышать 4 м/с, возникают дополнительные требования к эргономике кабины, объемам ее форм. Именно эти характеристики и были улучшены в лифтах KONE Alta™. Правда, обычный пассажир этого может и не заметить, если только лифтовая шахта не сделана прозрачной. Зато современный декор внешней и внутренней отделки, удобные панели управления и указатели оценит наверняка.

Более того: кроме 50 заранее разработанных вариантов дизайна кабин, KONE предлагает внедрить любые дополнительные сочетания отделочных материалов, согласующихся с общей концепцией здания. Причем, среди материалов есть и природный камень, обладающий высокой износоустойчивостью, и 3D-панели, создающие эффект необычной геометрии пространства, и самым причудливым образом раскрашенные пластики, и металлические поверхности и многое другое. Особым образом выполнено и лифтовое освещение, которое не создает бликов, а благодаря использованию светодиодных светильников, затраты на него снижаются на 80%.



Интересный нюанс связан и с грузоподъемностью системы. Предложенный компанией KONE лифт для высотных зданий в базовом варианте способен одновременно перемещать до 2 тонн груза (или чуть меньше 30 «среднестатистических» пассажиров). К слову, даже такая величина – вдвое больше обычного стандарта для большинства подъемных механизмов. Но и это еще не предел возможностей.

Дело в том, что система KONE Alta™ допускает возможность перемещения в одной лифтовой шахте двух спаренных лифтов. По сути, получается своеобразная двухуровневая кабина: ее нижняя часть собирает пассажиров с одного этажа, верхняя, одновременно, – со следующего. В результате и время ожидания поездки сокращается, и эффективность пассажироперевозок заметно увеличивается.

Еще одно преимущество лифтов KONE Alta™ связано с особенностью их монтажа. Во-первых, для этого не требуется установка лесов, а во-вторых, поскольку сам лифт не требует машинного помещения, его можно монтировать уже на самой ранней стадии строительства здания. В итоге появляется возможность пользоваться лифтом даже тогда, когда возведение самого дома еще не завершено.

Благодаря этим и многим другим преимуществам, многие девелоперские компании, специализирующиеся на высотном строительстве, выбирают лифты компании KONE. Так, этими подъемниками оснащены башни «Москва» (76 этажей) и «Санкт-Петербург» (69 этажей) хорошо известного в Москве комплекса «Город столиц», максимальная высота которого составляет 301 м. Лифтовое оборудование этой компании установлено в парижском небоскребе Tour First (50 этажей, 230 м), в чикагском 60-этажном многофункциональном комплексе North LaSalle (315 м) и многих других высотных зданиях по всему миру. Впрочем, самый главный высотный рекорд у компании KONE, конечно же, еще впереди. ■

► Продолжение. Начало в № 2, С. 110 – 113

УПРОЩЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Обзор требований к Международному кодексу

Текст ЛЕО РАЗДОЛЬСКИЙ, LR Structural Engineering Inc., Линкольншир, штат Иллинойс, США, профессор Северо-Западного университета, Эванстон, штат Иллинойс, США

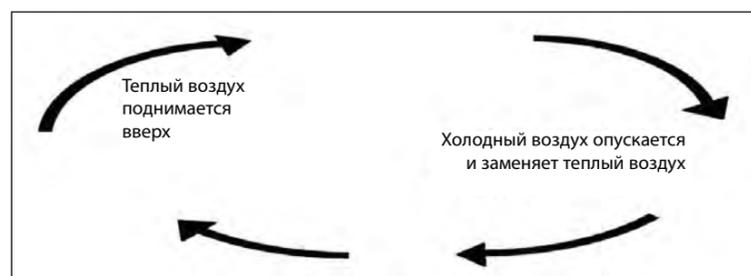
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ НА КОНСТРУКЦИИ

Аналитический подход при проектировании пожарной нагрузки на конструкции, как правило, включает тепловые расчеты и последовательный их структурный анализ. Проектируя пожарную нагрузку на конструкции, в первую очередь необходимо вычислить распределение температур по всему объему здания (или его части) и затем определить запас прочности конструкций на основании данных вычисленных температур. Это возможно при использовании упрощенного (но консервативного) метода проектирования или более сложного глобального анализа и проектирования в соответствии с требованиями строительных нормативов и компьютерных программ расчета конструкции на прочность, разработанных Американским институтом бетона (ACI 318) или Американским институтом стальных конструкций (AISC). Упрощение (где это возможно для определения *только* пожарной нагрузки на конструкции) является основным элементом предложенной здесь методики. Проанализированная в статье комплексная система дифференциальных уравнений сохранения энергии, массы и уравнений импульса подобна компьютерной программе, моделирующей развитие пожара в помещениях

(FDS) [1]. Однако ограничения и упрощения отличаются друг от друга, потому что они сконцентрированы на узконаправленной задаче: пожарной нагрузке на конструкции. Например: техника моделирования больших вихрей; модель сгорания частиц смеси; пиролиз; расположение спринклеров и детекторов дыма, а также способ активации пожарной сигнализации и т. д. не являются предметом научного исследования в нашем случае, поэтому здесь не рассматриваются. Модель FDS решает уравнения сохранения массы, импульса и энергии при использовании метода конечных разностей в трехмерном пространстве, а время является четвертой независимой переменной. Однако тепловое излучение вычисляется с использованием метода конечных объемов. Метод, предложенный в этой публикации, использует усреднения переменных в пространстве, поэтому он подобен двузональному методу. Следовательно, он является промежуточным методом между FDS и двузональным.

Тепло может распространяться в горящем здании за счет проводимости, конвекции или излучения. Поскольку наличие тепла в веществе обусловлено активностью молекул, следовательно – чем больше молекулярная активность, тем интенсивнее тепловыделение. Теплопроводность – это перенос тепла за счет возбуждения молекул в материале без его движения в целом. Энергия в этом случае будет передаваться путем чистого теплообмена между быстрыми и медленными частицами материи. Конвекция – это перенос теплоты за счет массового движения материи, такой как воздух, которая перемещается от источника нагрева к холодной массе воздуха. Конвекция над горячей поверхностью происходит за счет расширения и движения вверх горячего воздуха, вызывая перенос энергии конвекционные

Рис. 1. Конвекционные потоки



потоки (см. рисунок 1). Распределение этих потоков частично зависит от конфигурации пожарного отсека и фактора открытого пространства (например, открытых окон или дверей).

Излучаемое тепло – один из основных источников распространения пожара. Этот метод теплопередачи известен как волновое тепловое излучение. Тепловые и световые волны похожи по своей природе, но отличаются длиной волны (или частотой). Тепловые волны длиннее, чем световые, и их иногда называют инфракрасными лучами. Излучаемое тепло будет распространяться в пространстве во всех направлениях. Пламя – это видимая, светящаяся субстанция, состоящая из горящего газа. Когда горящий газ смешивается с соответствующим количеством кислорода, пламя становится более горячим и менее светящимся. Эта потеря светимости происходит за счет полного сгорания большего количества углерода. По этим причинам пламя, как полагают, является зоной горения. Теплота, дым и газ, однако, могут развиваться в определенных типах тлеющих пожаров без видимых признаков пламени.

Чтобы упростить уравнения баланса тепла и массы, в этой статье принимаются следующие допущения:

Теплопередачей за счет проводимости можно пренебречь, подобно допущению пространственного усреднения температуры в модели двух зон.

Увеличение энергетического потока (в дополне-

ние к высвобождению теплоты сгорания) связано с естественной конвекцией.

Потеря энергии через оконные или дверные проемы связана только с теплоизлучением (проникающими потерями тепла за счет нагрева стен и конвективными теплопотерями через оконные или дверные проемы можно пренебречь в связи с их гораздо более слабой зависимостью от температуры).

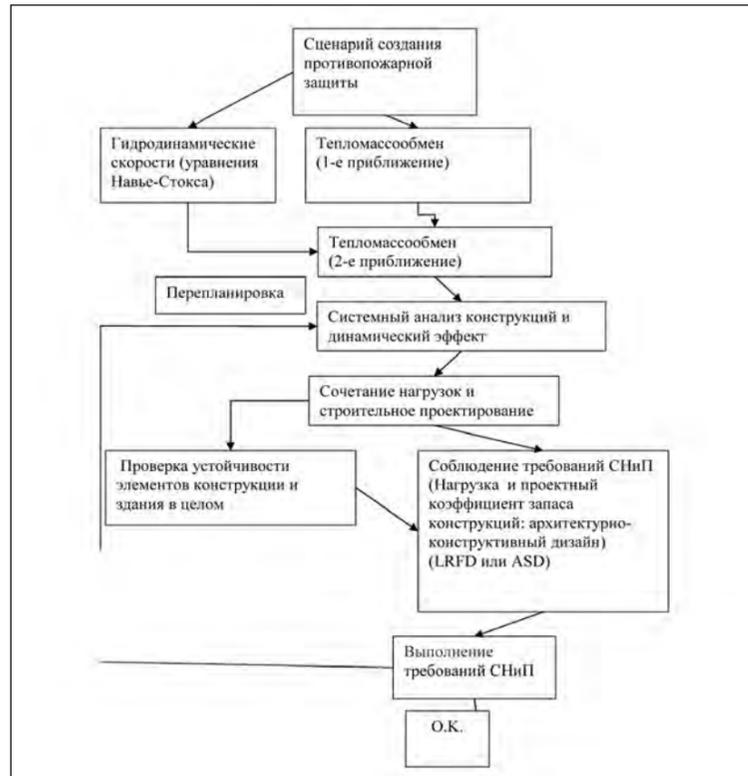
Полный процесс проектирования пожарной нагрузки на конструкции может быть разделен на действия, поясняемые на рисунке 2. Блок-схема ниже показывает, что предел прочности и общая устойчивость строительных конструкций в значительной степени зависят от расчета прогнозируемого сценария пожара.

Рассмотрим теперь, в частности, нелинейную возмущенную параболическую систему, представляющую закон сохранения энергии и массы [5]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} + \text{Pr}(U \frac{\partial \theta}{\partial x} + W \frac{\partial \theta}{\partial z}) = \delta(1-C)^k \exp\left(\frac{\theta}{1+\beta\theta}\right) - P\theta^4, \quad (1)$$

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + \text{Pr}(U \frac{\partial C}{\partial x} + W \frac{\partial C}{\partial z}) = \gamma\delta(1-C)^k \exp\left(\frac{\theta}{1+\beta\theta}\right), \quad (2)$$

где: U и W – горизонтальные и вертикальные скорости, которые, соответственно, должны быть получены из уравнений Навье – Стокса. Исходные данные для решения этих уравнений следующие: коэффициенты теплопередачи; удельная теплопроводность и теплоемкость горючей смеси; тепловое действие (тепловое действие химической реак-



Блок-схема

ции); энергия активации и т. д. Термический анализ в процессе проектирования включает в себя определение температурной нагрузки на строительные конструкции в зависимости от времени. На основании результатов, полученных за счет термического анализа и исходных данных конструкций, уменьшение их жесткости может быть вычислено посредством дополнительного анализа. Исходные данные конструкций включают их механические свойства (прочность, модуль упругости стали и взаимодействие «напряжение-деформация») как функцию температуры и граничных условий. Если расчетный запас предела прочности строительных элементов не превышает величину пожарной нагрузки на конструкции, может быть проведена модернизация (см. блок-схему).

Теперь давайте рассмотрим пространственное усреднение температуры и коэффициент скорости выгорания (неустановившийся процесс хими-

ческой реакции). Уравнения (1) и (2) далее упрощены [7]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \delta(1 - C)^k \exp\left(\frac{\theta}{1 + \beta\theta}\right) - P\theta^4, \quad (3)$$

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \gamma\delta(1 - C)^k \exp\left(\frac{\theta}{1 + \beta\theta}\right). \quad (4)$$

Уравнения (3) и (4) описывают неравномерный процесс сгорания на некотором температурном уровне. Однако, как это принято в [8], параметр δ вычислен для температуры, близкой к *точке самовоспламенения*. В нашем случае расчета пожарной нагрузки на конструкции (SFL) этап, следующий после возникновения *самовоспламенения* (полного сгорания горючего вещества), является самым важным. Как это было сформулировано в [4 и 5], амплитуды температур газа в этом случае составляют приблизительно от 1100°C в верхнем диапазоне и снижаются до 600°C в нижнем значении, поэтому средняя температура в пространстве будет 850°C (или 1150°K). Безразмерная температура и параметр δ теперь могут быть вычислены на основании формулы:

$$\theta = \frac{E(T - T_*)}{RT_*^2} = \frac{T - T_*}{\beta T_*} = \frac{1150 - 600}{0.1(600)} = 9.17 \quad (5)$$

$$\delta = 12.1(\ln(9.17))^{0.6} = 20$$

Здесь предполагается, что огонь возникает на уровне пола отсека и занимает (в случае двумерной модели) 20% линейного размера и 35% высоты пожарного отсека. Средняя температура в этом отсеке также принимается как 850°C. Тогда эквивалентное повышение температуры в целом объеме будет: $\Delta T = (0.2)(0.3)850 = 60^\circ\text{C}$.

Начальная средняя температура в пожарном отсеке (выше базовой температуры 300°C) составляет: $T = 300 + 60 = 360^\circ\text{C}$ (или 660°K). Начальная безразмерная средняя температура в области пожара будет:

$$\theta_1 = \theta(\tau = 0) = \frac{T - T_*}{\beta T_*} = \frac{660 - 600}{0.1(600)} = 1.0. \quad (5a)$$

Формула (5a) представляет начальное условие для дифференциального уравнения (3). Второе уравнение (4) имеет очевидное начальное условие: $C(\tau = 0) = 0$ – нет никакого продукта химической реакции в начале возникновения пожара.

Противопожарная защита начинается с проектирования защиты от воздействия огня на конструкцию.

Обычно это принимает форму графика температурно-временной зависимости от пожарной нагрузки, вентиляции и термодинамических параметров ограничительных поверхностей (стены, пол и перекрытия). Расчет пожарной нагрузки зависит от особенностей размещения людей в здании и других характеристик противопожарной защиты строения. Анализ включает расчет определения направления и развития пожара, а также термическое воздействие на строительные конструктивные системы. В Приложении E Eurocode 1 (Общеввропейские строительный и технический

кодексы) плотность размещения горючих материалов на единицу площади пожарного отсека (пола) этажа, в зависимости от типа различной заселенности, представлены и проиллюстрированы в Таблице 5.1. В некоторых других европейских документах плотность размещения горючих материалов представлена как плотность по отношению к единице общей поверхности закрытого пожарного отсека. В этих случаях сначала должно быть сделано преобразование плотности размещения горючих материалов, отнесенной к полной поверхности, к плотности размещения горючих материалов на единицу площади пожарного отсека (пола) этажа, что представлено ниже. Например, если общая площадь выбрана от 20 до 50 м², размер комнаты может быть следующим: l (длина) × b (ширина) × h (высота) = 5×4×2,5 или 10×5×2,5, и площадь поверхности ограждения – 85 м² и 175 м² соответственно. Для жилого помещения 80% квантиль нагрузки размещения горючих материалов для закрытого пожарного отсека (пола) этажа может быть вычислена следующим образом:

$$q = 948 (50)/175 = 270.$$

Соответствующие величины даны в колонках 4 и 5 Таблицы 1.

Таблица 1. ПЛОТНОСТЬ ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ (НА ОБЩУЮ ПЛОЩАДЬ ЭТАЖА)

Плотность пожарной нагрузки q_{fk}	МДж/м ² площади этажа		МДж/м ² в закрытом помещении	
	Расчетное кол-во людей	Среднее число	80% квантиль	80% квантиль
	Площадь этажа	-	-	20 м ² 50 м ²
Жилая	780	948	225	270
Больница (комната)	230	280	66	80
Гостиница (комната)	310	377	89	108
Библиотека	1500	1824	120	146
Офис	420	511	82	99
Школьный класс	285	347		
Торговый центр	600	730		104
Театр (кино)	300	365		
Транспорт (публичное место)	100	122		35

Основываясь на руководстве SFPE по оценке пожарного риска [2011] и шведских нормативных данных, представленных в виде графиков [9 и 10] для реального представления о пожаре после самовозгорания, мы можем предложить следующую систему их классификации (см. Табл. 2).

Таблица 2. СИЛА ПОЖАРА

Категория	Тепловая нагрузка L [МДж/м ²]	Макс. температура T _{max} [°K]	Макс. безразмерная температура θ_{max}	Параметр γ из уравнения (4)
Сверхбыстрый	500 < L < 700	1020 < T _{max} < 1300	7.0 < θ_{max} < 11.67	0 < γ < 0.05
Быстрый	300 < L < 500	880 < T _{max} < 1020	4.67 < θ_{max} < 7.0	0.05 < γ < 0.175
Средний	100 < L < 300	820 < T _{max} < 880	3.67 < θ_{max} < 4.67	0.175 < γ < 0.275
Медленный	50 < L < 100	715 < T _{max} < 820	1.92 < θ_{max} < 3.67	0.275 < γ < 1.0

Примечание: Если тепловая нагрузка L > 700, то принимаем $\gamma = 0$.

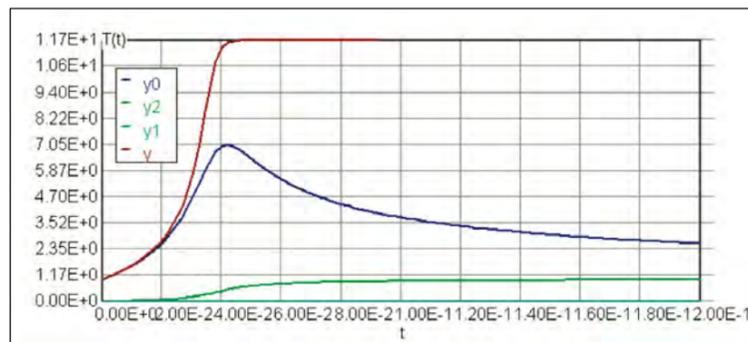
Непосредственным решением уравнений (3) и (4) является обычный способ решить задачу (получение температурно-временной функции в пожарном отсеке). Однако в случае развития пожара в пространстве большого объема математическое моделирование физических и химических трансформаций реальных материалов возможно только с малой степенью вероятности. В то же самое время, основываясь на результатах многих данных испытаний на огнестойкость, можно ожидать, что определенные параметры, такие как максимальная температура, тип температурно-временной функции и т. д., хорошо известны. С другой стороны, некоторые иные параметры (например, γ уравнения (4)) известны только с определенной степенью приближения. С физической точки зрения этот параметр характеризует относительный показатель теплопотерь (например, значительное количество сажи) на разных этапах развития пожара (начальная стадия горения), разделенный на общее энерговыделение [11]:

$$\gamma = \frac{c_p RT_*^2}{QE}$$

Если, например, выделение тепла за счет химической реакции является большим, и/или потери малы, то параметр γ является малой величиной. Поэтому параметр γ варьируется в пределах между 0 и 1.

Здесь также важно подчеркнуть, что для любой данной величины параметра γ в интервале [0 – 1] существует только одно решение уравнений (3) и (4), и у температурно-временной функции в этом случае есть один максимум. Можно заметить (см. ниже), что эта максимальная температура увеличивается, когда параметр γ уменьшается от 1 до 0. С другой стороны, максимальная температура газа в реальном пожарном отсеке, наряду с количеством топлива, определяет категорию серьезности пожара (см. Таблицу 2), поэтому существует корреляция между категорией серьезности пожара и величиной параметра γ . Чтобы установить эту взаимосвязь, здесь будет использоваться математическая теория автоматического управления. Для

Рис. 2.



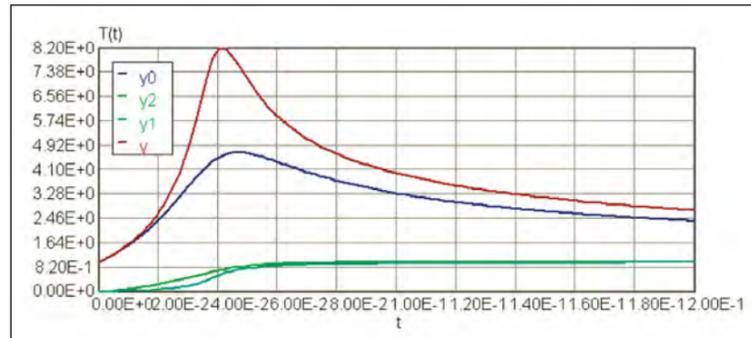


Рис. 3.

математического обоснования этой теории – см. источник [12]. В нашем случае идея и приложение этой теории представлены ниже.

При распространении пожара на большой объем здания физические и химические трансформации реальных материалов происходят в очень малой зоне горения, где возникают очень высокие температуры (намного выше, чем средняя температура газа в области пожара). Поэтому очень трудно (если вообще возможно) получить эти данные (удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности, параметр удельной теплопроводности и т. д.) в обычных лабораторных условиях. Общество инженеров, изучающих технику пожарной безопасности, полностью осведомлено об этом факте, и в отчете [13] представлены соответствующие задачи и рекомендации относительно возможных изменений в этой области изучения. Специальное издание NIST (Национального института стандартов и технологий, Математическая модель FDS) [14] называет их «неопределенными параметрами». В нашей статье мы будем называть их просто «неизвестными параметрами». Поэтому в нашем случае любое решение дифференциальных уравнений (3) и (4) является функцией двух независимых переменных: t – время и γ в интервале $[0 - 1]$. Теперь, чтобы выбрать необходимое решение для данной системы дифференциальных уравнений, должно быть введено дополнительное условие. Каждая категория силы пожара (см. Таблицу 2) определяется соответствующим максимумом температуры газа T_{max} (усредненным в пространстве) в конкретной области пожара при данном количестве топлива. Эти величины используются здесь в качестве дополнительного условия, требуемого методом оптимального управления. Математическая модель реального пожара в отсеке теперь может быть сформулирована следующим образом:

Для каждого постоянного числа γ в интервале $[0 - 1]$ находят дискретный ряд решений дифференциальных уравнений (3) и (4) – температурно-временных кривых в виде набора функций. Находят максимальные значения температуры в этом наборе функций. Выбирают температурно-временную кривую из этого набора и соответствующий параметр γ , если разность между максимальной температурой из

Таблицы 2 (для каждого случая силы пожара) и предельным значением из п. 2 составляет менее 1,0 %.

Очевидно, что все решения дифференциальных уравнений должны быть получены в безразмерных формах (температура θ и время τ) и затем должны быть переведены в реальные переменные значения температуры и времени (см. Примечание и Примеры 6.3 и 6.4).

Метод оптимального управления позволяет не только объединить старый директивный метод и новый метод проектирования, основанный на приблизительных рабочих характеристиках, но также обеспечить частичную проверку результатов, полученных этим методом.

Решения уравнений (3) и (4) (используя простое математическое программное обеспечение Polymath («Эрудит»)) представлены ниже в виде таблиц и аналитических выражений (аналитическая формула в этом случае – кривая регрессии, основанная на решениях данных таблиц). Причина представления результатов в обеих формах состоит в том, что решение в виде таблиц позволяет пользователю анализировать некоторые другие режимы развития пожара, такие как: периоды роста, затухания, возгорания и т. д.

Теперь мы можем составить типичную задачу вычисления с помощью математического моделирования для реального пожара для каждой категории его серьезности (см. Таблицу 2). Каждый случай температурного воздействия представлен ниже набором решений дифференциальных уравнений (консервативным образом), и данные, выбранные в каждом случае, будут следующими:

Случай 1: $1022^{\circ}\text{K} < T_{max} < 1305^{\circ}\text{K}$; очень быстрое горение.
 Данные: $T_0=600^{\circ}\text{K}$; $\delta=20$; $K_v=0.05$; $\beta=0.1$; $P=0.233$;
 $0 < \tau < 0.2$;
 Выбор: $0 < \gamma < 0.05$.

Дифференциальные уравнения (3) и (4) переписаны как входные данные для программного обеспечения Polymath:

1	$d(y_0)/d(t) = 20*(1-y_2)*\exp(y_0/(1+1*y_0)) - .233*y_0^4$
2	$d(y_2)/d(t) = 1.0*(1-y_2)*\exp(y_0/(1+1*y_0))$
3	$d(y_1)/d(t) = 0*(1-y_1)^{1.0}*\exp(y/(1+1*y))$
4	$d(y)/d(t) = (1)*20*(1-y_1)^{1.0}*\exp(y/(1+1*y)) - .233*y^4$

Где: y – безразмерная температура θ с соответствующим параметром $\gamma = 0$;

y_0 – безразмерная температура θ с соответствующим параметром $\gamma = 0,05$;

y_1 – концентрация сгоревшего топливного продукта C в пожарном отсеке с соответствующим параметром $\gamma = 0$;

y_2 – концентрация сгоревшего топливного продукта C в области пожара с соответствующим параметром $\gamma = 0,05$.

РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕМЕННЫХ DEQ

	Переменная	Исходное значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Окончательное значение
1	t	0	0	0.2	0.2
2	y	1.	1.	11.74485	11.74485
3	y0	1.	1.	7.049816	2.601609
4	y1	0	0	0	0
5	y2	0	0	0.9727725	0.9727725

Дифференциальные уравнения (3) и (4) не могут быть интегрированы в закрытой форме. Выведено численное интегрирование этих уравнений и результаты представлены в соответствующих таблицах в специальном Приложении и на диаграмме (см. рисунок 2).

Основываясь на данных таблиц Приложения, конечное приближение безразмерного значения температуры – график зависимости от времени может быть представлен следующим образом:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2). \quad (5)$$

Со второй производной этого выражения:

$$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2) * [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2]] \quad (6)$$

Где: A , a и σ – переменные, которые используются в программном обеспечении Polymath для нелинейного приближения безразмерной температуры θ . Чтобы рассчитать возможное влияние динамики пожарной нагрузки на конструкции, необходима вторая производная температурно-временной функции.

Нелинейное приближение представлено следующей моделью:

$$\text{Модель: } y = A * (\exp(-(t-B)^2 / (2 * (C^2))).$$

Переменная	Начальное предположение	Значение
A	11.	11.98158
B	1.	0.0971132
C	1.	0.0575742

$$A = 11.98; a = 0.097; \sigma = 0.0576. \quad (7)$$

Случай 2: $882^{\circ}\text{K} < T_{max} < 1022^{\circ}\text{K}$; быстрое горение.
 Данные: $T_0=600^{\circ}\text{K}$; $\delta=20$; $K_v=0.05$; $\beta=0.1$; $P=0.157$;
 $0 < \tau < 0.2$;
 Выбор: $0.05 < \gamma < 0.175$.

Дифференциальные уравнения (3) и (4) переписаны как входные данные для программного обеспечения Polymath:

$d(y_0)/d(t) = 20*(1-y_2)*\exp(y_0/(1+1*y_0)) - .157*y_0^4$
$d(y_2)/d(t) = 3.5*(1-y_2)*\exp(y_0/(1+1*y_0))$
$d(y_1)/d(t) = 1.0*(1-y_1)^{1.0}*\exp(y/(1+1*y))$
$d(y)/d(t) = (1)*20*(1-y_1)^{1.0}*\exp(y/(1+1*y)) - .157*y^4$

Где: y – безразмерная температура θ с соответствующим параметром $\gamma = 0,05$;

y_0 – безразмерная температура θ с соответствующим параметром $\gamma = 0,175$;

y_1 – концентрация продукта химической реакции

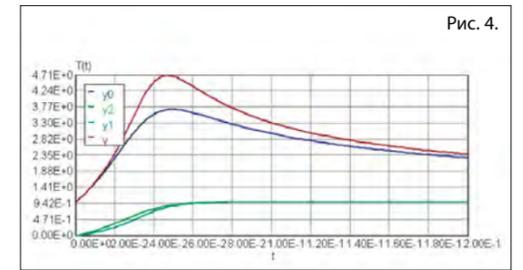


Рис. 4.

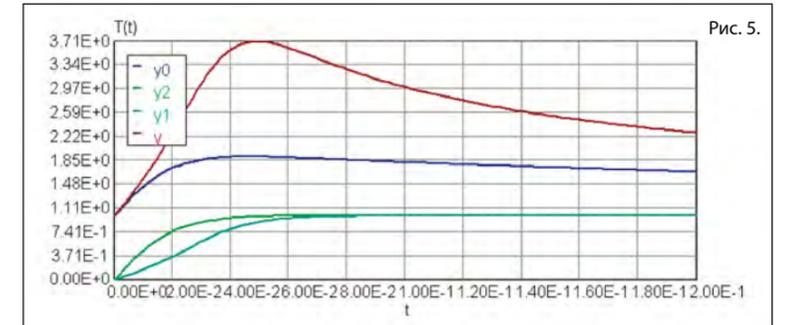


Рис. 5.

первого порядка с $\gamma = 0,05$;
 y_2 – концентрация продукта химической реакции первого порядка с $\gamma = 0,175$.

РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕМЕННЫХ DEQ

	Переменная	Исходное значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Окончательное значение
1	t	0	0	0.2	0.2
2	y	1.	1.	8.201185	2.744677
3	y0	1.	1.	4.707775	2.389874
4	y1	0	0	0.9867073	0.9867073
5	y2	0	0	0.9997236	0.9997236

Решения уравнений (3) и (4) представлены в соответствующих таблицах в специальном Приложении, диаграммы показаны на рисунке 3.

На основании данных таблицы, конечное приближение безразмерной температуры – график зависимости от времени может быть представлен следующим образом:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2). \quad (8)$$

Со второй производной этого выражения:

$$\theta = -A/\sigma^2 [\exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2) * [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2]], \quad (9)$$

где: A , a и σ – переменные, которые используются в программном обеспечении Polymath для нелинейного приближения безразмерной температуры θ .

Нелинейное приближение представлено следующей моделью:

$$\text{Модель: } y_1 = A * (\exp(-(t-B)^2 / (2 * (C^2))).$$

Переменная	Исходная предполагаемая величина	Величина
A	8.	6.950116
B	1.	0.0646352
C	1.	0.0382137

$$A = 6.95; a = 0.0646; \sigma = 0.0382. \quad (10)$$

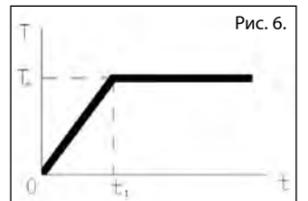


Рис. 6.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

к – коэффициент теплопроводности, который имеет размеры Вт/м*К или J/м*с*К
 Т – температура
 d – толщина огнезащитного слоя в направлении теплового потока при удельной тепловой нагрузке
 ρ – плотность воздуха
 с – удельная теплоемкость воздуха
 K – число столкновений молекул газовой смеси в секунду, которые приводят к химической реакции
 A – общее число столкновений
 E – энергия активации
 R – идеальная постоянная газа
 P – потери тепла за счет теплового излучения
 e – коэффициент излучения
 σ – постоянная Стефана – Больцмана (σ = 5,6703 (10⁻⁸) Вт/м²*К⁴);
 T_o – температура окружающей среды
 A_v – площадь отверстия
 c_p – средняя удельная теплоемкость при постоянном давлении
 t – время
 v̄(u; v; w) – вектор скорости
 D – коэффициент диффузии [м²/сек]
 p – давление
 ν – кинематическая вязкость; ν = μ / ρ
 θ – безразмерная температура
 τ – безразмерное время
 h – высота камеры [м]
 a – температуропроводность [м²/сек]
 Время: $t = \frac{h^2}{a} \tau$ [сек]
 Температура: $T = \frac{RT_*^2}{E} \theta + T_*$ [K], где T_{*} = 600°K является предельно допустимой температурой
 Координаты: $\bar{x} = x/h$ и $\bar{z} = z/h$, где x и z – безразмерные координаты
 Скорости: $\bar{u} = \frac{v}{h}$ [м/сек] и $\bar{w} = \frac{V}{h}$ [м/сек] – горизонтальная и вертикальная составляющие скорости соответственно; ν – кинематическая вязкость [м²/сек];
 u и w – безразмерные скорости
 Pr = ν/a – число Прандтля
 $Fr = \frac{gh^3}{\nu a}$ – число Фруда
 g – ускорение свободного падения
 Le = a / D = Sc / Pr – число Льюиса
 Sc = ν / D – число Шмидта
 $\beta = \frac{RT_*}{E}$ – безразмерный параметр
 $\gamma = \frac{c_p RT_*^2}{QE}$ – безразмерный параметр
 $P = \frac{e \sigma K_v (\beta T_*)^3 h}{\lambda}$ – тепловое излучение, безразмерный коэффициент
 K_v = A_v h/V – безразмерный фактор отверстия
 A_o – общая площадь вертикального и горизонтального отверстий
 $\delta = \left(\frac{E}{RT_*^2}\right) Qz \left(\exp\left(-\frac{E}{RT_*}\right)\right)$ – параметр Франк-Каменецкого
 C = [1 - P (t) / P_o] – концентрация продуктов сгоревшего топлива в пожарном отсеке
 $\bar{W} = \frac{V}{h} W$ – вертикальная составляющая скорости газа
 $\bar{U} = \frac{V}{h} U$ – горизонтальная составляющая скорости газа
 b = L/h, где L и h – длина (ширина) и высота пожарного отсека соответственно

Случай 3: 822°K < T_{max} < 882°K; среднее горение.
 Данные: T_{*} = 600 K; δ = 20; K_v = 0.05; β = 0.1; P = 0.157;
 0 < τ < 0.2.

Выбор: 0.175 < γ < 0.275.

Дифференциальные уравнения (3) и (4) переписаны как входные данные для программного обеспечения Polymath:

1	d(y0)/d(t) = 20*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0)) - .157*y0^4
2	d(y2)/d(t) = 5.5*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0))
3	d(y1)/d(t) = 3.5*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y))
4	d(y)/d(t) = (1)* 20*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y)) - .157*y^4

Где: y – безразмерная температура θ с соответствующим параметром γ = 0,175;
 y0 – безразмерная температура θ с соответствующим параметром γ = 0,275;
 y1 – концентрация продукта химической реакции первого порядка с γ = 0,175;
 y2 – концентрация продукта химической реакции первого порядка с γ = 0,275.

РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕМЕННЫХ DEQ

Переменная	Исходное значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Окончательное значение
1	t	0	0.2	0.2
2	y	1.	4.70778	2.389874
3	y0	1.	3.707141	2.286563
4	y1	0	0.9997236	0.9997236
5	y2	0	0.9999598	0.9999598

Решения уравнений (3) и (4) представлены в соответствующих таблицах в специальном Приложении, диаграммы показаны на рисунке 4.

На основании данных таблицы, показанных выше, конечное приближение безразмерной температуры – график зависимости от времени может быть представлен следующим образом:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2). \quad (11)$$

Со второй производной этого выражения:

$$\theta = -A / \sigma^2 [\exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2) \{1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2\}], \quad (12)$$

где: A, a и σ - переменные, которые используются в программном обеспечении Polymath для нелинейного приближения безразмерной температуры θ.

Нелинейное приближение представлено следующей моделью:

Модель: y = A * (exp(-(1*t-B) ^2/(2 * (C^2)))).

Переменная	Исходная предполагаемая величина	Величина
A	8.	4.549296
B	1.	0.0801842
C	1.	0.0597693

$$A = 4.55; a = 0.0802; \sigma = 0.0598 \quad (13)$$

Случай 4: 715°K < T_{max} < 822°K;
 медленное горение.

Данные: T_{*} = 600 K; δ = 20; K_v = 0.05; β = 0.1;

P = 0.157;
 0 < τ < 0.2;

Выбор: 0.275 < γ < 1.0.

Дифференциальные уравнения (3) и (4) переписаны как входные данные для программного обеспечения Polymath:

1	d(y0)/d(t) = 20*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0))-2.53*0-.157*y0^4
2	d(y2)/d(t) = 20*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0))
3	d(y1)/d(t) = 5.5*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y))
4	d(y)/d(t) = (1)* 20*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y)) -2.53*0-.157*y^4

Где: y – безразмерная температура θ с соответствующим параметром γ = 0,275;
 y0 – безразмерная температура θ с соответствующим параметром γ = 1,0;
 y1 – концентрация продукта химической реакции первого порядка с γ = 0,275;
 y2 – концентрация продукта химической реакции первого порядка с γ = 1,0.

РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕМЕННЫХ DEQ

Переменная	Исходное значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Окончательное значение
1	t	0	0.2	0.2
2	y	1.	3.706608	2.286563
3	y0	1.	1.915441	1.68161
4	y1	0	0.9999598	0.9999598
5	y2	0	0	1.

Решения уравнений (3) и (4) представлены в соответствующих таблицах в специальном Приложении, диаграммы показаны на рисунке 5.

На основании данных таблицы, показанных выше, конечное приближение безразмерной температуры – график зависимости от времени может быть представлен следующим образом:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2). \quad (14)$$

Со второй производной этого выражения:

$$\theta = -A / \sigma^2 [\exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2) \{1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2\}]. \quad (15)$$

Где: A, a и σ - переменные, которые используются в программном обеспечении Polymath для нелинейного приближения безразмерной температуры θ.

Нелинейное приближение представлено следующей моделью:

Модель: y = A * (exp(-(1*t-B) ^2/(2 * (C^2)))).

Переменная	Исходная предполагаемая величина	Величина
A	8.	3.7263
B	1.	0.0893914
C	1.	0.075

$$A = 3.73; a = 0.0893; \sigma = 0.075 \quad (16)$$

Случай 5: Влияние температурного воздействия. Простой линейный график (см. рисунок 6) иллюстрирует нагрузки температурного воздействия на структурную систему (когда t₁ → 0).

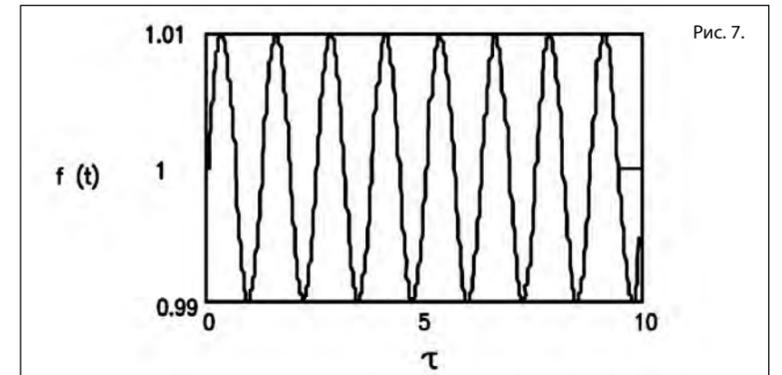


Рис. 7.

Дополнительная информация – см. Стандарт SFPE [13].

Случай 6: Воздействие и флуктуации

Реальная кривая температура-время имеет некоторые колебания максимальной температуры за счет гидродинамического эффекта распространения огня. В этом случае будет допускаться, что эти флуктуации – малая величина (±10°С), но они возникают с частотой, близкой к собственной частоте структурной системы (θ = .95ω) (см. рисунок 7):

$$T = T_m [1 + 0.01 \sin \theta t]$$

Влияние динамики на конструктивные системы в этих двух случаях и примеры их проектирования будут описаны в следующих публикациях. ■

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

- NIST Special Publication 1018-5 Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide, 2008. Volume 1: Mathematical Model.
- CEN TC 250/SC1, Draft for Eurocode 1: Part 2.7-April 1993, European Committee for Standardization.
- Babrauskas, Dr. V., Performance-Based Fire Safety Engineering Design: The Role of Fire Models and Fire Tests, Interflam 99, Edinburgh, Scotland, June 1999.
- Lane, B. "Performance-Based Approach to the Design of Steel Structures in Fire". Arup Fire, New York, NY. *Proceedings of Society of Fire Protection Engineers (SFPE) and National Institute of Standards and Technology (NIST)*. June 11–15, 2001, San Francisco, CA, 415–426 pp, 2001.
- L. Razdolsky, A. Petrov, E. Shtessel, "Critical conditions of local ignition in a large medium with convective heat transfer" Physics of combustions and explosions, Academy of Science, USSR, 1977.
- CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6). NIST Special Publication 1026 (May 2008 Revision).
- Razdolsky L., "Mathematical Modeling of Fire Dynamics" Proceedings of World Congress on Engineering and Computer Science 2009, WCE 2009, London, U.K., 2009/
- Frank-Kamenetskii, D.A., Diffusion and Heat Transfer in Chemical Kinetics. Plenum Press, New York, 1969.
- Magnusson, S.E., and Thelandersson, S. "Temperature-Time Curves of Complete Process of Fire Development in Enclosed Spaces," Acts Polytechnica Scandinavia, 1970.
- Society of Fire Protection Engineers, "The SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design", December, 1998.
- Razdolsky L. "Structural Fire Loads in a High-rise Building Design". Proceedings of SFPE Engineering Technology Conference, 2009, AZ, USA.
- Lawrence C. Evans, L., C., "An Introduction to Mathematical Optimal Control Theory", Version 0.2 Department of Mathematics University of California, Berkeley, CA, 1983.
- SFPE (2011), *Engineering Guide: Fire Exposures to Structural Elements*, Bethesda, Md.: Society of Fire Protection Engineers.
- Razdolsky L. "Structural "Fire Loads in a Modern Tall Building Design." *Proceedings of SFPE Engineering Technology Conference, 2010*, Lund University, Sweden 2010.
- Lane, B. "Performance-Based Approach to the Design of Steel Structures in Fire". Arup Fire, New York, NY. *Proceedings of Society of Fire Protection Engineers (SFPE) and National Institute of Standards and Technology (NIST)*. June 11–15, 2001, San Francisco, CA, 415–426 pp, 2001.

Продолжение. Начало в № 6, 2011 г., С. 112 – 117; № 1, 2012 г., С. 112 – 119; № 2, 2012 г., С. 114 – 119

ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ при пожаре в высотных зданиях

Исследование и прогнозирование поведения и движения людей при эвакуации при пожаре в высотных зданиях (Россия)

Текст ВАЛЕРИЙ ХОЛЩЕВНИКОВ, д-р техн. наук, профессор АГПС МЧС РФ, МГСУ, эксперт РИНКЦЭ РФ; АЛЕКСАНДР ПАРФЁНЕНКО, старший инженер-программист; ИВАН КУДРИН, адъюнкт АГПС МЧС РФ

3.4. Психологические закономерности связи между параметрами людских потоков

Проведенные исследования создали достаточно представительную статистическую совокупность данных одновременных замеров плотности и скорости людских потоков по всем видам пути в различных условиях движения, общий объем которых к концу 70-х годов прошлого столетия превосходил 25 тысяч. Полученные эмпирические зависимости приведены на рисунке 3.11 (а, б, в).

К этому времени и за рубежом был выполнен ряд натурных наблюдений движения людских потоков. Однако их статистические данные не публикуются. Графические представления полученных зависимостей скорости от плотности людских потоков, обнаруженные в опубликованных к тому времени работах, приведены на рисунке 3.12.

Но эмпирические зависимости иллюстрируют только их качественную идентичность, количественные же выражения каждой из них весьма различны: от многочленов четвертой степени до линейных функций при малом количестве наблюдаемых интервалов плотности. Причем ни один из исследователей не аргументирует выбора вида аппроксимирующей функции. Они подбирались при помощи полиномов наилучшего приближения. Получающиеся в результате такого подбора различия в выражениях аппроксимирующих функций аргументировались разным составом людей в наблюдаемом потоке или различными психологическими условиями движения, при которых оно происходило. (А почему бы и нет?). Для учета влияния этих факторов вводились коэффициенты состава потока и условий

движения. Значения этих коэффициентов устанавливались путем деления средних значений в наблюдаемых эмпирических зависимостях на значения средних в некоей «основной» зависимости, установленной в результате объединения значений также эмпирических зависимостей, полученных в сериях ранее проведенных наблюдений движения по соответствующим видам пути [1]. Однако такой прием не только не объясняет природы наблюдаемой связи между параметрами людского потока, но и некорректен, поскольку объединению подлежат только однородные статистические совокупности, а статистическая однородность объединяемых выборочных совокупностей данных никогда не проверялась.

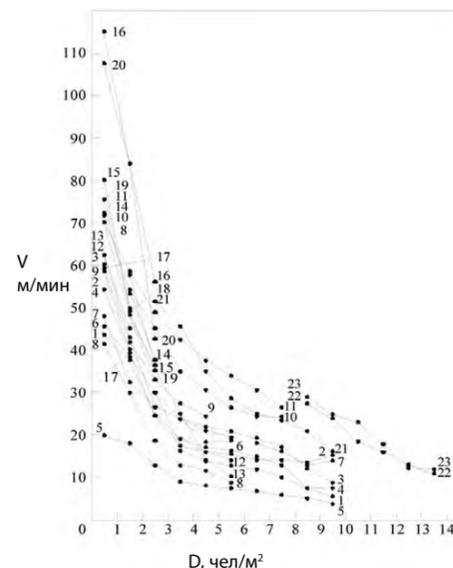
Наблюдательные люди отмечают, что научные исследования в любой области знаний имеют общую тенденцию развития: от эмпирической стадии, ограничивающейся сбором и обобщением данных опыта, к формированию отдельных теоретических конструкций, и затем к теории – развитой форме организации научного знания, дающей «целостное представление о закономерностях и существенных связях в определенной области действительности – объекта данной теории» [2].

После ознакомления с данными, приведенными в приложении Г «Руководство по скоростям перемещения и характеристикам величины потоков» ISO/TR 16738, создается впечатление, что рассматриваемая область знаний еще не выросла из «пеленок» эмпирической стадии. Однако содержательный анализ таких использованных источников, как: Предтеченский В. М., Милинский А. И. «Проектирование зда-

ний с учетом организации движения людских потоков» (Predtechenskii V. M., and Milinskii A. I. Planning for foot traffic in buildings (translated from Russian) stroizdat publisher, Moscow, 1969; English translation published for National Bureau of Standards and the National Science Foundation, Washington, by Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd, Ne Deli, India, 1978; Togawa, K. Report 14 Buildings Research Institute, Tokyo, 1966; Fruin, J. J. Pedestrian planning and design. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental planners Inc., New York, 1971), показывает, что научный уровень исследований эвакуации людей давно достиг стадии формирования, по крайней мере, «отдельных теоретических конструкций».

По-видимому, составители отчета не имели возможностей учесть ни эмпирические данные, приведенные на графиках рисунков 3.11, 3.12, ни теоретические разработки, выполненные в России в последние десятилетия, которые служат основой для нормирования процесса эвакуации людей из зданий различного вида, в том числе и высотных.

Очевидно, что результаты многочисленных серий натурных наблюдений явно свидетельствуют о том, что существует некий «внутренний закон, прокладывающий себе дорогу через случайности и регулирующий их» [3], но не раскрывают его. Такое положение вполне ожидаемо для научных исследований. Поэтому философия естествознания и говорит, что если бы форма проявления и сущность вещей непосредственно совпадали, то всякая наука была бы излишней. Но... **в чем же заключается сущность (природа) наблюдаемых изменений скорости людского потока?**



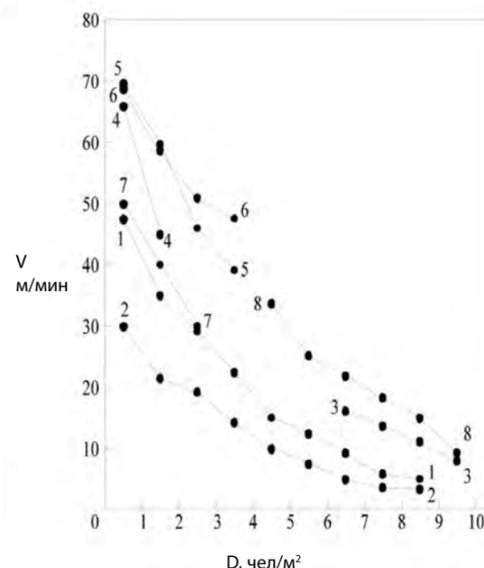
а)

3.5. Установление закономерности связи между параметрами людских потоков

Первый шаг в поиске закономерности связи состоит в формировании восприятия и соответствующего описания наблюдаемого явления в виде, адекватном его проявлению: **людской поток – стохастический, случайный процесс.** Объективно об этом свидетельствуют, например, данные о распределении значений скорости движения людей в любом из интервалов его плотности, приведенные на рисунке 3.13.

Такое восприятие сразу же приводит к пониманию того, что **наблюдаемые эмпирические зависимости являются лишь отдельными реализациями закономерности**, присущей этому явлению. В данном случае имеет место **случайный процесс**, условия осуществления которого постоянно изменяются, а не остаются постоянными, и тем самым влияют на конкретные проявления свойственной ему закономерности. Известно, что в теории вероятностей **закономерности таких процессов описываются случайными функциями.**

Но не только влияние случайности реализации процесса, лежащей в его основе, затрудняет выявление сути закономерности связи между его параметрами. Дело в том, что фиксируемая во всех натурных наблюдениях скорость движения людей всегда формируется под влиянием не только плотности потока, но и эмоционально-психологического состояния (условий движения) людей в исследуемой



б)

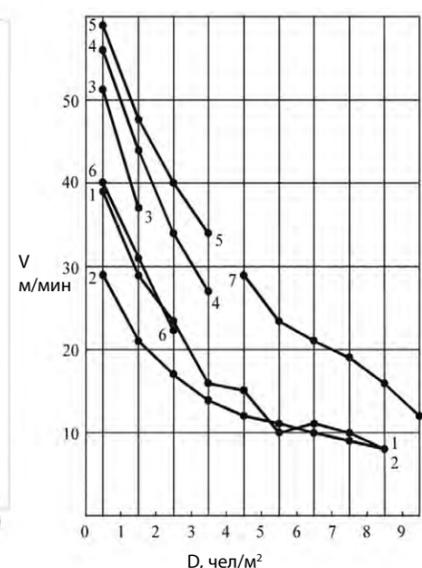
ситуации, например, в обстановке комфорта в театре или повышенной активности в утренние часы пик в метрополитене. Следовательно, необходимо найти способ нивелировать влияние этого фактора.

Классификация характера движения людей при изменении плотности потока («ВЗ», № 2/12, стр. 116, табл. 3.1) давно указывает на такую возможность: само название характера движения – «свободное индивидуальное», говорит о том, что в этом интервале плотность не оказывает влияния на скорость движения людей. Это достаточно очевидное соображение позволяет определить, по крайней мере, статистическую **тенденцию влияния плотности на скорость движения** потока по относительным изменениям ее величины при увеличении плотности потока в каждой серии наблюдений, а затем и искать природу ее обусловленности.

Скорость потока людей в эмоциональном состоянии (э) – $V_{j,D}^э$ при плотности (D_j) на участке J-ого вида пути может быть выражена как скорость его движения при отсутствии влияния плотности $V_{j,o}^э$ (при D_o) и ее снижения на величину $\Delta V_{j,D}^э$ соответствующую увеличению плотности до значения D_j то есть:

$$V_{j,D}^э = V_{j,o}^э - \Delta V_{j,D}^э \quad (3.15)$$

Вполне естественно, что снижение скорости на величину $\Delta V_{j,D}^э$ является реакцией человека на увеличивающееся влияние комплекса факторов, связанных с ростом плотности потока при любом эмоциональном состоянии. Чтобы уловить тенденцию этого влияния по данным



в)

Рисунок 3.11. Эмпирические зависимости скорости людского потока от его плотности, полученные в России к концу 70-х годов XX века при исследованиях движения:

- а) по горизонтальным путям, б) по лестнице вниз, в) по лестнице вверх.
- а) Здания: театры, кинотеатры – 1, 5; университеты – 2; промышленные – 3; транспортные – 4, 13, 14; спортивно-зрелищные – 6; другие – 7; торговые – 8; школы: старшая группа – 9, средняя группа – 10, младшая группа – 11;
- Улицы: торговый центр – 12; транспортный узел – 15, 16, 18;
- Промышленный узел: 19;
- Метрополитен: 20, 21;
- Эксперимент: 22, 23.
- б) Здания: различного назначения – 1; спортивно-зрелищные – 2, 3; университеты – 4; школы: средняя группа – 5, младшая группа – 6;
- Улицы: транспортный узел – 7;
- Эксперимент: 8.
- в) Здания: различного назначения – 1; спортивно-зрелищные – 2; университеты – 3; школы: средняя группа – 4, младшая группа – 5;
- Улицы: транспортный узел – 6;
- Эксперимент: 7.

натурных наблюдений, выразим искомую реакцию в виде функции:

$$R_{j,D} = (V_{j,o}^э - V_{j,D}^э) / V_{j,o}^э \quad (3.16)$$

Значение D_o – неизвестно, но для его эмпирического эквивалента примем значение V_1 – среднее значение скорости в первом интервале плотности (D от 0 до 1 чел/м²), который выделяется при статистической обработке результатов всех натурных наблюдений. Вычислим эмпирические значения математического ожидания $m(R_{j,D})$ и нанесем их на график, например, рис. 3.14.

Встает принципиальный вопрос: **как**

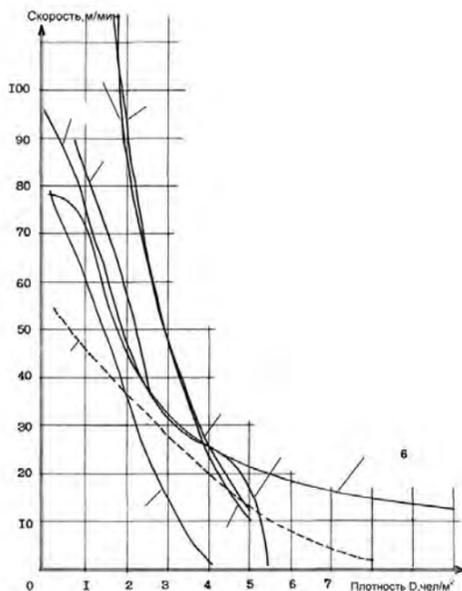


Рисунок 3.12. Зависимость изменения скорости движения людского потока от плотности в соответствии с данными иностранных авторов; [] – источники: [1] – Reimer K. Die Bewegung der Menschenmassen in Verkehrsraumen. Zeitschrift „Gläsera Annlen“, N71 (1947) Heft 7, s.121–131; [2] – Oeding D. Verkehrsbelastung und Dimensionierung von Gehwegen und anderen Aulagen der Fussgangverkehrs. – Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 22. Bonn, 1963; [3] – Passenger flow in subways and staircases. – Engineering, 1958. N 34, p.32-48; [4] – Navin F.P.D. and Wright R.A. Pedestrian Flow Characteristics. –Traffic Engineering, 19 (7), 1969, p.30-33, 36; [5] – ITE Technical Council Committee 5-R. Characteristics and Service Requirements of Pedestrians and Pedestrian Facilities. – “Traffic Engineering”, 1976, vol.14, p.34-45; [6] – Kimura K., Ihara S. Observations of Multitude Current of People in Buildings. Transaction of Architectural Institute of Japan, N 5. 1937; [7] – Togawa K. Study on fire escapes based on observations of multitude currents. Japanese Building Research Institute Report, N 14. Tokyo, 1955; [8] – Kubawara H., Doi H., Ishigmi A. A fier-escap simulation method by describing actions of evacuees as probabilistic phenomena. CIB Symposium “Systems Approach to Fire Safety in Building”, Tzukuba (Japan), 1979, vol.1, p.105-122.

выбрать вид аппроксимирующей кривой?

Ведущие специалисты математической статистики добросовестно предупреждают пользователей, что **математическая формула только тогда получает реальное значение, когда она адекватна внутренним отношениям между явлениями или, во всяком случае, отражает эти отношения с достаточной степенью приближения.**

В рассматриваемом случае скорость является физиологической реализацией психологической реакции человека на увеличение интенсивности воздействий внешней среды, вызванных ростом плотности людского потока при движении по тому или иному виду пути. Поэтому естественно обратиться к психофизиологической теории функциональных систем [4,5], подробно описывающей формирование поведенческого акта, и к психофизике, которая изучает «количественные отношения между физическими характеристиками стимула и интенсивностью ощуще-

ния, возникающего как ответ на этот стимул» [6]. Схема этого психофизического процесса приведена на рисунке 3.15.

Расположение точек эмпирических средних значений $R_{j,D}$ подсказывает, что в данном случае наиболее вероятно действие психофизического закона Вебера – Фехнера [7], математически выражаемого логарифмической функцией (имеются и другие виды выражения психофизического закона для органов чувств различных модальностей, но не будем вторгаться в дебри дискуссий различных научных школ психофизики [6]). Поэтому в качестве теоретической зависимости, описывающей закономерность воздействия плотности людского потока на скорость его движения по всем видам пути, была использована [8, 9] функция вида:

$$R_{D,j}^T = a_j \ln(D/D_{0,j}). \quad (3.17)$$

На рисунке 3.16 показан пример аппроксимации эмпирической зависимости, значения которой приведены на рисунке 3.14, функцией (3.17). Там же показаны границы доверительного интервала и воз-

можных отклонений в 10% и 5%, в пределах которых желательно расположение аппроксимирующей кривой. В рассматриваемом случае границы этих процентных интервалов уже граници доверительных интервалов, устанавливаемых при 95% уровне значимости.

Оценка тесноты установленной связи производится при помощи теоретического корреляционного отношения:

$$\eta = \sqrt{\sigma_p^2 / \sigma_y^2}, \quad (3.18)$$

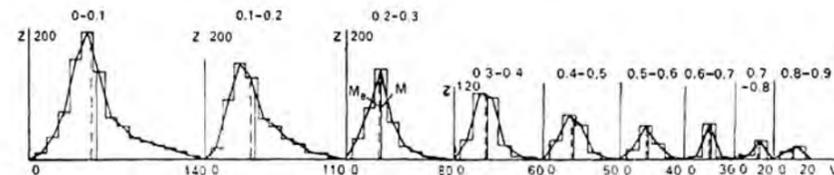
где σ_p^2 – межгрупповая дисперсия; σ_y^2 – общая дисперсия, показывающего ту долю влияния, которую имеет плотность потока в общем действии всех факторов, определяющих эту корреляционную зависимость. Высокие значения теоретического корреляционного отношения для всех видов пути ($\eta_j \geq 0,95$) определяют установленную **связь как функциональную.**

Применение функции (3.17) для аппроксимации полученных эмпирических значений $R_{j,D}$ для различных видов пути позволила определить соответствующие значения a_j и $D_{0,j}$ (таблица 3.2).

Таблица 3.2. ЗНАЧЕНИЯ a_j И $D_{0,j}$ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПУТИ

Вид пути	a_j	$D_{0,j}$ чел/м²
Горизонтальный (вне здания)	0,407	0,69
Горизонтальный (в зданиях)	0,295	0,51
Проем	0,295	0,65
Лестница вниз	0,400	0,89
Лестница вверх	0,305	0,67

Установление закономерности этой связи дает возможность описать **зависимость между параметрами людского потока, как стохастического процесса, в виде элементарной случайной функции:**



$$V_{D,j}^e = V_{0,j}^e [1 - a_j \ln(D/D_{0,j})]. \quad (3.19)$$

Элементарная случайная функция представляет собой произведение случайной величины скорости свободного движения людей $V_{0,j}^e$ в потоке на неслучайную функцию (в скобках), описывающую влияние его плотности.

Значения величины $V_{0,j}^e$ зависят от состава людей в потоке и уровня их эмоционального состояния в ситуациях различной психологической напряженности. Статистический анализ данных рассмотренных серий натурных наблюдений и экспериментов показал, что в первом интервале плотности наблюдается однородность выборок скоростей движения не только по одному и тому же, но и по разным видам пути. Причем однородные выборки явно группируются в трех – четырех интервалах скорости свободного движения. Анализ условий, в которых проводились натурные наблюдения, позволяет предполагать идентичность психологической напряженности ситуаций в сериях наблюдений, дающих однородные выборочные совокупности. Однако большего сказать нельзя, поскольку шкалирование психологической напряженности ситуации ограничивается шкалой порядка: комфортное движение, движение в нормальных условиях и в условиях, приближающихся к аварийным (поскольку наблюдения в действительно аварийных ситуациях отсутствуют). Представление о соотношении показателей двигательной активности и уровней эмоционального состояния, шкалированного в относительных единицах, можно получить из данных (рисунок 3.17),

Таблица 3.4. ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН ЗАВИСИМОСТИ (3.19) ПРИ АППРОКСИМАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАРУБЕЖНЫХ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Зависимость (источник)	Коэффициенты			R²
	V, м/мин	a	D ₀ , чел/ м²	
1	115,7	0,7053	1,314	0,9991
2	90	0,6941	1,098	1
3	87,6	0,3993	0,654	0,9913
4	115,7	0,6717	1,272	0,999
5 ГП	71,3	0,691	0,939	1
5 ЛВВ	51,7	0,4759	1,044	0,994
	77,2	0,2894	0,452	0,9783

которые используются психологами при информационном моделировании эмоциональных состояний [10].

Однако данные, необходимые для установления подобного соответствия при движении людей в ситуациях различной психологической напряженности, отсутствуют. Тем не менее, очевидно, что в статистических распределениях плотности вероятности значений скорости свободного движения $P(V_{0,j}^e)$ максимальные значения выборки соответствуют движению людей, находящихся в повышенном (относительно других) эмоциональном состоянии. Отсюда возникает идея воспользоваться статистической теорией крайних членов выборки [11] для прогнозирования их вероятных значений в экстремальных, не наблюдаемых, но возможных ситуациях (ЧС). При этом следует учитывать, что максимальные значения выборки не могут превосходить ее удвоенного среднего значения [12].

Полученные графики изменения математического ожидания скорости свободного движения людей в зависимости от их эмоционального состояния приведены на рисунке 3.18, что позволило категорировать движение по уровню эмоционального состояния людей (таблица 3.3).

Статистика натурных наблюдений показывает, что распределения значений скорости свободного движения людей в потоке имеют нормальный (или близкий к нему) закон. Поэтому случайная величина $V_{0,j}^e$ может быть описана числовыми характеристиками: $m(V_{0,j}^e) \pm 3\sigma(V_{0,j}^e)$. Для каждой из установленных категорий

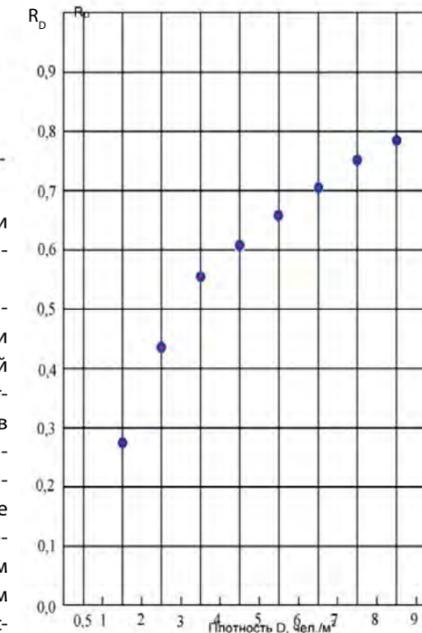


Рисунок 3.13. Гистограммы и полигоны распределения вероятностей значения скорости людей в интервалах плотности людского потока

Рисунок 3.14. Пример эмпирической зависимости значений $R_{D,j}$ от плотности потока при движении по горизонтальному пути взрослых людей

движения в качестве математического ожидания $m(V_{0,j}^e)$ следует принимать среднее значение соответствующего интервала скорости, указанного в таблице 3.3, а значение $\sigma(V_{0,j}^e)$ – равным его 1/6. Так например, при движении «повышенной активности» имеем:

– по горизонтальным путям, через проем и по лестнице вниз:

$$m(V_{0,j}^e) = 105 \text{ м/мин}, \quad \sigma(V_{0,j}^e) = 5 \text{ м/мин}; \quad (3.20)$$

по лестнице вверх:

$$m(V_{0,j}^e) = 65 \text{ м/мин}, \quad \sigma(V_{0,j}^e) = 3,2 \text{ м/мин}. \quad (3.21)$$

Последующие исследования людских потоков как смешанного, так и дифференцированного состава людей в них, показали **неизменность установленного вида закономерности, которая описывает связь скорости потока и его плотности при движении по всем видам пути в ситуациях различной психологической напряженности.** Эти исследования проводились на пешеходных путях сооружений метрополитена, в домах для престарелых и инвалидов, в зданиях школьных и дошкольных образовательных и культурных учреждений, в спортивно-зрелищных сооружениях. В



Рисунок 3.15. Схема формирования реакции сенсорной системы

каждом конкретном случае соответствующим образом изменяются только значения входящих в нее параметров (V_{0j}^e, a_j, D_{0j}). Для примера полученных закономерностей на рисунке 3.19 приведены результаты натуральных наблюдений людских потоков в пешеходных путях Московского метрополитена в утренние часы пик и в дневные часы

[13,14]. Для утренних часов пик характерно движение «повышенной активности», для дневных часов – «активное». Следует отметить, что выборочные совокупности данных, полученные при натуральных наблюдениях в эти (разные) периоды эксплуатации пешеходных сооружений метрополитена, статистически неоднородны между собой и, следовательно, их было бы некорректно объединять для получения общей зависимости. Этот факт

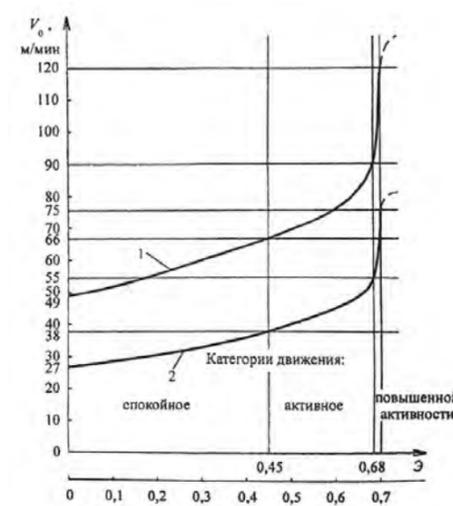
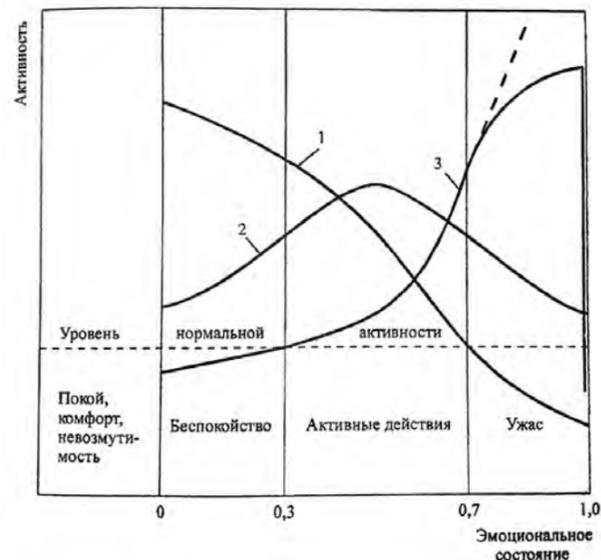
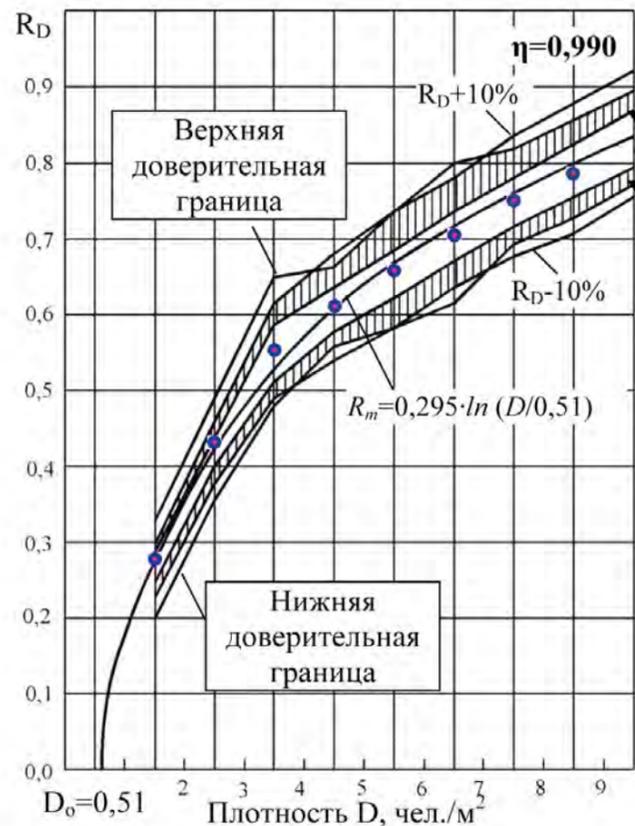
наглядно демонстрирует тонкости статистической обработки эмпирических данных натуральных наблюдений, на которые исследователи людских потоков долгое время не обращали внимания.

Представляет интерес возможность апробировать применение установленного вида закономерности (3.19) для аппроксимации результатов зарубежных натуральных наблюдений, приведенных на рисунке 3.12. Они не были включены в состав серий натуральных наблюдений, послуживших эмпирической базой для установления этой закономерности, как из-за неясности методологии их получения, что весьма важно для оценки их достоверности, так и из-за отсутствия их численных значений. Поэтому значения V_{0j}^e устанавливаются по координатам графиков, приведенных на рисунке 3.12.

В таблицу 3.4 сведены зарубежные аппроксимирующие коэффициенты установленной психофизической закономерности движения людских потоков для эмпирических зависимостей. Совершенно очевидно, что приведенные на рисунке графики могут иметь неточности относительно оригиналов, определяемые процессом их графического переноса. Однако столь же очевидно, что они демонстриру-

Рисунок 3.16. Пример аппроксимации эмпирических данных (рис. 3.14) теоретической кривой в форме $R_{Dj} = a_j \ln(D/D_{0j})$

Рисунок 3.17. Влияние эмоционального состояния на уровень активности: 1 – внимание; 2 – управление; 3 – движение



ют как качественную, так и количественную идентичность проанализированным эмпирическим зависимостям.

Так, данные натуральных наблюдений в Лондонском метрополитене (при D до 5 чел./м²) описываются практически той же зависимостью (при $V_{0j}^e = 88$ м/мин), которая была установлена (рисунок 3.19) при обширных обследованиях на станциях и пересадочных узлах Московского метрополитена.

Начиная с 1980 года, установленный вид зависимости между параметрами людских потоков широко используется в нормативно-технических документах России при расчетах процесса эвакуации. Впервые на их основе в СНиП II-2-80 «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений» нормированы (в табличной форме) расчетные зависимости между скоростью, интенсивностью движения и плотностью людских потоков. Затем они были заимствованы в ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность». Ими описаны и соответствующие зависимости для различных групп мобильности в СНиП 35-01 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения». Их использует и «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях».

В 2004 году Международной академией авторов научных открытий и изобретений, Российской академией естественных наук, Международной ассоциацией авторов изобретений установлено закономерности связи между параметрами людских потоков признано открытием в области социальной психологии [15]. ■

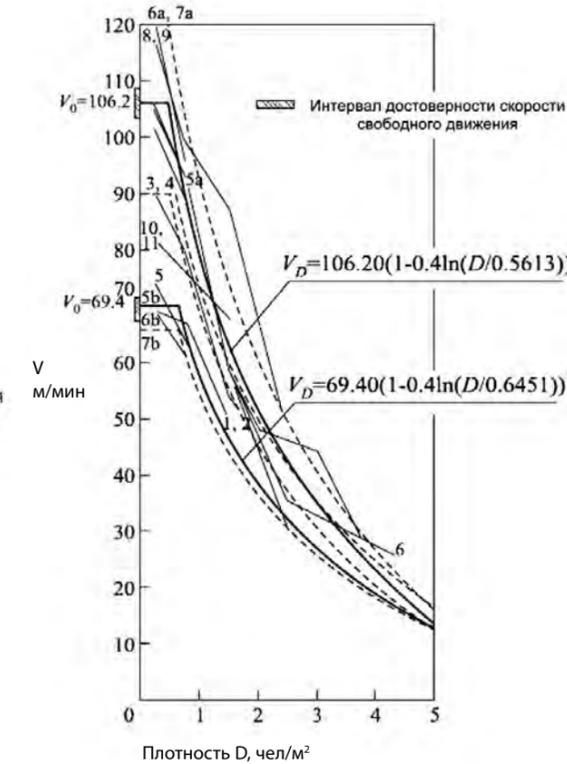


Рисунок 3.18. Зависимость скорости свободного движения людей в потоке от уровня эмоционального состояния при движении: 1 – по горизонтальному пути, через проем, 2 – по лестнице вверх

Рисунок 3.19. Экспериментальная проверка изменения скорости потока людей как функции от плотности при движении по горизонтальному пути в Московском метрополитене в часы пик (движение повышенной активности, верхняя линия) и в другое время (активное движение, нижняя линия); 1, 2... – число проверок

ЛИТЕРАТУРА

1. Предтеченский В. М., Милинский А. И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. – М.: Изд. лит. по строительству, 1969; Berlin, 1971; Köln, 1971; Praha, 1972; U.S., New Delhi, 1978. 2-е издание – М.: Стройиздат, 1979.
2. Швырев В. С. Теория // Большая Советская Энциклопедия, 3-е издание, т. 25, С. 434–436.
3. К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, 2-е издание, т.25, ч. II.
4. Анохин П. К. Новое о работе мозга. // Наука и человечество. – М.: Наука, 1965, С. 35–47.
5. Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973.
6. Забродин Ю. М., Лебедев А. Н. Психофизиология и психофизика. – М.: Наука, 1977.
7. Fechner G. T. Elemente der Psychophysik. – Leipsig: Breikopf und Hartel, 1860.
8. Холщевников В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: Дис... д-ра техн. наук. – М., 1983.
9. Холщевников В. В. Моделирование зависимостей между параметрами людских потоков // Исследования по основам архитектурного проектирования (Методологические, функциональные, эстетические и физико-технические проблемы архитектуры). С. 36–53. – Томск: Томский университет, 1983.
10. Волков П. П., Оксень В. И. Информационное моделирование эмоциональных состояний. – Минск: Высшая школа, 1978.
11. Gumbel E. I. Statistical Theory of Extreme Values and Some Practical Applications. – Washington, 1954.
12. Волгин Л. Н. Принцип согласованного оптимума. – М.: Советское радио, 1977.
13. Разработать и внедрить новые объемно-планировочные и конструктивные решения станций и пересадочных узлов метрополитена с учетом высокоскоростного движения поездов. – Отчет № ГР № 01860005733/МИСИ: науч. рук. В. В. Холщевников, отв. исп. А. С. Дмитриев – М., 1989.
14. Исаевич И. И. Разработка основ многовариантного анализа планировочных решений станций и пересадочных узлов метрополитена на основе моделирования закономерностей движения людских потоков: Дис... канд. техн. наук. (науч. рук. В. В. Холщевников) – М.: МИСИ, 1990.
15. Закономерность связи между параметрами людских потоков. Диплом № 24S: открытие в области социальной психологии. – Российская академия естественных наук, Международная академия авторов научных открытий и изобретений, Международное агентство авторов научных открытий, 2004.

Продолжение следует

IN BRIEF**(p. 6)****THE YEAR OF THE TOWER**

The turbulent global economy has seen scores of practices fall by the wayside over the past few years and yet other firms seem to have flourished. Last week, WAN received news that international architecture, engineering, planning and creative services organization RTKL will oversee the completion of eight new tall and midsize buildings during 2013, a year that it has affectionately entitled 'The Year of the Tower'.

It will come as no surprise that seven of these structures can be found in China with one in Indonesia, far away from the financial troubles in Europe. Norman Garden, Executive Vice President at RTKL explains that the practice's buoyant position is the result of considered planning and careful analysis of the global economy: "RTKL was able to preserve strong financial numbers throughout the recession because of our foresight and our emphasis on performance-driven design. The leaders in our firm saw the downturn coming and planned accordingly."

The majorities are mixed-use developments - a specialty of RTKL's - and merge commercial office spaces with retail units, expansive public plazas, hospitality facilities and a smattering of residential apartments. The firm's tallest tower to be completed in 2013 is the 328m Wuxi Suning Plaza, a glittering glass form due to have a big impact on the local vicinity, its sky lobby higher than the top splinters of Renzo Piano's The Shard in London. Wuxi Suning Plaza is an office-focused building with 67 floors dedicated to prime commercial space in the region's industrial centre. On a slightly smaller scale is Ciputra World, a 250m mixed-use tower which blends elements of hospitality, retail, residential and entertainment into a highly sustainable form, encompassing insulated glass, onsite water treatment, high-efficiency mechanical systems and thermal comfort controls.

It is this ability to offer a diverse range of architectural outcomes that has set RTKL on the road to success. The firm has refrained from pigeon-holing itself and continued to expand on the list of options it can present to potential clients. Garden details: "Over the years, we have established diverse project types and have developed strong relationships in regions all over the world which helped us keep our balance financially. Our culture of adopting new technology early has maintained efficiency in our work and our resources." But it is not simply market analysis and a varied portfolio that guarantees success. Garden concludes: "More than just financial planning, our greatest strength lies in our product - we stayed ahead of the competition by focusing on great design and how it can make the world a better place."

RTKL**ARCHITECTURE IN WOOD**

Kengo Kuma & Associates completed a new hotel in Japan. Whilst designing a skyscraper in a city centre, Kengo Kuma and Associates tried to recreate a close interaction between the site and the building with wood. Specifically, they designed the exterior as a stone lattice, rather than a wall. In order to make a delicate facade, neither from a block of stone nor a skin of glass, they chose to place the stone into the aluminium curtain wall by a dry construction method, which could reach the scale of 300 mm. It would have been difficult to do so with the conventional PC curtain wall.

In the lower level of the hotel, they used the vocabulary of 'shed', 'detached house' and 'gardening of the rooftop' and designed the garden as its own, but to be united with that of the neighboring Hie Jinja Shrine. For the interior space, a wooden structure with an entablature motif was inserted as the secondary scale to the concrete skeleton to obtain the sense of the shed. The 'detached house' is itself unified with its neighbouring site and apertures were made on the screen between the two. By accumulating a number of methods, which Kengo Kuma and Associates had experimented with in smaller buildings, they challenged the way to make screens with materials themselves, developing master's favorite theme - the merger of architecture and living nature.

Kengo Kuma & Associates**PEACE AND TRANQUILITY**

The extension of The People's Hospital of Futian in Shenzhen, China, endeavors to integrate world-class hospital services, medical research and surrounding community in urban park environment. A minimum of 1,000 beds will be provided upon the completion of the renovated hospital and its new extension, with a total GFA of 138,945 sq m.

The complex consists of three major portions including an existing Basic Medical Center, a new International Medical Center and a new International Medical Exchange Center, which are distributed on a long and irregular site lying from north to south. The new Medical Center is modeled in a hospitality environment, connected by an elevated multi-level spine with entrances towards major medical departments and supporting amenities. An open landscape in the east contributes as a natural healing environment of sufficient daylight as well as a public park for adjacent community and a way-finding design element for the patients, staff and visitors as they navigate along the hospital.

Taking the advantage of better scenic view of open space around the site, inpatient reception lobby of new International Medical Center (200 beds) would start at 30 ft, to maximize the magnificent park view and to get away from busy urban life underneath, enhancing inpatient experiences with

peace and tranquility. At the lower block beside Basic Medical Center, all windows of the wards are located to enjoy the pleasant views of the school playground.

The design responds to the warm and humid climate of southern China. Building mass facing east-west direction is minimized to reduce the solar heat gain. Daylight control of the building is manipulated by a double skin facade with manually operable louver panels in response to different orientations. Micro-climate is created by the building overhangs, which brings forth human comfort.

Leigh & Orange Limited**WILDCAT OR REALITY?**

The Georgian government not long ago announced the plans to build a city from scratch in marshlands by the Black Sea. There has been a lot of controversy surrounding the proposal and the details have been vague as no official documentation has been released. The proposal poses interesting questions about the practicalities and motives behind building entire cities from nothing.

The visualizations that have been released show a large urban metropolis full of high rise skyscrapers with impressive infrastructures aiding the city. The city has been proposed with the hope of it becoming the financial and economic hub of Georgia, with a large trading port connecting Georgia to important trade links through the Black Sea. On paper the scheme sounds like it could help in the development of Georgia's international reputation and help in building Georgia a strong economy.

The idea for the city comes from China's rapid expansion and the numerous cities that have sprung up in reaction to rising populations and rapid urbanization in the country, however Georgia does not have these issues to contend with, and many have argued that the Lazika proposal is a fruitless endeavour.

Many issues have been raised regarding the location; the marshy wetlands of the eastern stretch of the Black Sea would not seem the ideal conditions to build vast infrastructure and high rise buildings on. The cost of the project has been estimated anywhere between \$600 m to \$900 m, of which the Georgian government is hoping will be funded mainly by foreign investors, despite this, critics are claiming that this money should be used to improve and develop Georgia's existing cities that are showing a decline in population and increasing levels of poverty.

From an architectural viewpoint the notion of master planning on this scale is interesting; only with completely new cities is it possible to implement a regimented masterplan. Master planning is a question that has tried to be addressed extensively throughout the last century with many radical plans and movements simply failing to work in reality. It will be interesting to see whether the proposed city of Lazika

will learn from the mistakes of the past and whether it will actually achieve what the Georgian government hopes it will, or whether it will an expensive adventure that fails drastically.

www.worldarchitecturenews.com**GOLD STANDARD**

Work has begun in Shanghai on the Foster + Partners and Thomas Heatherwick-designed Shanghai Bund International Financial Centre. The green project is comprised of a hotel, cinema, central plaza and retail mall over 420,000 sq m, with two commercial towers designed to achieve LEED Gold certification. The complex as a whole has been designed in line with China Green Building Energy Standard credentials.

Mott MacDonald's project manager, Cheng Jie, said: "This project is a great chance for Mott MacDonald to demonstrate its skills and knowledge in China. Through multinational co-operation with our buildings team in the UK we have really been able to add value for our client. It is further progress for our business in mainland China, where commercial developers are very active at this present time."

In order to reach the highest possible levels of sustainability, building services have been largely confined to the basement levels to enable green roof systems to be integrated into the design. This also allows for increased efficiency in the office spaces. Construction of the north plot is destined for completion in 2014 while the south side should be fit for use by the end of 2015.

Foster + Partners**AVIATION CITY**

Global studio Woods Bagot has won the international competition to design China Southern Airport City, a 400 hectare mixed-use development set on the Liuxi River, in Guangzhou, China. Amidst fierce competition from some of the world's most admirable design houses such as Zaha Hadid and Paul Andreu Architects, also designed the international airports of Paris (named after Charles de Gaulle and Orly), Shanghai (Pudong), Manila, Jakarta, Brunei, Abu Dhabi, Dubai and Cairo. The win optimizes Woods Bagot's one global studio model and continued expertise across both urban design and aviation sectors.

Woods Bagot's proposed masterplan exploits the potential of economic integration of functional elements against the aspiration for a transformational staff and visitor experience. Set amongst natural settings, the plan will create a new international landmark in China for workplace culture. The City design, which totals 3.8 million sq m will provide a gross floor area that equates in scale to just over 7 Barrangaroo's (Sydney), 1.5 Dockland's (Melbourne) and 9 City Link's (Perth) in development area. The master plan will expand the airline's traditional corporate headquarters to an urban scale, blending business and manufacturing uses with lifestyle and residential

components. This new active district will support China Southern Airlines' brand and continued leadership as Asia's largest airline.

"Transport, travel and communication is at the forefront of a connected city. The rise of these 'concentrated-cities', where a variety of commercial, retail, residential and community facilities are present are seeping into the Asia Pacific urban landscape, where the success will hinge on smart urban design and essentially, an efficient use of resources," said Kirsty White, Senior Associate, Woods Bagot. The China Southern Airport City master plan organizes the neighborhoods into three precincts and deems a somewhat 'concentrated city' approach.

Woods Bagot**CHINESE SHELL**

International architecture practice, Swanke Hayden Connell Architects has unveiled their scheme designs for the World Trade Centre paid competition project in Yiwu City, Zhejiang Province, Central Eastern China. The 462,750 sq m project, commissioned by Hangzhou Duonaoh Real Estate Co., Ltd consists of four towers, with the tallest being 62-floors connected via a common retail podium.

Steven Brown of Swanke Hayden Connell Architects, said: "The first and most prominent tower will become the signature architectural element of the project. Its bold geometry and prominent height create a dramatic statement to mark the entry to the new business district."

The tower is composed of a pair of gently curved 'shells' juxtaposed around an inner core. The lower portion of the tower, with the larger footplates, contains the office building. As the tower rises, one of these shells falls away to reveal a luminous, crystalline inner core.

The upper levels of the tower, with the smaller floorplates, contain the hotel and offer spectacular views of the new business district, the river, and the surrounding landscape. Especially when illuminated in the evening, this crystalline inner core will form a shining beacon and an unmistakable skyline feature for the new development.

The three other towers, two residential and one serviced apartments, match the scale of the adjacent buildings and help to unify the new development with the surrounding context. Their materials and geometry create a harmonious counterpoint to the main tower with folded glass curtain walls on their external urban facades and a residentially scaled screen of balconies on their inner facades. The residential towers face each other to frame a private garden on the top of the podium. At the heart of the podium is a raised inner courtyard that serves as the focal point and primary drop-off areas for both the retail and office functions. The centre of the retail development is a winter garden atrium, which serves as the primary orientation space and vertical circulation link for the retail floors. It also provides a direct connection

between the courtyard and the landscaped park along the riverfront. This winter garden is both a luminous symbol and a center of activity for the retail area as well as a key link between the courtyard and the street. Around the perimeter of the podium are the retail storefronts and residential building entries that will create a lively street façade.

Swanke Hayden Connell Architects**REVIEW****India in the New Millennium****(p.16)****TEXT MARIANNA MAEVSKAYA, PHOTOS JAMES LAW CYBERTECTURE**

In recent years India was set a host of extremely high structures, a simple listing of which will run far beyond the limit of a short update. The most significant of them has been completed just "yesterday" and not yet fully covered in the trade press. Obviously, for the construction of skyscrapers in this densely populated country, there are certain points of attraction - the regions where such buildings are especially in demand.

Nowadays Mumbai (the capital of the State of Maharashtra) every day only strengthens the line items of the principal commercial and financial center of the country. Sharp flare-up of the land price in recent years and, at the same time, extension of presence at the country of the international companies possessing the modern construction technologies, allowed implementing in India a large number of high-rise projects on a rather tight schedule. And the capital of Maharashtra has become the main arena for their implementation. To date, more than 350 high-rise buildings (above 90 m or 25 storeys) adorn the skyline of this city. Therefore, it seemed to us interesting to pay more attention to some projects and constructions of Mumbai, where through the prism of specific experiences one can track trends in modern architecture of the whole country. We have already talked about the history of formation and development of high-rise construction in India in XX century, so let us turn to the numerous examples of the XXI century. Even starting with the example of Mumbai Lower Parel new district the qualitative and quantitative changes in the nature of building construction in India can be seen quite clearly.

Tower Imperial Tower I and Imperial Tower II were officially opened in 2010 and so far as are the tallest (254 m

each) buildings in Mumbai, a kind of Indian "Manhattan". The recognizable silhouette of paired white 60-storey volumes towering over the city with a light rhythm of the top covered with pyramid-shaped roofs. Although the basic design of the towers facades are made in a relaxed style of the Neomodernism, the crowning parts geometry refers more to the aesthetics of the late postmodernism of Philip Johnson and Cesar Pelli.

At the next place in altitude is a new complex of the capital of Maharashtra - the towers Lodha Bellissimo A, B and C, put in commission in the current 2012, contain only 53 operated floors and are 222 meters high. The main building of Ashok Towers D complex (49 fl., 2009) and 40-storey Ruby (191 m, 2011) just do not have lasted up to 50 floors. The Orchid Woods complex consisting of three towers, even though they have 55 storeys each in a total height still yield up above-mentioned skyscrapers because reach only 190 meters. Several more Mumbai skyscrapers rise up to 180-meter mark, and as for "little" high-rises - they could be reckoned by dozens. The vast majority of these buildings are designed and built over the past few years. And if architecturally they are quite diverse and can be referred to almost the polar vectors of Neomodernism, technologically they mostly meet the latest international quality standards and contain innovations principal for the further growth of the national architectural and construction industry. MVRDC (156 m, 35 fl.) - used to be the highest building of the city during the first phase of high-rise construction started in 1970s, today takes just 24th place amid the new skyscrapers of Mumbai, and in the next few years is likely to be, at best, in the first fifty. As for the typology of the Indian construction in demand are residential and multi-functional complexes, and some office towers are sprouting up to a truly great urban scale, as the rapid development of the economy, despite the crisis dictates its own pace of the construction industry growth. A huge population of the country provokes large-scaled construction development in general and high-rise - in particular.

This is a truly grandiose scale. If the number of existing towers in the country amounts to tens, then hundreds more skyscrapers are under construction, and their completion in the next few years, with no significant changes in the original plans are very real. Another almost a hundred high-rise projects are only pre-approved or discussed. Among the many utilitarian objects of modern Indian residential architecture there are some really bright unhackneyed projects. These include high-rise building project of Bandra Ohm, designed by James Law Cyberecture International for the local customer Parinee Developers PVT LTD. Although this project assumes a total of 30 floors and will rise by a modest 140 meters, but its architectural appearance noteworthy attention by the originality of

its design. The building resembles at once a Ferris wheel on a high podium filled with living cells, and a fragment of some cosmic epic scenery, and a giant chess piece. For the Indian cultural tradition this form of the ring on the base with an oval recess is a recognizable symbol, indicating the contemplation and meditation. At the same time a purely functional challenges of the structure are solved simply and elegantly. Skirted round the facade balconies are softening the visual rigidity, and the presence of egg-like figure in the void inside the building is considered to be the hallmark of the designer. The upper part of the lightweight curved roof can be opened, making swimming in the pool and being in a recreation area on the top floor very exciting. Of course, a new residential building provided with the all the necessary amenities for a luxurious housing of a new generation - comfortable suites, a large recreational and sports zones, greenery and so on. Unfortunately, the construction of this striking complex has not yet begun, and what will be its fate, is hard to say now. However, the fact of creation and initial approval of such a project demonstrates the gradual emergence in the Indian high-rise architecture truly unhackneyed and memorable projects, where, along with practical needs are also solved artistic tasks.

In the already mentioned district of Lower Parel today is underway the construction of several high-rise buildings and modern skyscrapers significantly changing the familiar silhouette of this area. This year are to be commissioned the 67-story skyscraper Palais Royale (320 m), a multifunctional complex Indiabulls Sky Forest, comprising the two towers of different number of storeys, but the same height (Tower 1 - 276 m and 80 floors, Tower 2 - 276 m and only operated 60 floors), as well as skyscrapers Indiabulls Sky Suites (291m, 75 floors) and the more modest one - Indiabulls Sky (257 m, 60 fl.). So far is under construction 207-meter skyscraper Orbit Terraces (61 fl.), but the vertical 45-storey Shangri-La Hotel has been completed in 2010.

Indian urban planners and constructors did not follow the "Paris way", separating business activity district outside the historic center and collecting the new high-rise buildings in one place. The concept of urban development of Mumbai suggests the existence of many business activity points and the certain concentration of apartment complexes. Therefore, new skyscrapers are really needed for the city which population exceeds 15 million people and appear in its most various parts. Apart from the Lower Parel Mumbai has a few more local points where are focused some more high-rise complexes. Prabhadevi district has been chosen for the erection of Orchid Crown towers (71 fl.), which construction is expected to be completed in 2014. And in the district of Worli are under construction skyscrapers World One (442 m), Oasis Tower 1

(372 m) and the Oasis Tower 2 (239 m). In the central part of the city skyscrapers appear less frequently, although even here are present several new vertical dominants. In particular, in 2015 in downtown will be completed a new 80-story skyscraper Nathani Heights (262 m), and this year will open its doors the Orchid Enclave tower (210 m, 50 fl.). District Mahalaxmi became a "place of residence" of several multi-partite complexes of: Vivarea Towers 1, 2, 3 (45 fl., 2011), built in 2010 skyscrapers Victoria (55 fl.), Orchid Surf View (52 fl.) and its major vertical dominant - Lokhandwala Minerva (307 m, 82 fl.) the construction of which should be completed in 2014. Another encampment site of the new skyscrapers is Jacob Cycle - a district of Mumbai where are being built the 300-meter Orchid Heights Tower 1 and Orchid Heights Tower 2. In the suburb of Goregaon simultaneously rise two large high-rise complexes - Orchid Woods Towers (to 53 fl.) comprising three towers and the Oberoi Exquisite Towers (50 floors each). And we would like to look more closely at some of already mentioned structures.

India Tower construction as one of the most ambitious projects of national and even continental scale has already been quite widely covered in the press. Nevertheless, it is simply impossible to ignore and not to mention such a structure. This 126-story skyscraper, formerly known as the Park Hyatt Tower and Dynamix Balwas Tower, started to build in 2010. Then construction works on the erection of 720-meter giant was suspended. However, for today it is expected to be completed by 2016 and after completion it will become the second world's tallest building after Dubai's Burj Khalifa. The original intent for erection of more modest 300-meter skyscraper was unveiled in 2008, but has not received the necessary approvals and was rejected. The new version of the project became a truly national scale and, apparently, hitting all the unprecedented nature and complexity of the upcoming construction and engineering problems, has been approved by the city authorities. And in four years due to the efforts of Brihanmumbai Municipal Corporation on Street Charni Road in Goregaon, the southern tip of Mumbai, will be erected the main Indian skyscraper.

Another the "most-most" high-rise project in India and one of the highest residential buildings in the world should become the World One complex (442 m), designed by the architects of the famous company Pei Cobb Freed and Partners and their colleagues from Leslie E. Robertson Associates. The new super-skyscraper will be located in the Upper Worli, Mumbai, on a plot of 7.08 hectares, owned by the company Srinivas Cotton Mills, which is ready to spend on the plan implementation of almost \$ 400 million. World One Tower will be rated as Leed Gold Certificated and scheduled for completion in 2014, and then it will become the tallest residen-

tial building in the country. The new building public spaces assigned to design Giorgio Armani (studio Armani / Casa) and this is his first such a work in India, although he had already performed similar work for Dubai's super giant Burj Khalifa. Common development in Mumbai, mainly demonstrates the ability of modern Indian architecture to solve the pressing problem of the utilitarian, while from an artistic point of view the historical monuments are still constitute the bulk of the rich cultural heritage of this country. Recent years are marked by increasingly obvious desire to create not only the intimate-scale art objects, but also significant and dominant, which will form memorable urban landmarks that will gradually raise the quality standards for all urban facilities and environment. Recent years are marked by increasingly obvious desire to create not only the intimate-scale objects, but also significant and dominant, which will form memorable urban landmarks that will gradually raise the quality standards for all urban facilities and environment. From this point, the scope of housing construction, including high-rise, is rather revealing. Already referred series of Orchid skyscrapers emerged in different parts of Mumbai - is a good confirmation of this trend. Orchid Woods Towers 1, 2 and 3 have already risen over the city on its 190 meters and the construction of a more impressive (337 meters) dwellings - Orchid Crown Towers 1, 2 and 3 will be completed in southern part of the city after 1,5 years, 47-storey Orchid Views Towers 1 and 2 will be finished in 2013, and 52-storey Orchid Surf View has already build 2 years ago. A few similar towers also mostly for residential purpose, are to be built in coming years. Mass occurrence of such complexes would be unprecedented, not only in conservative Europe but in the Americas as well. As for India it is just common reality of these latter days, comparable only with practice of similar densely populated and fast growing regional neighbor - China.

Another distinctive feature of India's high-rise construction in recent years, directly resulting from the above, can be considered ubiquitous aspiration to create not isolated buildings, but the architectural ensembles of high-rises. As a rule, local skyscrapers and smaller high-rise buildings are part of a single plan within a set or even mini-urban formation, which includes several identical or very similar tall dominants. The style of such complexes is quite uniform, but it allows building interim hierarchy with the already existing environment and highlights the new ensembles not only through their high-altitude settings, but compositionally and stylistically. 45-storey Ashford Royal Towers 1, 2, 3, 4 in Mulunde and another 4 residential towers, ranging from 36 to 41 floors, are already examples of "just an ordinary high-rise buildings" of the metropolitan suburbs taking its place in the new hierarchical system of

urban construction. In the complex of Orchid Enclave at Mahalaxmi, built in 2011 for DB Realty, this hierarchy is also evident, because in addition to high-rise towers it contains 55 houses of smaller height. Skyscrapers and high rise buildings of Oberoi Skyheights Towers 1 and 2 (a modest 150 meters, 37 fl., 2009), Oberoi Woods Towers 1 and 2 (129 m, 2009), Oberoi Commrez 2 (144 m, 35 fl.), Oberoi Exquisite Towers 1 and 2 (50 fl., 2014), Oberoi Esquire Towers 1, 2, 3 (50 fl., 2015) - also are patterns of this trend clear confirmation. Most of the new high-rise residential complexes have a significant list of additional amenities and advantages over the traditional city buildings of the past. Every major developer aims to provide its facilities with swimming pools, gardens, tennis courts, spa centers and playgrounds. Some of them have great athletic equipment, such as the 80-storey Orchid Heights A - with play fields for squash, basketball, jogging and a large gym center. Others specialize in recreational and cultural activities including a theater complex, an outdoor amphitheater and cafeteria. Still others have focused on closeness to nature. In all the cases are applied the most modern materials and technologies that are advanced, not only for national but also for the international market, as in their research and implementation are increasingly engaged the world leaders of every construction sector.

The revival of the vast territory of the former cotton plantations and factories located to the south from the center of Mumbai has been declared as one of the main priorities for the city development. In world practice are rather common the precedents of such areas recovery, so while creating Indiabulls Sky complex the Indians had plenty examples to follow. However, yet very few expected such large-scale deployment of high-rise construction, additionally with a developed infrastructure. But to watch at the intermediate but still significant results is the more interesting. As expected, the bulk of the new high-rises are residential and mixed-use (apartments and hotels) towers, while the office buildings percentage is considerably smaller.

The first full-fledged a new model office skyscraper was designed for Mumbai by world-known experts from Chicago bureau of Adrian Smith + Gordon Gill Architecture. Initially, a Class A office tower - Elphinstone Mills had only 40 floors, but later their number had been increased to 60. Besides the actual office spaces, the building has a large pedestrian podium disclosed to the city, multi-level landscaped atrium, and systems to minimize the impact of excessive solar radiation and heat, which provides greater comfort for visitors and, simultaneously, energy efficiency for the new building. To generate energy it is also equipped with wind turbines. Since the skyscraper was originally designed in compliance with the requirements of LEED Platinum, then

the overall level of used materials and technologies turned out innovative for the whole modern Indian architecture. The same standards of quality and special attitude to the environment one can meet in the Adrian Smith's design of Indiabulls Sky Forest towers, respectively, 80 and 60 floors. Their construction began in 2007 and, with minor delays, continues to this day. The Tower of Indiabulls Sky Suites (75 fl.) reflected the new trend in Mumbai architecture - "organic" or nature-oriented skyscrapers mimicking an ancient Indian aesthetics of Vaastu Shastra. Compared to neighboring Elphinstone Mills Tower, it is higher and monumental, and not excluded that in its final version the project height exceeds 300 m. For today, the construction works of the complex is actively underway and rather soon we have a chance of seeing the embodiment of this large-scale urban design of American master on Indian land.

Another major office tower located on the former industrial areas is the 85-storey Raheja Platinum in Upper Worli. This skyscraper's design is intended to change the traditionally skeptical attitude of Indian "white collars" to the buildings of metal and glass. As the first Indian buildings of this style erected in the 1970s, had very few amenities to make them adaptive to local climate, they quickly became unpopular. And for many years the Indian employees of the banking sector, IT-companies and other officials preferred working in offices located in small buildings with a more acceptable microclimate. The new skyscraper (421 m) is designed to break down entrenched negative stereotypes and show the best of green construction potential on the example of this ultramodern building. It was even published several advertising leaflets showing the visual advantages of having such a skyscraper in urban areas. Since the project works lasted for several years, and the surrounding reality has changed dramatically quickly, then it was decided to increase the original 40-storey height by half - up to 80 exploited and several technical floors. If the project will be implemented as amended, the honorary title of the highest office skyscraper in the country can be challenged.

At the same status approved for construction but not yet built, are a few super-giants: Iconic Tower (531 m 101et.), Lodha World Palace Tower 1 and 2 (80 floors each), and DLF Towers I, II, III (at 350 m, 92 fl.), a complex Shreepati Estate (72 fl.) and Shreepati Garden Towers 1, 2, 3, 4 (64 floors each). More modest 200-meters high Ahuja Towers (55 fl.) approved at the same time, has already overcome institutional turmoil and moved into the category of under construction buildings. The complex presumably is to be completed in the next 2013 year.

In addition to pure architectural and engineering innovations, the simultaneous construction by different developers of a large number of major high-rise complexes generates a new

level of relations between the owner, developer and ultimate user. Also are processed optimal systems of interaction between a large number of urban dwellers and city officials.

Being improved domestic laws required to settle many countervailing interests within the life of a unified urban society. Many high-rise complexes gradually give up their insularity of the internal structure, acquiring a more developed infrastructure and becoming more open to the city. As a result, around the new complexes are gradually smoothed particularly acute social contradictions that are still extremely relevant for the Indian society. Of course, most of the new skyscrapers and high-rise ensembles are designed for the wealthy, but the widespread introduction of new standards that become mundane visual environment of the city, enhances the understanding of the norm required for all the citizens.

An example of such a high-tech project model could be a 80-story skyscraper Nathani Heights located in Dalal Estate, Mumbai Central. Partial regeneration of the construction site, extensive use of eco- and energy-efficient technologies and a conscious focus on the convenience of the ultimate customer, communication via own website for a prompt response to certain decisions and problems arising during the processes of coordination and construction made this project an illustrative model of all the stakeholders cooperation. In consequence, this ingenious and expensive project escaped many of the social and legal conflicts that often follow such ambitious constructions all around the world.

Calcutta, or as it is called now - Kolkata, the capital of the province of Bengal, also as far as possible acquires new high-rise buildings. Of course, no city in India can contend with Mumbai by the number of new skyscrapers, but it does not keep them gradually grow interesting and memorable high-rise buildings to the extent of their potential and needs. Project Biswa Banga Shikhar, or World Bengal Tower, by now considered the highest of the approved for construction buildings in the city. The new skyscraper is a sleek glass 5-star hotel building of 42 floors, designed for Unitech Group, one of India's largest property developers, by the famous British firm RMJM Architects. The tower itself is formed from 2 glass shards that rise from a massive reflection water pool at its base. Podium contains office spaces, parking, shops and cafes, as well as advanced sports zone. The top of one of these shards is crowned by a 3 storey high atrium that acts as both a viewing tower and a beacon within the surrounding night sky. The tower is separated from its auxiliary support accommodation which is contained within the sculptural podium building and rise from the landscape as a series of layered contours.

The tallest buildings in Kolkata to date, considered the 150-meter skyscrapers

of South City Towers, built in 2008 as a part of Jodhpur Park. These are the highest buildings throughout the Eastern India. Compared to Mumbai's standards such a height is just average for high-rise buildings, but in this part of the country they look extremely impressive. A few high-rise buildings are located in the Central Business District, but not all of them exceed the 100-meter line. Under construction there is Urbana complex, which is not only claims the title of the highest residential building in the city, but also become the embodiment of a bright image of Indian contemporary architecture.

In the Urbana project construction works are actively involved at once six developer teams (Shrachi, Emami, Sureka, MKJ, JB, and Nahata Groups), and as its general designer was invited the famous Singaporean architect - Stephen Coates, author of such modern facilities as are Residential Tower Fortune and Fortune Plaza in Beijing, Princes Building in Hong Kong, and many more others that have become prominent landmarks of the new architecture. Coates has already designed several facilities for Kolkata: his original works are complexes Rosedale Garden, Greenwood Sonata and Sunrise Point. Bangkok Green Architects Landscape Company undertook the development of new landscape infrastructure for the Urbana project. And Predrag Eror from the UAE (Specialist Structural Engineer) has developed safe operation systems for this new bold design.

The new complex is composed of 11 objects: five equal size towers Urbana 2, 3, 4, 5, 6 which height is 167.7 meters and 45 floors, two 40-storey Urbana 1 and 7 (at 149 m), a paired residential skyscrapers Atmosphere with 36 floors, the 152-meter-tall two-part set of uneven Westin Rajarhat I (142 m, 42 fl.), 35-story Westin Rajarhat II (118 m) and 40-storey Unitech Air tower.

Called "Atmosphere," it is a 550-crore luxury residential condominium project which the most picturesque feature is "Deya", (means cloud in Bengali), a structure joining the twin towers of the building. Designed by the Singapore based Arc Studio, comparable of visual impact only to the Taj Mahal, it is like a hanging sculpture at a height of 500 feet. Deya will be 320 feet in width, with 55,000 square feet of usable space and will have a silver lining featuring 15,000 kinetic discs on its surface to keep it glowing. It will take approximately INR 100 crores to build just this structure. Upon construction, it will also become one of the most expensive clubs in India, featuring several swimming pools, a gym, a spa, a few squash courts and a badminton court, a meandering jogging track, a mini cinema theatre, open-air party deck, an amphitheatre, and multiple lounges and spaces for smaller gatherings. Only 80 families will get to live in this magnificent condominium. Construction on the Atmosphere will start from mid March 2011 and will take around 30 months to complete. In addition to luxury apartments and

fancy finishing, the structure and orientation of the facility appeared rather fresh unhackneyed solution that causes such rave reviews. Well, let's look at the results! Will this project become a new architectural and sculptural symbol of emerging India, or the high bar set by the finest patterns of the country's ancient architects is still inaccessible to modern masters? ■

STYLE

Reasonable Balance of Space and Cyberecture

(p.24)

MATERIALS PROVIDED BY JAMES LAW CYBERTECTURE INTERNATIONAL

The new architecture should be radically different from the one that existed before, said James Law, the Head of an Indian architectural firm James Law Cyberecture International.

In his opinion, the building of the future - it is something more than just the structure of steel, glass and concrete. Lowe creates a new intelligent architecture - cyberecture that combines intellectual and multimedia systems, interactivity, sustainability, futuristic shapes and innovative engineering solutions. In merging of these disciplines James Law sees the essence of cyberecture world based on the symbolic balance between space and technology. Such an approach allows achieving the main objectives pursued by the architect and his cohorts - the creation of intelligent space based technology innovations, contributing to life quality improvement.

One of the earliest works in the style of Cyberecture was the mixed-use DNA Towers project is conceived by James Law Cyberecture International as the first landmark Cyberecture mix used residential/commercial and retail development on Reem Island in Abu Dhabi. Conceived as an iconic symbol of the future potentials of Abu Dhabi, the twin towers of the project will comprise both residences and offices facing the ocean, affording the most spectacular views. The unique feature of the towers is that they are twisting in form just akin to the DNA structure of human life, and symbolizes the future growth of Abu Dhabi. The towers are seemingly joined at the top by a lopping structure of glass and steel that contains the most spectacular sky garden ever designed with revolving restaurants and fountains. At the base of the tower will be the world's largest infinity pool which contains residents clubhouse that will have sports facilities, gyms, pool, library, lounges, medical centers and children play areas. The DNA Towers will be designed with apartments ranging from 1 bedroom size to 3 bedrooms sizes. All 2 bed-

rooms and 3 bedrooms apartments have spacious balconies that run the length of the apartment.

A unique icon for Abu Dhabi, the DNA Tower symbolizes the evolving and sustainable development of the United Arab Emirates through an evolving repository of genetic information across generations.

Depicting the genetic blueprint of our human body composition, this high-rise building mirrors the complex, twisting structure of Deoxyribonucleic acid (DNA), which is ultimately essential for all organic life forms.

Wadala Tower is the tallest mixed-use tower in the world. Wadala Tower is a 21st century ultra-futuristic "Cyberecture" skyscraper situated in the heart of India - Mumbai. The tower targets to serve a diverse group of potential clients with the provision of shopping mall, services apartment, hotel and office use with 360 degree of breathtaking view. The avant-garde design is not only aim to be the best mix-use tower in India, but is targeted to be a landmark and the best building in the world.

The design concept of this super high-rise tower is driven by a strong image of Indian Snakes. The 1000 m tower is a dynamic twisting form generated by twisting floor plates. Each floor plate is rotated slightly at 5 degree continuously upwards in order to create the dynamic and fluidity of the tower. On the other hand, large and luxurious terraces are also created by the rotating floor plates. The stepped terraces are the best place on world for extraordinary views and social interaction.

Although the skyscraper is the tallest in the world, its proportion is made to be slender and elegant through a series of sophisticated and thoughtful design processes. The tower can be conceived as a whole regardless of different uses as the twisting shopping mall is merged into the tower part, which is completely different from the conventional high-rise building where podium and the tower usually did not match with each other.

The dynamic composition of the diagrid façade system is inspired by the various skin textures and pattern of snakes. Different size and density of the diagrid create a magnificent layering visual effect. Overall structural frame is like the bone of snakes where there is a core with sub-structure. This structural scheme allows an open plan configuration by providing completely column free office spaces.

Wadala Tower is targeted to be one of the most environmental friendly towers. With the provision of greenery, wind turbines and waterfall, a sustainable environment for apartment residents, hotel users and office workers is introduced. A vertical urban forest is created by the twisting terraces with massive amount of vegetation which could reduce carbon emissions. External wind turbines are installed on every 5 floors which help to generate renewable energy, which could be used as backup energy. A grand

waterfall along the core is not just for aesthetic purposes only but also helps to reduce the heat gain of the tower.

“Cybertecture” egg-like forms are located at the upper part of tower which allows flexible uses such as clubhouse, restaurant and conference hall etc. This special designed space is a symbol of identity for residents, office workers and even visitors of this ultra-futuristic tower. The egg would glow in light like a gem in the darkness, which is another highlight of the tower.

The form of Indra Tower is smooth and in a streamline form as the droplet falling into water. Water is a precious yet so common element on Earth, which is critically essential for the survival of all forms of life. Its own intrinsic character allows it to create different form of beauty in the nature. The Indra Tower concept is emerged from capturing the fluid state of which a single drop of water is freely dropping into water. The form of the building is composed with die rent depth of the balconies on each floor. It gives a lot of Varsity to each unit and contain die rent characteristic on die rent level.

The building form is designed in corresponding to the orientation of the view of the surroundings. The facade is facing North West which has the maximum and infinity sea view. Residents will enjoy a board sea view from each unit. While each units are facing the infinity sea view, there are the city view at the back, so the resident can enjoy both city and sea view within their own unit. Due to the impressive height of the building, all units are having the extensive view without any obstruction blocked their view and becoming the iconic building in this area. Sky club house is located on the roof of the building which provided an infinity view for the residents by making use of its outstanding height of the building. Airways is evidently a major consideration of this project as there are more than enough cross ventilation that will provided to each units to make sure each units are having enough fresh air.

The major structural design of the Indra Tower is a combination of different structural system. The tower can be divided into four parts and every part is separated by a transfer plate respectively. Building tower is a shear wall system with additional columns for supporting. While the car park podium part is a column and beam system in order to provide flexibility for car parking space. The structural system would offer more flexibility on combination of flat units whilst able to create and shape the dynamic building form at the same stroke. And thanks to its 300-meter height the Indra Tower will become a landmark world-class building of these residential neighborhoods.

Another project in the style of cybertecture is the O-Tower - an iconic residential building in Jumeirah Village, Dubai. It is a slender tower with 24 m diameter floor plate. This characteristic poses a big challenge to the building bearing horizontal drifts and accelera-

tions. Slender circular form revolutionizes the structural feasibility for skyscraper. In order to ensure stability while offering flexible layout, non-conventional steel diagrid structure system is being used, wrapping the facade in the woven pattern and allowing for the floor plates to be column free. Unlike conventional residential building using shear walls. The core structure is designed to minimize its thickness so that the efficiency can be further enhanced. The diagrid structure system makes a unique statement endowing inhabitant with flexibility.

The diagrid structure is exposed to outside that allows the glazing system to be a modern full height glass which relatively is cost effective compared with glazing system installed in diagrid structure. Moreover, the interior layout will not be affected by undesirable joint between partition wall and diagrid structure.

LED lighting is installed on façade diagrid, which is not for decorative purpose but to abstractly provide useful information such as the weather forecast like an art grow in the dark. Lighting on facade as an indicator to the city strengthens the relationship between building and the city. Apart from the lighting system, the façade is designed to be an environment responsive facade. To achieve energy conservation, automatically louvers system and PV panels are installed on the façade facing south and west, it can effectively help to reduce heat gain and save energy to the building. Wind turbine is proposed to be installed on the roof to generate renewable power to the building. It relieves the heat gain from the sun while offering a vertical landscape to pedestrian. The preservation of energy has been a key consideration within the design. Apart from the lighting system, the façade is designed to be an environment responsive facade. Vegetated infill panels are installed on the façade. It relieves the heat gain from the sun while offering a vertical landscape to pedestrian.

The O-Tower that is the perfect marriage between cybertecture and sustainability, its characteristic achieve the goal to the next generation building in the world. By the extreme in height, O-Tower is, definitely, to become a distinctive landmark in Jumeirah Village.

By the extreme in height, O-Tower is, definitely, a distinctive landmark in Jumeirah Village.

With no restriction in height for the development, O-Tower had been designed to reach more than 240m diameter semicircular floor decks and to challenge the limit of slenderness. This design well resists horizontal loads, and the slender rounded shape fundamentally breaks the submission of the technical possibilities of the skyscrapers constructive system. It is a 50-floor building containing 134 apartments, retail and clubhouse at the top of the building. It embodies the mini Burj Dubai Tower effect at the Jumeirah Village. ■

ASPECTS

Seoul Dancing Dragons

(p.30)

MATERIALS PROVIDED BY ADRIAN SMITH + GORDON GILL ARCHITECTURE

Korean developer DreamHub has started building a new large-scaled development in Seoul - Yongsan International Business District (YIBD). The plan is striking in its ambitiousness. The overall project, Yongsan International Business District (YIBD), is a new district in Seoul which is to be built over an old rail yard. The development contains more than three million sq.m of operable space and buildings designed by 18 international architects from all around the world.

Twin towers of Dancing Dragons for YIBD designed by Adrian Smith + Gordon Gill Architecture. The buildings, which include residential, “officetel” and retail elements, consist of slender, sharply angled mini-towers cantilevered around a central core. The design aesthetic is highly contemporary yet informed by aspects of traditional Korean culture.

The mini-towers feature a dramatic series of diagonal massing cuts that create living spaces that float beyond the structure. This recalls the eaves of traditional Korean temples - a design theme echoed both in the geometry of the building skin and the jutting canopies at the towers’ base. The theme is extended in the building skin, which suggests the scales of fish and Korean mythical creatures such as dragons, which seem to dance around the core - hence the project’s name (Yongsan, the name of the overall development, means “Dragon Hill” in Korean.)

Dancing Dragons’ scale-like skin is also a performative element. Gaps between its overlapping panels feature operable 600-mm vents through which air can circulate, making the skin “breathable” like that of certain animals.

Towers 1 and 2 - about 450 meters and 390 meters tall, respectively - share an architectural language and, therefore, a close family resemblance, but are not identical. In the taller structure, the 88-level Tower 1, the massing cuts at the top and bottom of the mini-towers are V-shaped. In the 77-level Tower 2, the cuts move diagonally in a single unbroken line; they are also arranged in a radial pattern around the core that is perceptible as viewers move around the tower.

“There’s a sympathetic and complementary relationship between the two masses at the level of the cuts,

almost as though they were dancing,” says Adrian Smith, FAIA, RIBA. “It’s always important for our designs to reflect and interpret the cultures they serve, and the Dancing Dragons complex certainly does that, although in an abstract and highly technological manner. We try to design in a way that is at once beautiful and focused on performance.”

In both buildings, the mini-tower cuts are clad in glass at the top and bottom, making for dramatic skylights above the units at the highest levels and a transparent floor beneath the units at the lowest levels. This offers the opportunity for special high-value penthouse duplex units with spectacular 360-degree views of downtown Seoul and the adjacent Han River, along with an abundance of natural light.

Each tower contains over 4 floors of amenities for the residents including restaurants, club and fitness facilities.

The buildings, which include residential, “officetel” and retail elements, consist of slender, sharply angled mini-towers cantilevered around a central core. The design aesthetic is highly contemporary yet informed by aspects of traditional Korean culture.

The towers are both completely programmed as “officetel,” which is basically a small residential unit which can be used for both office and sleeping accommodations (live/work). The “dragon skin” scaled facade offers a strong texture to the building. It is made of high performance triple glazing in order to provide both views and energy performance (insulation). The shingles of the facade are angled approximately 9 degrees and set about 1m apart, so that air can flow between them. The overhang of the shingle protects the ventilation opening from excessive wind, rain and snow to encourage residents to open them more often. If fully utilized, the breathable facade could save approximately 10% of the building’s energy - an old concept of operable windows applied in a new way. The curtain wall is a repetitive unitized system which will be braced from the structural slabs. There are less than 30 unique vertical panels across the two buildings - so there is a lot of efficiency in manufacturing.

“The abstract recall of the historic structures gives the towers a unique perspective from the ground and the sky while creating unique interior experiences,” says Gordon Gill, AIA. “The shingled texture of the skin is developed with integrated breathable mullions and self-shading cantilevers. It’s a great honor to be joining several other top international architecture firms designing buildings for this remarkable master plan by Studio Daniel Libeskind.”

The structural scheme for Dancing Dragons, developed by AS+GG in collaboration with the international structural engineering firm Werner Sobek, features eight mega-columns that traverse the vertical length of both cores. The mini-towers are hung off

the cruciform cores in a balanced fashion by means of a belt truss system, stabilizing the structure. The structure is designed in a cruciform formation so as to take maximum advantage of the building’s height-to-width ratio at the widest point. The Mega Columns, which protrude beyond the curtain wall, are important both architecturally and structurally. The ‘mini towers’ are 6m zones at each corner, cantilevered (hung) from 3 sets of outrigger trusses located on the MEP floors.

The massing design, including the balancing of the various bundled towers to optimized structural performance, has been achieved through close collaboration between architecture and structure. The design of the breathable curtain wall is another challenge - the regularity and modularity of the design has been key in making it constructible and cost-effective.

AS+GG partner Robert Forest, AIA, notes that Dancing Dragons represents AS+GG’s second major project in downtown Seoul. The other is the Head Office of the Federation of Korean Industries, an innovative and highly sustainable office building now under construction and scheduled to be completed next year. “We’re very excited to be making a sustainable contribution to the built environment of Seoul, one of the world’s great cities, in a manner that addresses the need for sustainable high density development while respecting Korean culture,” Forest says. “YIBD, which promises to become one of Seoul’s most dynamic and vital neighborhoods, will be an example of high-quality high-density design, and we’re proud to be a part of that.”

The design team also includes PositivEnergy Practice, a Chicago-based engineering and energy consulting firm that is designing a series of innovative building systems for the project. Sustainable features of the building system design include triple-glazed window units, which minimize heat loss; an overlapping exterior wall system, which creates a self-shading effect; and natural ventilation in all units through operable mullions. Other systems include radiant heating; fuel-cell cogeneration units at the basement level; photovoltaic arrays on the roof surfaces; daylight-linked lighting controls; and heat recovery via electric centrifugal chillers.

The design of the 23,000-square-meter site - part of the larger Yongsan master plan - reinforces the angular geometry of the building massing and skin. Landscape features, designed in collaboration with Martha Schwartz Partners, include sloped berms that echo that geometry. The site also includes a retail podium with a crystalline sculptural form and sunken garden that provide access to a large below-grade retail complex.

The master plan (by Studio Daniel Libeskind) is part of Seoul’s metropolitan green network plan and provides a generous recreational waterfront as well as a large urban park approximate the size of New York’s Central Park.

The project is in Seoul near Yongsan station, an important rail hub with direct access to the airport. It infills an important piece of land in downtown Seoul, surrounded by the 3 existing main business districts with views of the surrounding mountains and the Han River. YIBD is accessible from Tokyo and Hong Kong within less than 3.5 hours so it is a great central location for an International Business district. This will help fulfill the needs of Seoul’s growing population, where there is a high demand for high quality housing, business, retail and urban green space.

The ownership of YIBD is a group of investors including Korail (Korean Railroad), construction companies, government institutions and financial institutions. The space program is mixed use - office, hotel, residential, retail and green space.

The project schedule includes permitting and ground breaking in 2013, and completion by 2016. ■

HABITAT

Yongsan Gate

(p.36)

MATERIALS PROVIDED BY BIG

Another residential tower in the Yongsan International Business District designed by BIG revitalize the Han riverfront into a new commercial and residential center for the citizens of Seoul. Since in this location is not permitted to erect too high-rise buildings, the architects have found another way of increasing the floor space of equal area at the base. They offered to staple the two towers by two additional horizontal blocks (bars), resulting in the structure began to resemble the form of a symbol of “#”.

Situated at the south-east edge of the Yongsan master plan designed by for the Korean development group Dreamhub, BIG’s Cross # Towers will contribute to the developing skyline of Seoul and become a recognizable marker of the new cultural and commercial center of the city.

BIG’s design includes two elegant towers with a height of 214 and 204m. To meet the height requirements of the site, the exceeding building mass is transformed into an upper and lower horizontal bars, which bridge the two towers at 140m and 70 m height. The two towers are additionally connected through the arrival bar at the ground level - and a courtyard below ground.

The Cross # Towers constitute a three-dimensional urban community of interlocking horizontal and vertical towers. Three public bridges connect two slender towers at different lev-

els - underground, at the street and in the sky. Catering to the demands and desires of different residents, age groups and cultures the bridges are landscaped and equipped for a variety of activities traditionally restricted to the ground. The resultant volume forms a distinct figure on the new skyline of Seoul - a “#” that serves as a gateway to the new Yongsan Business District signaling a radical departure from the crude repetition of disconnected towers towards a new urban community that populates the three-dimensional space of the city.” Bjarke Ingels, Founding Partner, BIG.

“The typical tower inherently removes life from the city it occupies. Circulation is linear and social interactions occur only in lobbies or awkward elevator rides. We propose a building that triples the amount of ground floor - triples the amount of social interaction and reintroduces the idea of neighborhood within the tower complex.”, Thomas Christoffersen, Partner in Charge, BIG.

The site poses a unique challenge within the context of the masterplan. While a participant in the high quality luxury development we are constrained through the assignment of the re-housing allocation. Pragmatically this means that unit areas are tightly constrained and are generally smaller in overall size.

The tower is designed for small units and has a slender tower profile. We have optimized the tower plans for the 84m² apartment that occupy 73% of the units. By doing so, we ensure the tower apartments have optimal conditions of sun and view and that the resultant towers themselves take a slim and elegant profile, generously leaving the river view accessible for the rest of the masterplan. The development will offer over 600 high-end residences and amenities, including a library, gallery space and a kindergarten.

The remaining units are placed in the two tower connections, transforming them into equal participants of the building. The bar units are given value through their spectacular views and their close proximities to the floating parks and amenity spaces. Both the upper and lower bridge introduce rooftop sky gardens accessible to residents, allowing for outdoor activities, while a courtyard at the heart of the development is an integral part of the overall architectural design.

The design of the towers aims at providing apartments with maximized facade surface for optimal natural ventilation. With a majority of small apartment units at 84m², we have designed a compact tower foot print to allow for a high amount of corner units and ensure well lit apartments. BIG’s design ensures that all the tower apartments have optimal conditions towards sun and views.

Officetel - is widespread in South Korea a relatively new type of apartments that combines residential and working premises. These units are placed in the West tower where it

overlaps with the retail zone. They have their own circulation but may still access the roof amenity programs.

The exterior facades are developed to correspond to the different orientations and solar conditions, creating a diverse facade which varies from the viewer’s vantage point and the position of the sun.

The facade is a very important element of the building, both esthetically and technically. The principal composition of the building elements and the character of the “skin” create the projects iconic identity.

For this large scale building, the design of the facade is very essential. It will be viewed from the distance as an iconic sculpture in the Seoul skyline. On a closer distance the texture of the facade reveals itself, and finally it will be experienced very close of all the residents and neighbors. The building therefore has to respond to many different situations. It is important that the facade material also responds to these different points of view. It must be a beautiful texture seen or touched on a short distance, and from a far it must create an elegant play with the different light and weather conditions. Finally it is important that it is a technical and sustainable high end material.

This building has no principal facade - all the facades are equally important. In this way the building is in contact with the surroundings 360 degrees around. The facades are not identical; they have been developed to correspond to the different orientations and solar conditions. This creates a facade that varies depending on the point of view and the position of the sun.

The towers are being designed to the relevant Korean and International codes defining high-quality for high-rise residential development.

The structure for the slender R4b1&2 towers consists of two concrete tower blocks rigidly linked by a stiff seven storey box structure (the “bar”). Floor slabs are in solid concrete where the structural requirements are integrated with the acoustic separation requirements between apartments.

Lateral stability is a key aspect of the concept for these towers, which have height: width ratios of up to Height/8.8, measured from the assumed effective lateral restraint level B8. A central reinforced concrete core is provided, linked to a perimeter moment frame. This moment frame is achieved through closely spaced perimeter columns and a slab edge downstand beam. The columns have been integrated in the current architectural space planning.

The bar structures are steel framed which assists in reducing the weight of these bridging elements between the towers. A seven storey deep truss system has been developed, which forms a stiff flexural and torsional box, spanning between the tower supports locations. The Cross # Towers Model also has been tested in a wind tunnel.

In the basement under the tower footprint, a raft foundation has been

selected, based on the location of the foundation in Hard Rock according to the Preliminary Geotechnical Investigation.

Simultaneously, the aggregation of horizontal and vertical elements combines to provide datum for comprehending scale. Rather than a 220 meter high structure, the building is perceived in increments of 10 - 12 floors interrupted by gardens and public space. The majority of residents can therefore reach a 'ground' level within six flights of stairs or less.

Areas directly under the bars can become self shaded during certain hours of the day. These zones become obvious places for mechanical, electrical, plant and refuge spaces. Additional MEP spaces are also reserved on the roof.

The refuge floors are located on floor 29 just below the upper bar. Direct evacuation elevators stop on the refuge floors and at the lobbies where the residents can escape to the open. In case of fire dedicated fire fighter elevators will be available for the fire fighter personnel stopping at every level. Additional refuge areas are provided on the rooftops.

Both the upper and lower bridge introduce rooftop sky gardens accessible to residents, allowing for outdoor activities, while a courtyard at the heart of the development is an integral part of the overall architectural design.

Dramatic views towards the neighboring towers and visual connections across the courtyard from the retail zone create an exciting space for the residents and visitors. Pedestrians at the arrival deck which connects the towers at ground level can enjoy impressive views to the bridges above and to the submerged courtyard below.

With the introduction of the sky gardens, outdoor activities suddenly become more accessible. Direct connections from the bar floors further enhance this state and help to activate the spaces. Amenity floors are located so that they can feed directly out onto the roof top parks. Indoor amenity programs are deliberately tied to adjacent functions located outside.

While being the result of fire egress code requirements, the sunken courtyard has become an integral part of the overall architectural design. It can be understood as a projection into the ground of the lower bar above. The void is crossed by the arrival bar, which is occupied on level B1 by a central meeting point for all cinema visitors. Above on ground floor cars can pass over to both towers on the arrival deck.

The sunken space also acts as a means of orientation for visitors of the retail level at B2 and the surrounding cinemas on level B1. Dramatic views up to the towers, visual connections across the sunken from the retail zone towards stairs and the cube meeting area make it an exciting place to be in or walk around.

The outdoor landscape is envisioned to draw from the charm of traditional

courtyards combined with the modernity of the project. Hard surfaces dominate the space and large rocks become feature elements in the setting. The principal composition of the building elements and the character of the "skin" create the projects iconic identity. For this large scale building, the design of the facade is very essential. It will be viewed from the distance as an iconic sculpture in the Seoul skyline. The outdoor landscape is envisioned to draw from the charm of traditional courtyards combined with the modernity of the project. ■

PROJECTS The Symbol of Fraternity (p. 44)

TEXT: KONSTANTIN SAVKIN, ARCHITECT, THE BUREAU OF Y. VISSARIONOV

The concept of the public and business centre to be erected in Ufa (the capital city of the Republic of Bashkortostan), in Oktyabrskaya Revolutsia street, was proposed by experts of the Architectural Bureau of Yuri Vissarionov in 2008-2009. Keeping in line with the architectural and planning assignment of Ufa city's Department of Architecture and City Planning, as its main architectural and aesthetic objective the project aims to create an impressive highrise complex that will embody the Bashkir-Russian friendship. The building is planned to be used for office spaces, hotels, and shopping outlets which, together, will form a splendid public and municipal area.

Due to its location at the entrance to the city on the high banks of the Belaya river, the complex will be much like a city gate. The area is bounded by Vorovskaya street to the north-west, by Oktyabrskaya Revolutsia street to the east, and by Frunze street to the south-west. The site still features an existing fragment of a merchant building (in Oktyabrskaya Revolutsia street), and the Druzhba (Friendship) monument erected to commemorate the 400th anniversary of the republic's voluntary annexation to Russia (located to the south-east of the site).

Remarkably, the city gate's function has not just been to serve as symbol of hospitality. In earlier times city gates used to play an essential role in the local fortification system. This can explain why in modern days a

city gate's silhouette may often be seen rising from the center of an area that traditionally later grew and spread around an ancient fortified settlement.

To add to this, the city gate was often complemented by flanking towers. The Nauan Gate of Potsdam, the Zackhaim Gate of Koeningsberg, the Bukhara Gate in Uzbekistan, the Limburg Gate in Netherlands, the Turin Gate in Italy, the Tallinn Gate in Estonia are all examples of city gates equipped with flanking twin towers. The lower levels of a city gate were often used to house trade stands owing to their location in the busiest part of the town – the main road to the city.

Important as they are, these cultural and historical premises did not have a major impact on the current design concept. By no means were traditional austere fortress towers meant to become the immediate prototypes for the proposed project. However, their spatial composition and functional use has been reflected in the modified, now welcoming image of the proposed high rise complex.

COMPOSITION

According to the project concept, the complex will consist of two 36-storey oval-shaped towers and a stylobate with a variable number of stories. Together with other high rise structures, the towers, which will be set at different angles, will become the centerpiece of the city's more dynamic skyline that is forming at the present moment. Their smooth, overflowing forms, which should allude to nature, will complement the area's magnificent riverbank landscape.

In terms of the composition, the stylobate part, divided by a hollow, will separate the towers to make space for a pedestrian street that will stretch out from the historical part of the city to the embankment. In this way, the towers, while positioned on either side of the hollow, will rise like two rocky pillars mirroring the contours of the hilly landscape. The two "hills" of the stylobate from which the towers will be emerging will interlock in the upper portion of the complex pointing in the direction of the city centre.

The pedestrian street between the towers will "cascade down" as a network of roofed escalators and travolators turning into a tunnel under the Frunze street highway. Accordingly, entrances to the building will be located along the whole length of the street taking visitors onto each of the functional levels. The terraces at all the levels will be connected by vertical communication, such as staircases and elevators.

SITE LAYOUT

With regards to the proposed site layout, the project aims at integrating the building's structure into the existing network of roads and streets which includes the nearby road junction. The circular road looping around the "island-like" structures should provide easy and convenient access to various establishments housed in the complex.

The parking areas will feature four access points distributed around the complex. Deliveries for shopping malls and dining areas will be managed via points other than the entrance areas of the building. Their construction will take place in several stages.

The transit promenade combining the historical center with the embankment through the new symbolic city gate and the semi-open inner space of the complex will become their major point of connection. It will complement the route traditionally taken along the Oktyabrskaya Revolutsia street enabling visitors to access the hotel, restaurant, conference-center, fitness club, and apartment units – the major objects to be built during the first stage of the construction process.

FUNCTIONAL FEATURES OF THE COMPLEX

While being the mirror image of each other, the two towers will serve different functions. The north-western tower will be used for offices, whereas the south-eastern tower will house hotel rooms and apartment hotel units. However, the two towers will still be united by a common stylobate part.

The upper level (+1) of the stylobate will be occupied by shopping enterprises with storage facilities, a multi-room restaurant, and a fitness centre.

The middle level (-1) will hold the shopping mall, a movie theatre featuring a café, a conference center lobby, a fitness center, and tribunes for the swimming pool. Moreover, this level will include a large promenade terrace. The latter will serve as the building's major public area surrounded with green space and other urban amenities. This section of the building will also serve as gateway for the upper part of the recreational route that will be connecting the embankment with the center of the city.

The lowest level of the stylobate (-2) will hold a food court, a children's center, and a health club equipped with a swimming pool. This level will mark the lower part of the recreational route to the embankment.

Levels 3, -4, -5 will be used for underground parking garages, with access to the latter provided via four ramps located in different parts on the map: 1 – at the intersection of Frunze and Oktyabrskaya Revolutsia streets; 2 – at the intersection of Frunze and Vorovskogo streets; 3 – at the intersection of Vorovskogo and Oktyabrskaya Revolutsia streets. These levels will also house the maintenance facilities of the whole complex.

ARCHITECTURAL MONUMENTS

The project aims to preserve, restore, and renovate the existing historical buildings in Oktyabrskaya Revolutsia street. Sheltered by the two rising towers, the city's architectural monuments will remain the integral element of the surrounding environment and the proposed complex accentuating the recreational value of the territory. The project will also ensure

the preservation of the urban green space surrounding pedestrian routes and extending to the stylobate part of the complex in the form of lawns and bushes.

THE TOWERS

The towers' shape will remind that of elongated oval cylinders with curved sides. The cylinders will be covered by a large diagonal network of glazing elements that will make the upper levels of the towers look as if they were interlaced. The middle section of the buildings will include deformed cylinders of a more compact size. These cylinders will be jutting out of the middle part of the main cylinders, but have a smoother and more transparent texture. At night time the central part of the towers will provide a more effective illumination compared to the other surfaces of the complex enveloping the new city gate in gentle light and warmth.

The geometrical contours of the towers will only be conditional considering that the outer contours are intended to give the buildings a natural, vivacious look. On the other hand, the outer contours' allusion to rocky cliffs formed by erosion is rather incongruous, as the towers' design is a result of careful planning.

On the inside the buildings will be equipped with a system of rectangular stair/ elevator and engineering shafts made of monolithic reinforced concrete. The shafts will be adorned by a row of columns. The space between the shafts and the outer surfaces of the buildings (which are often incorrectly referred to as walls) will be filled with hotel rooms and apartment units, in the case of the first tower, and offices, in the case of the other tower. The transition from the rectangular core of the buildings to their rounded outer curves will be represented by a playful layout of walls and partitions that will change their direction to accommodate for the proposed structural design.

THE FIRST CONSTRUCTION STAGE

Following the requirements of the assignment, during the first construction stage the south-eastern tower (holding hotel rooms and the apartment units) and the south-eastern wing of the complex will be built. The latter will include a conference hall, shopping area, fitness center, 50-metre pool and 3-level underground parking. Most likely as a temporary measure, the gate will be represented by only one of the towers...

All the facilities inside this part of the complex will have convenient connection points allowing visitors to travel from one area to another without exiting the building.

Moreover, the very first object to be built will be an independent administrative office building with underground parking facilities.

The main entrance to the tower housing the hotel and apartment units will be located on the first floor level on the side of Oktyabrskaya Revolutsia

street. The grand entrance to the building will be constructed on the same side and will make provision for underground parking facilities.

It will also be possible to access the tower's elevator section directly from the underground parking garage (-3, -4, -5 levels), as well as the shopping area at levels -1 and -2. These levels will also serve to connect the hotel with the conference hall lobby (located in a space above the stylobate) and the health club which will be constructed in the southern side of the stylobate.

Furthermore, the first level of the tower (upper level of the stylobate) will include a restaurant. Grocery delivery will be handled via the northern part of the building on the side of Oktyabrskaya Revolutsia street, near the entry point to the underground parking facility.

While the lower half of the building (levels 1-15) will be used for a 200-room hotel, the upper levels will be occupied by apartment units covering an area of 60 to 150 square km. In line with the design concept, all the hotel rooms and apartment units will offer beautiful views of the city and the countryside. The part of the building facing the south will house the most luxurious rooms and apartment units.

Stretching from the southern end to the northern end, the building will not only make the views more panoramic, but also provide more sunlight to the hotels and apartment units located around the stair and elevator enclosures.

The shopping area will be housed on the first and second levels of the stylobate part. Access points to the mall will be placed along the western side of the stylobate, which will adjoin a 2-level promenade terrace. Shopping outlets, kiosks, and small cafes will be installed on either side of the sunlit area that will feature escalators and scenic elevators to provide for vertical communication in the building. Merchandise delivery points will be located next to the restaurant's storage rooms.

The conference hall for 600 people will be raised above the stylobate, which will make it the focal point of the lower level. The conference hall lobby will be located at the -1 level of the stylobate accessible from the open terrace. Scenic elevators and escalators, which will serve to take the visitors up to the conference center, will be arranged in the center's load-bearing part. The inner space of this oval-shaped, glass structure will also house sky decks connected by escalators.

The conference hall will be comprised of a stage with rows of amphitheatre seats rising up in two directions. It will be possible to divide the space inside the hall in half by a room dividing curtain.

The fitness center and the health club will occupy three levels in the southern part of the stylobate. Access to the fitness center facilities will be provided either from Oktyabrskaya

Revolutsia street, or from the opposite side of the building – the promenade terrace. These facilities will include saunas, massage rooms, spa salons, and gyms.

The zone will be adjacent to the 50-meter swimming pool that would be accessible from either the dressing rooms area at -2 level, or from the fitness centre's entrance lobby (levels 1 and -1). It will be possible to hold swimming competitions and events in the area of the pool. For that matter the pool will be equipped with tribunes.

The administrative office building to be designed during the first stage of development will be located in the southern part of the complex. One of the facades of the building facing the Oktyabrskaya Revolutsia street will extend the street's row of historic buildings. While not scaling back the existing buildings, this new building will become a foremost element of the proposed project showcasing its thematic closeness to the complex.

On the whole, the project of the public centre in Ufa city develops and reinterprets the theme of city towers whose original function was lost, but whose role as cultural and urban planning symbols of the city has been deeply rooted in the public conscience.

Unlike what one may think, city towers were not represented just by the vertical line of the city gates. Historically, they have included bell towers, watchtowers, watertowers, firetowers, lighthouses, and other highrise structures.

However, in modern times the role of city towers has been taken on by highrise hotels and business centers.

The Project Team

Project manager: R. M. Maskulov (Ufa);

The Architectural Bureau of Y. Vissarionov: Chief architect – Y.G. Vissarionov (Moscow); **architects:** K. M. Savkyn, U. A. Philatov, V.V. Bychkov, A.I. Prikhodko; **project collaborators:** D.V. Zyborova, O. N. Abaimova, T. A. Moskvina, S. A. Prikhodko, U. I. Oralova, I. M. Yakovleva ("Staryi Kreml'" Ltd.). ■

OBJECT

Tokyo Skytree

(p. 50)
MATERIALS PROVIDED BY NIKKEN SEKKEI

In May was held the opening ceremony of the world's tallest TV tower - Tokyo Skytree. The world's tallest freestanding broadcasting tower at 634 meters, Tokyo Skytree has been built to replace Tokyo Tower, whose broadcast ability has become increasingly compromised by surrounding high-rise

buildings. Tokyo Skytree is not only a state-of-the-art digital terrestrial broadcasting tower, but is set to join such icons as the local historic sites of Asakusa.

The planning of the structure began in February 2005 when Tobu Railway Corporation expressed its desire to build a tower to both broadcasting services and administrative authorities of Sumida-Ward. At the start of this project, the client asked the designer in an opening remark to create in this area "an entirely new landscape beyond time and space."

Tokyo Skytree tower is located close to Narihira Bridge and the Oshiage Area alongside the Sumida River, which was once at the center of the glorious Edo culture, in the eastern part of Tokyo.

In designing the structure, consideration attention was paid to scenic appearance and lightness of volume. The outer frame is made of steel, through the center of which runs a "central pillar" (shinbashira); a reinforced concrete cylinder 8 meters in diameter with an emergency stairway inside. The outer frame and central pillar are structurally separate and allowed to move freely and independently of each other. During an earthquake, the seismic forces at work in one counteract the seismic forces at work in the other via oil dampers, reducing tower sway during an earthquake by up to 50%. This system is a modern adaption of the traditional structural systems employed in centuries old pagodas and yet another link with its historic context.

To solve the tasks the company Nikken Sekkei leveraged its expertise in various fields, starting with a feasibility study for the project, and then passing to the planning of engineering works, environmental assessment, design of cooling systems and heating, the calculation of the design solutions, the tower's connection with the surrounding urban landscape and the preparation of a 3D model of the building. As a result, in the development of the project were attended over 100 architects, engineers and designers.

DESIGN CONCEPT

Tokyo Skytree soars above Narihira Bridge and the Oshiage area in Sumida Ward, Tokyo Metropolis. It is surrounded by traditional downtown areas, such as Asakusa and Mukojima, and is at a key transportation hub where the Tobu Railway, metropolitan subways and water-buses busily operate. This tower is basically intended to serve as a new-generation radio-wave transmission tower for ground-wave TV broadcasting, and also is expected to become a symbol of the redevelopment of the downtown combined with the maintenance of the area's cultural tradition in association with Asakusa, a famous sightseeing spot rich in cultural traditions of the Edo era. Considering this background,

designer's team studied how to relate the shape of the tower to the geography of this area.

The construction site is at the center of a triangular plane surrounded by the three axes, the Sumida River and Arakawa River, and, to the south, railway lines running in an east-west direction and trunk roads. Perpendicular to each axis, various streets converge toward the focal point at which the tower stands. So, the tower has been designed to have three gates, each inviting people coming down through these streets. The triangular frame structure was inspired partly to address these three city grids converging at the tower and partly because the tripod makes for the strongest and steadiest structure on the constricted site.

On the other hand a circular plan was considered most appropriate at the observatory deck levels given the 360-degree views available across the entire Kanto area. The steel structure therefore morphs from triangular to circular in plan giving rise to a form not seen in any other tower in the world. The lines born in consequence of this unique metamorphosis appear as slightly bulging (mukuri) or slightly hollowed (sori) depending on the direction from which it is viewed, and are reminiscent of ancient Japanese design motifs.

The footprint of the Skytree is an equilateral triangle, each side being about 68m. From three apexes, lines extend, while converging, up to 50m above grade, from which the lines further extend up to more than 600m. The ratio of length to width is approx. 9:1, thus forming a slender vertical shape.

The three legs, as seen in the lower portion, resemble a tripod kettle (having three legs similar to a tripod for camera, and self-standing anywhere with its own three legs), which was used ceremonially in ancient China, and give people looking at it a vague feeling of safety.

Also, the triangular shape smoothly leads to a structural analysis solution that is safe, yet has the fewest structural members. This not only reduces a feeling of oppression in the minds of neighbors, but also reduces the tonnage of structural steel used, both of which are beneficial to the environment.

The Skytree will create a typically memorable "distant view" when seen over the Sumida River. From nearby spots, unique shapes and a change in the vertical shapes, coupled with the warp and camber, will be appreciated as a "street view" from the streets running in various directions in this downtown area, and as "close view" at the three gates to the tower on the grade. Such unique and changing views created by the tower are expected to synergize with the traditional graceful spirit (Iki) of the downtown alleys that has been cherished from the Edo era, along with freedom and originality of the residents, to create an atmosphere, as opposed to an atmosphere created by the tower itself.

STRUCTURAL TECHNOLOGY

In structural engineering, the Skytree develops the essence of advanced structural design technology to insure the highest grade of structural safety. Assumed for the structural analyses are a metropolitan epicenter type earthquake, South Kanto Earthquake, Tokai Earthquake and, in addition, a catastrophic storm with wind velocity of 70 to 80 m/s for an average of ten minutes as may be encountered once in 500 years.

So, the foundation of such a high-rise construction such as the Skytree tower needs to be designed to resist such larger forces by making its piles nodular-wall shapes to increase the friction resistance. The nodes of those piles resemble in function "pins of spiked shoes." Also, by being continuously connected in radial directions, the walled piles are expected to have a function like roots of a giant tree by the piles being monolithically integrated into ground. As a building soars higher, its foundation is usually subjected to proportionally larger pulling-out force and pushing-down force. In the case of a slender tower like the Skytree tower, its foundation is particularly subjected to a larger force.

Also, the steel beams as seen above ground are rigidly connected to fully carry the force externally applied continuously down to the in-ground piles. Conversely seen, the entire structural system can be said to be "a giant tree growing from ground."

As major structural members, the Skytree tower employs high-strength steel tubes, the strength of which is twice that of a standard steel channel. The steel tubes used at the foot of the tower are huge, the diameter is 2.3m and tube thickness is 10cm.

The entire tower structure is composed of "truss" elements, each of which is a combination of triangles, comprising a principal member, a lateral member and a diagonal member, each member in plural number. These members are joined to each other by branch joints, illustrated below (i.e., a branch pipe section joined by welding directly to a main pipe without using any joint plate or other members.) This type of joint is very simple in appearance and advantageous for rust prevention.

Such a joint is rarely used for a building or on-ground structure, but is used for a marine structure (for instance, oil platform jacket); therefore, the joint is designed according to the standard rules adopted for such marine construction.

TRIPOD TRUSS

A built-up column composed of four steel columns and lateral steel members and braces. It is positioned at the top of a triangular plane and is one of the major frames to resist lateral force.

LATERAL JOINT TRUSS

Column section joining the mid-tower framing and ring trusses at every two courses (25 m high). These act as load-carrying members of lateral force (in-plane) and as stiffeners to resist buck-

ling of tripod trusses and peripheral columns.

RING TRUSS

Lateral members positioned at every course (12.5 m). This truss acts as a stiffener to resist buckling of peripheral columns.

The project design team made every effort to assure safety from swaying when the tower is subjected to an earthquake or strong wind. Finally, we arrived at the conclusion that a new vibration-controlling system should be used in which a cylindrical core of reinforced concrete at the center (center column*) is structurally isolated from the peripheral steel framing, with the upper part of the core column made to function as "a balancing weight." This control system is in principle a new application of the modern "Added Mass Control Mechanism*" and can reduce the response shear force by 40% during an earthquake.

ADDED MASS CONTROL MECHANISM

This mechanism is to control the swaying motions of a structure as a whole during an earthquake by providing added mass (balancing weight) so as to move in slightly delayed timing from the swaying motion in a counterbalancing way to set off the movement of the structure by the movement of the weight. Usually, steel ingots or concrete mass is used as the added mass, and sometimes equipment for building service systems, or a heat accumulator, are used for the same purpose. The present case of the core column (the staircase) used as the added mass is a world's first attempt.

FIVE-STORY PAGODA TEMPLE

Pagoda is a unique traditional tower of wood construction in Japan. While designing the project team members paid attention to the fact that though there are records that five-story pagoda temples collapsed or were damaged due to typhoon or fire, no record is available of such a temple collapsing due to an earthquake. Hence, such temples are considered to have excellent earthquake resistance. Though such resistance is accounted for in various ways, it cannot be denied that the center column has played a major role.

When it came to building a super-high tower of 634 m with modern construction techniques, we happened to meet with the traditional tower construction technique. They called the present vibration-controlling system "Shimbashira-Seishin (Center Column Vibration Control)".

NAME

Name: Tokyo Skytree
Project owner: Tobu Railway Co., Ltd. and Tobu Tower Skytree Co., Ltd.
BUILDER: Obayashi Corporation

Site: Oshiage 1-chome, Sumida-Ward, Tokyo

Site area: 36,900 sq. meters (including the tower footprint and the associated East and West Shopping Malls)

Height: 634m above grade

Structural system: Reinforced concrete, steel-reinforced concrete and steel structures

Foundation system: Cast-in-situ piles and in-ground continuous wall piles

Start of the construction: July 2008

Completion scheduled: December 2011

Project owner: Tobu Railway Co., Ltd. and Tobu Tower Skytree Co., Ltd.

Designer and construction administration: Nikken Sekkei Ltd. ■

COMPETITION Architectural Mystery (p. 56)

The end. Beginning at № 2, pp. 60 – 67

MATERIALS PROVIDED BY THE EVOLO MAGAZINE

We conclude the review of creative works marked by jury honorable mentions awards, within the eVolo magazine competition.

Among them is the **Mountain City**, the project created by **Charly Duchosal** from Switzerland. With today's weight of cities on the landscape, we tend to lose our original relationship with nature. The cities are getting bigger, larger, and higher as the population increases and our connection to natural landscape is disappearing. Urban planners and architects have been trying to recreate nature in cities by drawing parks and planting trees on streets. The implementation of these "green parts" in cities has nothing to do with nature in its original state.

According to the project author, we should adapt the city to nature instead of trying to force nature into the city. For example, living underneath the earth allows us to preserve most of its surface. The design for this project is set in a wild landscape inside a mountain to preserve the development of nature around it. A geothermic plant is the logical solution to provide energy to the city. The main condition for this is that the city should be located in a geographic zone with high geothermal gradients – active tectonic and volcanic areas. Iceland is the ideal location for this city because the country has significant energy resources provided by its unique geology. In 2007, statistics showed that 66% of the primary electricity of this country came from geothermal energy.

To live in rocks also offer creators of the **Cliff Dwellings** project - **Roman J. Cordero Tovar, Eric Israel Dorantes, Daniel Justino Rodriguez and Izbeth K. Mendoza Fragoso** from Mexico.

The main idea of this project is to inhabit the natural vertical geographical conditions. The vertical plane with zero occupancy offers the possibility, with the help of technology, to conquest the apparently inhospitable wall areas in order to preserve the green horizontal plane exclusively for wild life. The cliffs are the new virgin territories to explore.

This is not a utopia: many civilizations explore different techniques of low relief sculpture in its artwork, using it as a language to show the presence of the void. It is interesting how the result show some cavities that can easily, in other scale, acts as program (activity spaces, circulation, etc.). If it was possible in the old days, why not now, having on hand advanced construction technologies?

In an era where mega-structures threaten to strip man's needs and the humanity of architecture from new buildings and the field as a whole, **Maciej Nitstuk** from Poland, offers a version of the **New Tower of Babel** that seeks to do the opposite, existing as a living monument to its creator and their aspirations. The building is perpetually "under construction" as the needs and wants of its creator evolve, allowing the monument to experiment with and showcase many architectural trends.

The skyscraper is a mutation of the Palace of Culture and Science, an enormous, landmark structure built in 1955 in the destroyed center of Warsaw, Poland (which was still ravaged from WWII). Although it is the most recognizable symbol of Warsaw, it is a controversial building, as it is a typical communist monument; there were ignored local architectural vernacular and good urban planning, and instead was built as a monolith to tower over the rest of the city. Despite this, the designer of the Tower of Babel defends the Palace: "It is a monument of IDEA, a monument of its creators."

Today's architectural monuments are driven by money, not people, and symbolize the culture's worship as such. This capitalist approach to architecture creates a "dystopia," says the designer. The Tower of Babel is therefore meant to glorify the old use of monuments to honor people and social ideas. It is a "maze of glued-together architectural blocks which are not finished, incomplete or damaged." This commentary reveals that though past monuments may have glorified controversial regimes or figureheads, at least they had soul, and purpose; modern monuments are about nothing but the monument itself, and the designer protests this reality by leaving the structure raw, without purpose or completion.

The incredibly destructive effects that coal plants cause to our natural environment are well documented and known, but 50,000 plants still operate the world over every day to power the planet, as green technology has not evolved to a point where they generate enough energy to replace fossil fuel processes. The **Coal Power Plant Mutation** project, created by **Chipara Radu Bogdan** from Romania, is a proposal for coal factory addendum, a skyscraper built over an existing factory that can reduce the amounts of harmful waste that spew from their chimney stacks while we wait for green technologies to take over.

The skyscraper coal cleansers are comprised of three long, tubular legs that join are built around the existing

factory's chimneys and meet high in the air to share a bio-filtering area that also has balloons to capture and hold waste particles. The structure is made out from multiple carbon-fiber steel props that are held together by a carbon-fiber steel mesh; the props are anchored in the existing foundation of the power plant. The chimneys rise 1,000 meters in the air; as the smokestack pollution rises through the tall skyscraper chimneys, tubes with various types of air filters with various densities are placed at different heights. The lower filters for carbon dioxide exhaustion use synthetic carbon fixation techniques, while filters located higher in the chimneys are bio-filters. At the very top, the chimneys are equipped carbon and vapor capturing and filtering devices that keep the gasses from reaching the atmosphere. They are made of horizontal air pipes connected only to the exterior. The vapors condensate on them and the resulting water is gathered and distributed back at the base.

To solve the ethnic conflict problems **Xiaoliang Lu** and **Yikai Lin** from the United States offer the **Skyscraper of Liberation** project.

On the borders of two regions at war, those who suffer the greatest are the citizens who simply want peace for their nation. Often, warring regions build great walls between them, but do such walls truly solve conflict? They don't, say the designers of the "District 3 – Skyscraper of Liberation" project – instead, walls obstruct mutual understanding and intensify the discrepancy.

This project is imagined for the border of Israel and Palestine, which is defined by three districts: an Israeli district, a Palestinian district and the third one, which is a zone where the borders are separated by a wall. This wall will be removed and replaced with a skyscraper, transforming the isolated and hate-filled area with one that is shared and fosters reconciliation. The skyscraper can only be entered by Palestinians and Israelis who are non-violent and seek peace and cooperation, and is administered by the United Nations.

The skyscraper will have many programs inside to foster cultural and social exchanges between the two countries. These programs include a farmer's market, a soccer stadium, a museum, a school, performing arts and assembly spaces, a zoo, a hotel, shopping and business spaces, and farmland at the very top. Residential complexes are connected to the skyscraper peripherally.

Contributing to peace between Israel and Jordan should also promote the **Bridge of Hope** project. So was called the creation of **Mohammed Adib, Ivan Arellano, Jordi Cunill, Maria Teresa Farre, Christian Koester** and **Davide Roncato** from Spain.

The Bridge of Hope is a symbolic structure that seeks to link the shores of the Dead Sea. Construction of the bridge would commence from both sides of the sea, ultimately meeting

in the middle; there, a settlement for Arabs and Jews to live harmoniously is established.

The water level of the Dead Sea is dropping by 1 meter per year, and plans are currently underway by the Jordanians to replenish the water levels by connecting it, via pipelines, with the Red Sea. In addition to the bridge's construction, this project also proposes the creation of aqueducts from Israel's side to help replenish the sea with water from the Mediterranean. These aqueducts would generate electricity as the water flow drops 400 meters; this electricity is used to desalinate the water, making it useable for irrigation purposes (residual water is discharged into the Dead Sea). Salt water pools (with normal salt levels) are created within the Dead Sea for fish farming, and other pools are also created to cultivate mineral baths for a variety of uses (potash is used for fertilizer, Bromine for fire retardants, fresh water for hydroponic farming, Dunaliella bacteria for its high CO₂ sequestration rate, etc.).

The houses within the bridge settlement are adaptations of traditional Middle Eastern "wind catcher chimney" house designs. These will differ, though, in that all sides of the structures will offer shaded areas and openings of varied sizes that lead to green terraces and water pool terraces. These openings allow for fresh airflow, which creates cool breezes to cool the homes in this warm environment.

The **Vertical Ground** project created by international team from Greece, United States, Jordan, and United Kingdom composed **George Kontalonis, Jared Ramsdell, Nassim Es-Haghi, Rana Zureikat**. The design is aimed to reexamine the "norm" for the college campuses organization.

Students today want proximity to the culture, activities and networks available in urban settings, but typical campuses are horizontally oriented and require large swaths of land for development, which are increasingly rare in desirable urban areas. By orienting a college campus vertically instead, colleges can locate in dense areas and perhaps even better facilitate social communication amongst students and faculty.

20,000 students are located on a campus complex that is comprised of several towers that occupy a small city footprint, and are connected at varying heights by sky bridges. By spacing programmatic needs properly throughout the towers, the vertically orientated campuses can give students both space for privacy and opportunities for dynamic interactions with others. The campus tower typology is composed of series of clustered departments and open spaces that are located amongst the college's three schools: Applied Sciences, Design, and Social Sciences schools.

The designers imagined two test sites for campuses within Manhattan, transforming the typical sprawling land model of a campus to one that is a super block. Lighting conditions and

restrictions at ground level and in relation to other nearby buildings present new issues with which vertical campuses need to adapt. Neighborhood restrictions also pose interesting issues: Due to building requirements, a campus in New York's Chelsea neighborhood would look different than one built in Midtown, for example, as Midtown would allow for construction with taller tower heights. This might give a Chelsea campus difficulties should it ever need to expand, but despite these issues, the designers contend that orienting a campus vertically allows for more programmatic flexibility and opportunities for dynamic interaction than a campus plan that requires an open expanse of land.

Traffic problems due to which one country to another can be reached more quickly than the airport from to the city center, propose to solve **ZhiYong Hong** and **XueTing Zhang** from China.

The designers of the **Air@Port** propose avoiding using precious land for new airports by constructing one that is positioned 450 meters in the air. The airport sits atop the bases of dozens of thin towers that mushroom out at the top with wide platforms that all connect to support the runways and airport facilities on top. Locating an airport city so high in the air has many immediate benefits. Being so high up will mean that there won't be height restrictions on the buildings erected on the platform, which will allow for great stimulation and creativity in the resulting development. Also, because wind speed is higher 450 meters in the air than it is at sea level, the length of the runway can be effectively reduced, saving space.

Vertical air buses will transport visitors from the ground (or underground, if they are arriving via subway) up the stems of the tall structures. In addition to air transport facilities, this air city will also include a hotel and commercial, conference and office spaces; these areas are located in the towers beneath the airport. Passengers can stop anywhere on the air bus ride to access these other programs.

Another airport is named **GreenGru** offers to raise at 380-meter height **Gerasimos Pavlidis** from Greece.

Inspired by the towering cranes found in big cities, the 380 meter-tall GreenGru skyscraper provides public transportation via air to residents of metropolises with traffic problems or airports located far from the core. It also works as an energy station, generating enough power from within to run its own systems and light up some of the surrounding city as well. The building's name capitalizes on the energy creation inside, a process the designer's have dubbed "Artificial Photosynthesis Installation," explaining the "green." "Gru" is the Italian translation of "tower crane," the basis of its look.

The tower's mast is made of carbon-nanotube-reinforced steel, with large concrete counterweights under-

ground for stabilization. The building's façade, inspired by twisted rubber bands, is made of graphite, which is ten times stronger and six times lighter than steel. The graphite is covered in a polymeric carbon dioxide-absorber called zeolite, which lowers carbon dioxide levels during the night; sunlight exposure during the day allows the molecules to float away. This means the exterior of the building creates a greenhouse effect inside, making the environment excellent for growing plants.

The ground level and first five floors of the skyscraper are reserved for commercial use; the 80 floors above that hold offices and residential units. Above that, the upper portion of the building has a high-speed turbine that spins around the building to generate power. Its exterior is clad in flexible and lightweight polymer-based solar cells for further energy generation. Inside, the mechanical systems take neutral water and separate its molecules, storing the hydrogen and oxygen cells separately to produce useable energy in a process that harkens to photosynthesis. It is the stored hydrogen and the power it is able to produce that is responsible for energizing the building; it is also stored and transported in cells made of magnesium nanoparticles and polymethyl methacrylate to other parts of the city for use as energy elsewhere.

Atop the building is a downtown airport from which fully automated, hydrogen-electric hybrid aircrafts fly in and out. The aircrafts obtain hydrogen fuel from the processes capturing hydrogen within the building. An ultra-light truss structure supports a 300 meter-long runway, which is made of carbon-nanotubes and rotates with the wind. An aircraft-elevator inside the counter jib moves the aircrafts from and to the hangar.

Lemire Abdul Halim Chehab, Suraj Ramkumar Suthar, Swapnil Sanjay Gawande from the United Kingdom offer the **Aakash Skyscraper** project. Aakash, the Hindi word for "sky," provides the inspiration for this project, which proposes locating floating clusters of development high in the skies above Mumbai, one of the world's most congested metropolises. The complex as a whole is comprised of tree-like structures that stem at nodes throughout the city, grow into the sky and then branch out into wide, floating modules that connect to create a road-less cityscape. The majority of the structural load is taken by cloud-shaped helium balloons; only some of the load is transferred to the ground by means of nodes.

In the canopy of this structure, an intricate network of units and modular capsules grow endlessly in all directions, with intermediate green terraces accessible to public use. The terraces act as lungs throughout the city to purify the air in congested Mumbai. The habitable cells, which are two-story "celluloids," are held by the helium balloons and float at reasonably high levels (at least 50 meters high) so that

every inhabitant can enjoy a breathtaking view over the city. The geometric celluloids are clustered around large, circular communal cells. These connections provide further bracing for the structure.

The balloon cells draw the users from the building terraces at higher levels and the nodes draw the users from the ground. The outer skins of the helium balloons are covered in photovoltaic cells to make the structure energetically self-sustaining with solar power. The structure can grow along well-traversed routes: along the waterfront, along major roadways, or clustered around well-used public spaces.

And another project of skyscraper flying in the city sky - the **Floating City** came up with **Wei Zhao** from China. Earth, with 7 billion people, is continuously increasing her load with three new babies born every second. With limited resources, the rapid growth of population has caused many problems included environmental degradation, ocean acidification, ozone holes, lack of fresh water, and constant loss of biodiversity.

Tian-shan-ren-jian - "Heaven and Earth" is the physical manifestation of the traditional Shanshui painting, which aims to reach the ideal lifestyle. The "Heaven and Earth" project is a utopia wonderland residing in the air. There are mountains, rivers, lakes, forests, and animals. It solves the problems that exist on Earth, including food, water, and housing.

"Heaven and Earth" is operated by the Maglev Technology to allow it to float in the air. The repulsion caused by the aircraft's magnetic system and the Earth's magnetic field will control the floating city - there are a large number of molecular magnets distributed along the underside of the vessel. The rotation of the curved bottom can generate the power necessary for the city. This rotation could also maintain the balance of the flight. Small, magnetic suspension aircrafts are used as the transport links between the vessel and Earth.

Ren Tianhang, Luo Jing and Kang Jun from China offer the **Human Rights Skyscraper** project to build in Beijing.

Illegal acquisition of land by local Chinese government entities has caused thousands of residents incredible grief and even death recently, plus social instability, say the designers of the Structure of Human Rights in Beijing. Though private property doesn't really exist in China (and buying a property only ensures its use for 70 years), the designers of this structure feel that land use needs to be reexamined in China, as a private home is a basic human right. Their proposal to bring every person a place to live takes into account the country's exploding population and need for dense development, and thus is oriented vertically.

Inspired by the Chinese character the traditional siheyuan residence and ancient Chinese urban planning, these designers have dreamed up a

giant reinforced concrete structure that serves more as infrastructure than a building. It is "land" for housing, instead of the housing itself - a 3-D checkerboard that houses units within each cell. The structure is the same length as the Forbidden City, and is located directly to the east of it. ("Ironically," the designers say, "it confronts the Forbidden City, the symbol of the superpower of despotism, emphasizing the priority of human rights in a dramatic and symbolic way.") Living spaces within the structure measure 25 by 30 by 25 meters. This proposal was not made by politicians, they stress, or economists. "We are people. We just want a house, and land."

Pavel Sipkin from Russia plans to place his **Tundra City** in the exhausted diamond mine "Lucky" which is the geographical center of the entire Russian Tundra - the last point of urbanization of the Russian North.

The tundra is an unexplored region, which hardly anyone wants to go. It is associated with a "hole" due to poor living conditions. The Russian government has paid attention to the prospect and huge potential benefits of developing the region to the whole the country.

Tundra City is a launching pad to address the problems of the region: population, development of infrastructure, creation of new industry, agriculture, science, and culture.

Tundra City is a new ark, which will gather people together for a new life, new qualified scientists and workers will grow, who will put the Yakut ideas into practice. The Center (a symbolic heart) is built of 11 modules - logs, including the following areas: scientific, social, agro-industrial, residential, relaxation, hospitality, educational, and industrial. Two blocks (expedition and station) are located on the surface; the rest of the program is located underneath. A central skeleton supports spatial structures while residential unit are built around an H section, in which the central wall is complemented by a number of locked houses. Academic (scientific) units are built of space trusses. Agro-industrial unit consists of a structure of massive floors, fixed on the central bearing wall.

There also was presented the next version of **Oceanscraper** created by **Hui Chen** and **Luying Guo** from China and the United States.

Constructing a building that floats in the ocean has inherent benefits, the main boon being buoyancy. Locating a structure in the sea allows the possibility for massive complexes to be constructed without the restraints of gravity, opening possibilities for great architectural experimentation.

Enter "Oceanscraper," a design for a cone-shaped underwater city complex. The Oceanscraper has a large "bowl" in the center to allow daylight to reach the depths; surrounding the bowl is a ring of living space. Submarines dock into the living space, and residents remain inside, creating

a community of submarine apartments. This mobility affords freedom for residents and also allows each city complex to shift rapidly, if need be. Submarines are free to navigate both within the bowl and outside of the complex, and can dock collectively in themed groups, such as submarines that are performing research, or those that are hosting tourist groups, etc.

Each complex has two Borei nuclear submarines stationed at the bottom; one is positioned to face the sky, the other to face the sea floor. Borei submarines are the fourth-class nuclear subs used by the Russian Navy, but their life spans will only carry them through to the middle of the 21st century. After they are decommissioned, they must sit on the ocean floor with radioactive waste material inside, posing great potential threats to sea life. Instead of letting them rot, The Oceanscraper will commission these subs back into use, using them as nuclear power stations. Power lines from the submarines will connect directly to the city complexes to bring them energy. The power will be generated from the 16 intercontinental missile launch silos located inside each Borei submarine.

...The competition is finished, but it always goes on. And fantasies of young architects are far ahead of modern technologies. We just have to wait for a while when they come into line. ■

PERSPECTIVES Tower with a "Treefort"

(p. 72)
MATERIALS PROVIDED BY JAEGER
AND PARTNER ARCHITECTS

Guangzhou, the capital of the province of Guangdong, is one of the largest and most flourishing cities in China at present due to its role as a key national transportation hub and trading port. In the last few years a score of ambitious urban development projects has reshaped the face of the city and created a new CBD. Constantly attracting numerous internationally renowned designs and engineering companies, Guangzhou today can take pride in the realization of a number of high class building projects.

The Guangfa Securities Tower, a 308-meter tall class-A high-rise office building, will serve as the headquarter for the eponymous company renowned as one of Chinas leading providers of financial services and establishes a new landmark to the eastern portion of Guangzhou's new financial and cultural centre. The site marks a transfor-

mational pivot point to Guangzhou's urban fabric that changes the CBD's dominating orthogonal grid in this location. In response to this condition the tower's orientation is rotated slightly, about 13 degrees, from the standard North-South orientation of the surrounding buildings. This subtle rotation is not only providing delightful view of the adjacent city park to an increased number of the building's tenants. It's also expressing the tower's obelisk-like, sculptural character and signifying its role as a vertical terminus to the skyline of Guangzhou. As a counterpoint to the linear arrangement of the CBD, it embraces the expansive park within a suspenseful relationship and enhances its connection to the heart of the city.

Underlining the crystalline form, the tower's corners are chamfered, allowing for more views to the users. With the corner glazing tapering from the base towards the 'waistline' and then widening towards the top, the illusion of a tapering volume at the base is given while the main façades in fact are strictly vertical. In contrast, the façades of the upper portions are angled less than 1 degree. In order to achieve the maximum FAR permitted for the plot, the volumes subtracted in this process are returned on the top generating together with the aforementioned actions a slender and elegant proportion of the 60-storey high rise. Additionally, the tower's lean silhouette and chamfered corners lower the impact on the neighboring residential building's views significantly in comparison with a regular rectangular volume.

The application of digital parametric design tools to control all relevant points of the building's geometry enabled precise refinement and kept the design process flexible to quickly react on changing conditions. At level 30 the tower is divided into two vertical zones by a sky lobby. The lower zone offers first class tenant space for companies in the financial industry and is accessible through two dedicated elevator groups. Levels 2 to 6 are equipped to serve as restaurants and connect to the entrance lobby through three external view elevators. Functions in the upper zone that accommodates the Guangfa Securities headquarter offices include, among others, a library, an archive, meeting and training levels, a TV studio, five executive levels with generous single offices and a spectacular sky club on the top level.

As continuous levels are occupied by a single company, the opportunity for vertically connecting several floors was taken and atriums with stairs were opened in the North. While allowing for a better distribution of daylight in this critical area, these measures encourage internal communication and decrease traffic load on the elevators.

The sky lobby serves this portion of the tower via again two dedicated elevator groups and is directly linked to the ground floor lobby by six high speed elevators.

Providing an additional level of

distribution the sky lobby concept unfolds its potential to maximize floor plan efficiency: by allowing for stacking the elevators serving the Guangfa Securities portion and those for the tenant portion on top of each other in the same shafts a fewer total number of shafts needs to be established, thus significantly reducing the size of the core.

Visual expression is given to the two functional zones by repeating the motif of the tower's tapering base in the sky lobby where a recess appears to be carved out behind the building's transparent skin. Generating the impression of a building inside the building an internal façade covers the divergent base of the portion forming the Guangfa Securities headquarter. Defining a four storey high atrium in the sky lobby it also creates space for a large integrated media skin which is visible from afar on three sides of the building.

In total, 32 regenerative elevators employing computer aided destination control systems come into use while a sophisticated climate control system including heat recovery ensures energy efficient conditioning during the hot and humid summers as well as in the uncomfortable winters of the given subtropical climate.

The tower core, designed for maximum flexibility and efficiency, employs a cross corridor providing a wide variety of layouts for circulation and programme while maintaining most compact dimensions. Discontinuing one elevator group in the upper third of the tower allows for cutting back the core thereby balancing the ratio between traffic space and usable space which upwards usually tends to become increasingly adverse in buildings featuring tapered shapes. Meeting extremely high security standards, the requirements for information and communication technology were increased repeatedly during planning phase as functions like financial transaction floors or UPS systems on every floor were added. Due to the highly flexible core design all the additional demands could be implemented without enlarging the cores outside dimensions relevantly maintaining a maximum of free usable space.

The structural design is based on a proven approach. While dissipating horizontal loads, the structural square core receives vertical loads from a pair of straight columns on each of its four sides via outriggers on the three technical levels. Additionally, a part of the forces is distributed to the twin columns in each corner improving the buildings balance drastically due to their far spread position. This solution provides a high level of light admission and flexibility regarding office layout as there is no necessity for diagonal bracing elements crossing the space as it is the case for e.g. diagrid structures.

In a functionally and aesthetically integrated approach the unitized façade system combines several measures for saving and generating energy. High performance Low-E insulated

glazing and a vertical sun shading system minimize heat radiation input while a black gradient frit print pattern on the upper part of each glazing unit not only blocks suns direct radiation but also creates a visual transition to the opaque spandrels.

Referring to highest standards concerning building integrated photovoltaic (BIPV), the spandrels received special refinement as they incorporate layers of solar active material with curved glazing.

Their tilted shape improves the efficiency of energy extraction significantly and gives the glazing a fluid, immaterialized visual character. Similar elements are employed in the elevations of the double-height technical levels covering their entire surface thus featuring a degree of transparency. With Guangdong being home to some of the world's leading manufacturers of thin film solar products, research and discussion arose with several local companies leading to unique tailored solutions for the project.

The façade's overall appearance gives the impression of a membrane being tautly stretched between the profiled columns in the corners of the building. In an expressive sensual manner, particular parts of the building are pronounced by sculptural forms emerging from the vertical sun shading fins in a similar way as an elastic garment accentuates a human body. At the sky lobby, the fins move along the inner façade to emphasize the tapering shape of the atrium as well as forming a contrasting arc shape to the expression at the top levels. There, the fins gradually change form and branch out to generate braced supports carrying the curved glazing which covers the sky club. In the same time the vertical parts find their ending as a counterpart to the overarching trapezoid frame formed by the slender corner columns and achieve an appearance which reminds of a delicate crown.

The repetitive arc theme offers homage to traditional forms of Chinese architecture and comes into use at the entrance level in plan view: with the retreating movement of the facade an inviting gesture for visitors and tenants is given, while the opposite shape of the canopy provides shelter from the elements. Integrated into the canopy roof, a layer of perforated polished stainless steel behind the glazing will be illuminated from the inside and reflect natural light like a constant stream of quicksilver during the day while appearing as a floating source of soft light at night. To ensure the fabrication of these highly complex organic shapes to be rational and cost effective, they undergo intensive refinement using advanced parametric design methods in order to avoid double curved surfaces and other geometrical issues.

Complementing the tower, a 24-meter tall elevated podium building adds human scale to the plaza and balances the overall composition of volumes. Overlooking the park, its

widely cantilevering shape, up to 18m on each side, reminds of the sheltering branches of the local Banyan trees and acts as a majestic gate under which the visitors pass as they enter the plaza. Like a frame it focuses the visual connection between the main building's entrance and the entry of the park thus stressing their relationship.k

Landscape design includes an expansive pool which extends the tower's shape to appear continuing under the surface like an iceberg while providing a cool micro climate for the plaza. Several courtyards penetrate the water surface to provide natural lighting to several functions located underground.

A generous pedestrian ramp leads from the entrance lobby down to level B1 where it opens to a wide atrium that is extending outside of the building through a corresponding courtyard.

Creating an underground lobby linking the large canteen and the annex building to the main circulation, this space is accessible for the staff of Guangfa Securities as well as for VIPs who are offered dedicated parking possibilities on this level. The undergrounds total of five levels provide around 850 car parking spaces which are efficiently organized employing a sophisticated circulation system featuring two ramps integrated into the plot's landscape.

The highest international design standards, environmental responsiveness, respectful urban design, highly efficient floor plates, and memorable public amenity spaces will distinguish this tower from others. A headquarters building which seamlessly links exterior expression with interior environmental quality, to create a transformational urban landmark and source of pride for the city and the building's audience.

The Guangfa Securities Headquarter Tower is currently going through the process of design development approval while preparatory site work is already taking place.

Guangfa Securities Tower
Location: Guangzhou, China
Customer: Guangfa Securities
Architecture: Jaeger and Partner Architects
Purpose: Office
Height: 380 m
Number of floors: 60
Total area: 158,263 sq. m ■

WINNERS
Innovations Blend
(p. 78)
MATERIALS PROVIDED BY CTBUH

Four Skyscrapers named Regional "Best Tall Buildings" for 2012 by the Council on Tall Buildings and Urban Habitat.

Best Tall Building "Worldwide" will

be announced at October Awards Ceremony. The competition organizers and award jury members noted the high activity of skyscrapers construction around the world: in the prosperous pre-crisis 2005, were commissioned only 32 towers, in 2011 - 88, and this year are scheduled for completion 96 high-rises. First place in the number of tall buildings takes Asia, followed by the Middle East.

The best building in the **Asia & Australasia** region for the first time in the history of the competition became Australian skyscraper of **1 Bligh Street** in Sydney, designed by German architect Christoph Ingenhoven.

A difficult site in Sydney's central business district was transformed by the elliptical tower, which offers tenants several ground-breaking technological advances. The centerpiece is Australia's tallest naturally ventilated skylit atrium, trimmed in glass and aluminum, which soars the full height of the building. Other innovations include a double-skin, naturally-ventilated glass facade and a hybrid system using gas and solar energy to generate cooling, heating and electricity for the building.

"The dramatic, naturally-ventilated central atrium connects the office workers with nature at the inner depths of the plan, giving a sense of openness for the entire building. The series of communal spaces throughout the building, and especially the fantastic rooftop garden, add greatly to the quality of life for the tenants." - said Werner Sobek, award juror, founder Werner Sobek Group.

The best building of **Africa & Middle East** has become the **Doha Tower** skyscraper designed by Jean Nouvel and built in the capital of Qatar. The distinctive cylindrical form is elegant and efficient, creating a distinctive new landmark for the fast-growing Qatar capital. The facade is constructed of multi-layered patterns invoking ancient Islamic screens designed to shade buildings from the sun. Similar in concept to Mr. Nouvel's Torre Agbar office building in Barcelona, the Doha tower is the first tall building to use a reinforced concrete diaphragm columns in a cross shape. There is no central core, maximizing the interior space available for tenants.

"The skin of the building is a beautiful expression of the local culture, connecting this very modern tower with ancient Islamic designs. It also provides a fantastic pattern of light within the building, while efficiently dampening the impacts of the sun's rays." - commented Richard Cook, awards committee chairman and founding partner of Cook + Fox Architects.

Palazzo Lombardia, the first CTBUH award winner from Italy, turns a government office complex into a new public space for Milan. The project, anchored by a 160-meter-tall tower, offers a variety of open spaces and passageways, linking the project to the nearby Pirelli Tower.

Sustainability measures include green roofs and active climate walls

with vertical blades that rotate to provide shade. The central piazza is covered by curved glass roof, recalling Milan's famous Galleria.

Jury comment: "In a city known for history and fashion, the tower is perfectly attuned to the urban environment. More than simply a tower, the project creates a cohesive blend of parks and commercial space, with an appropriately local flair," - said Antony Wood, CTBUH, executive director.

Dubbed the "Marilyn Monroe" building, due to its sexy curves, **Absolute Towers - Americas** the Best Tall buildings has added a new landmark to the skyline of Mississauga, the fast-growing suburb of Toronto. The MAD architects sought to add to something "naturalistic, delicate and human in contrast to the backdrop of listless, boxy buildings." the design features smooth, unbroken balconies that wrap each floor of the building. The torsional form of the towers is underpinned with a surprisingly simple and inexpensive structural solution.

"There have been several curvaceous towers completed in recent years - some using balconies to achieve the free-form edge, and others using the whole facade. With Absolute we see the entire building twisting to achieve the organic form, creating a beautiful new landmark for a developing urban area." - comment David Scott, head of structural engineering, Laing O'Rourke.

The first time CTBUH has introduced the prize for innovations: it was given to the **Al Bahar** twin towers, the office complex designed by Aedas for Abu Dhabi. The jury appreciated the tower's innovative dynamic facade opens and closes in response to the movement of the sun, reducing solar gain by more than 50 percent, creating a more comfortable internal environment for occupants and producing a distinctive external aesthetic which helps to define the building as a gateway to the UAE capital. The facade was conceived as a contemporary interpretation of the traditional Islamic "mashrabiya"; a popular form of wooden lattice screen found in vernacular Islamic architecture and used as a device for achieving privacy while reducing glare and solar gain. Jury comment: "The dynamic facade on Al Bahar, computer-controlled to respond to optimal solar and light conditions, has never been achieved on this scale before. In addition, the expression of this outer skin seems to firmly root the building in its cultural context." - Chris Wilkinson, principal and founder of Wilkinson Eyre Architects.

There were also given personal rewards. **Helmut Jahn** won Lynn S. Beedle Lifetime Achievement Award. Never predictable, never simplistic, Helmut has developed a complex portfolio of iconic buildings around the world. Standout projects include the Sony Center in Berlin, Xerox Center in Chicago, Liberty Place in Philadelphia and the new MGMVeer Tower in Las Vegas. Once defined as

a modernist, he broke away from rigid labels to create his own blends of efficient structures, paving the way for a new era of sustainable buildings.

"Helmut has created a fantastic legacy of tall buildings that spans the globe. His reputation is as buoyant in Europe and Asia as it is in his hometown of Chicago, based on his long-standing commitment to excellence and embracing environmental themes," - commented Timothy Johnson, chairman of the CTBUH and design partner with NBBJ.

Fazlur R. Khan Lifetime Achievement Medal was rewarded to **Charles Thornton** and **Richard Tomasetti**.

The long-standing partnership between Charles Thornton and Richard Tomasetti has provided the backbone for many of the most dramatic and innovative tall buildings around the world. Their legacy includes Taipei 101 in Taiwan, Petronas Twin Towers in Malaysia, the World Financial Center in New York City, Plaza 66 in Shanghai, China and Pittsburgh's Mellon Bank building.

Equally as important, they have tirelessly given back to the community as educators and lecturers, helping to train the next generation of structural engineers.

"Charlie and Richard are one of the industry's enduring great partnerships in structural engineering, reminding us that no building is about one single person. By presenting this award to two people for the first time, the Council acknowledges the importance of the collaboration between two leaders who have helped build some of the world's most important structures." - William Baker, structural engineering partner at Skidmore, Owings & Merrill, member of CTBUH Board of Trustees

1 Bligh Street

Location: Sydney, Australia
Owner: DEXUS Property Group; Cbus Property
Architecture: ingenhoven architects; Architectus
Completed: July 2011
Height: 135 m
Number of floors: 28
Purpose: Office
Structures: Enstruct Group
Communications Engineering: Arup Sydney

Doha Tower

Location: Doha, Qatar
Owner: H.E. Sheikh Saoud bin Mohamed bin Ali al-Thani
Architecture: Ateliers Jean Nouvel
Commissioning: March 2012
Height: 238 m
Number of floors: 46
Purpose: The Office
Structures: Terrell International
Engineering communications: Terrell International

Palazzo Lombardia

Location: Milan, Italy
Owner: Regione Lombardia
Architecture: Pei Cobb Freed & Partners
Associated architects: Paolo Caputo Partnership; Sistema Duemila

Architettura e Ingegneria srl

Completed: March 2011
Height: 161 m
Number of floors: 40
Purpose: The government
Structures: Thornton Tomasetti
Communications Engineering: Arup

Absolute Towers

Location: Mississauga, Canada
Owner: Fernbrook and Cityzen
Architecture: MAD architects
Associated architect: Burka Architects
Commissioning: August 2012
Height: Tower 1 - 179.5 m; Tower 2 - 158 m
Floors: Tower 1 - 56 fl., Tower 2 - 50 fl.
Purpose: Residential
Structures: Sigmund Soudack
Engineering communications: Stantec

Al Bahar Towers

Location: Abu Dhabi, UAE
Owner: Abu Dhabi Investment Council
Architecture: Aedas Architects Ltd
Commissioning: June 2012
Height: 145 m
Number of floors: 29
Purpose: The Office
Associated Architects: Diar Consult
Structures: Arup
Communications Engineering: Arup ■

EXPERIENCE

Transparent on Translucent

(p. 82)

TEXT BY VIKTOR RAZUVAEV, MANAGER OF PRODUCTION AND DESIGN DEPARTMENT "ALUTERRA SK" LTD.

For many years engineers of the production and design department "Aluterra SK" Ltd. have accumulated an experience aimed at solving tasks related to the architectural and building design of facades as complex engineering systems functioning as envelope of buildings on the high modern level.

Traditionally the company "Aluterra SK" gives a lot of attention to the quality of goods produced and it presupposes technology, safety and legal validity of accepted design decisions. Our specialists are continuously looking for the most optimal decisions for different engineering tasks in the field of modern facade design.

One of the most important tasks in the translucent facade design is to choose a glass thickness for translucent structure. In the article we share our experience of solving engineering tasks which aren't enough structured from our point of view.

Let's examine several approaches in

the context of the existing normative base of RF and EU. A special attention we will give to methods of selection a required thickness for glasses in glass packet.

DESIGN BENDING RESISTANCE FOR GLASS

There is a selection of information about the resistance of nontoughened and tempered glasses from the normative documentation.

Nontoughened glass - GOST 111-2001 "Sheet glass" [4]. Appendix 5 (reference). Bending resistance of glass - 15 MPa.

Tempered glass - GOST 30698-2000 "Building tempered glass" [5], "art.4.1.10. Reference values for glass design resistance to tension under bending: sheet glass - 120 MPa, figured glass - 90 MPa".

SN 481-75 "Instructions for design, assembly and operation of glass packet" [2] offers to use as a recommended design resistance to bending for tempered glass a value of 250 kg/cm², for nontoughened glass - 150 kg/cm².

The European standard EN 13474 [6] offers to calculate a design resistance to bending (f_{gd}) taking into account a basic strength of glass (depending on chemical composition of row glass, its type of prestress, etc.) by the following way:

$$\text{For float-glass - } f_{gd} = k_{mod} \frac{f_{gk}}{\gamma_m k_A} \gamma_n, \quad (1.1)$$

$$\text{For prestressed glass - } f_{gd} = \left(\frac{f_{tk} - f_{tk}}{\gamma_v} + k_{mod} \frac{f_{gk}}{\gamma_m k_A} \right) \gamma_n;$$

where:
 f_{gk} - basic bending strength of float-glass - 45 MPa;

f_{tk} - for tempered glass - 120MPa, for enameled thermally tempered glass - 75 MPa, for enameled thermally hardened glass - 45 MPa;

K_A - dimension factor $K_A = A^{0.4}$, where A - area of glass;

K_{mod} - a factor depending on duration of a load applied for element under calculation, (0.27 - for permanent load, 0.36 - for snow load, 0.72 - for wind load);

γ_m - material safety factor for nontoughened float glass - 1.8;

γ_v - material safety factor for tempered glass - 2.3;

γ_n - safety factor for EU countries.

Load distribution between glasses in glass packet

The production and design department "Aluterra SK" Ltd. formulated the following recommendations for assignment of design tension resistance under bending:

when momentary loads on nontoughened glass are applied, a value of 15 MPa [4] for the design bending resistance is to be taken;

when any loads on tempered glass are applied, a value of 25 MPa [2] for the design bending resistance is to be taken;

when dead loads on nontoughened glass with area up to 4 m² are applied, a value of 6.4 MPa [7] for the design bending resistance is to be taken. (See also the formula 1);

when durable loads on nontoughened glass with an area up to 4 m² are applied, a value of 8.5 MPa [7] for the design bending resistance is to be taken (see also the formula 1).

It should be noted that it is possible to apply a value of design bending resistance recommended and certified for special types of operation by laboratory on the base of tests of a purchased lot of glass.

PECULIARITIES OF CALCULATION FOR MULTILAYER GLASS (TRIPLEX)

The European standard EN 13474 [7] combines a calculation of multilayer glass with calculation of design thickness, i.e. value of thickness of solid glass when a bending or maximum stress, other conditions being equal, are equivalent to a multilayer glass under calculation.

A factor of duration of applied loads is most important when a design bending resistance for multilayer glass is determined.

When there are permanent or temporal sustained loads, a factor of collaboration of layers in multilayer glass vanishes, under temporary short load (wind) a factor of collaboration of layers of safe multilayer glass achieves 1.

Thereby, when temporary short loads (wind) are applied we offer to determine a design thickness of safe laminated glass for calculating bending and maximum stresses as a sum of thicknesses of all layers of glass.

For temporary long-term and permanent loads we offer to determine a design thickness for calculating bending as:

$$h_{ef, \omega} = \sqrt{\sum_i h_i^2} \cdot (2)$$

For temporary long-term and permanent loads we offer to determine a design thickness for calculating maximum stresses as:

$$h_{ef, \sigma, j} = \sqrt{\sum_i \frac{h_i^3}{h_j}} \cdot (3)$$

where
 $h_{ef, \omega}$ - design thickness of laminated glass for calculating bending

$h_{ef, \sigma, j}$ - design thickness of laminated glass for calculating stress in j-glass (to calculate a stress, it is necessary to take a value of the thickest glass);

h_i - thickness of i-layer of laminated glass;

h_j - thickness of j-layer of laminated glass.

Loads on glass in glass packet Load distribution between glasses in glass packet

The instruction for design, assembly and operation of glass packets SN 481-75 [3] permits to take into consideration a collaboration of glasses in glass packet. In correspondence with the article 3.7 [3], a design load on glass q_p is calculated by the formula:

$$q_p = g + (q + p)n + q_i + q_m, \quad (4)$$

where
 g - design load from own weight of glass (for clerestory);

q - design wind load;

p - design snow load (for clerestory);

q_i - design load from air temperature changes determined in accordance with instructions of the art.3.9 [3];

q_m - design load from barometric pressure changes determined in accordance with instructions of the art.3.10 [3];

n - factor assumed as 0.55 for two-layer glass packet, 0.36 for three-layer glass packet with glasses of equal thickness.

Thereby, in accordance with SN 481-75 [3], loads on exterior and interior glasses in single glass packet are distributed in the following proportions: 55% of external stress on glass packet is for exterior glass and 45% - on the interior. In two-chamber glass packet the exterior glass has 36% of outside load. (Attention: the load distribution is correct just for similar glasses in glass packet!)

A method to state loads on separate glasses in glass packet offered by the instruction of SN 481-75 permits to take into consideration a collaboration of glasses in glass packet.

In the European standard EN 13474 [7] a calculation of required thickness for glasses in glass packet is also based on keeping glass collaboration in glass packet.

The European standard EN 13474 [7] doesn't permit to make calculations for two-chamber glass packet but gives an opportunity to carry out a static calculation for glasses of several thickness in single-chamber glass packet and single facade glass in translucent structure too.

Description of mathematical model accepted by EN 13474 [7]

A distribution of external load on exterior and interior glasses is calculated in dependence on a stiffness factor of exterior and interior glasses d1 and d2 and an air space factor f too:

$$\delta_1 = \frac{h1^3}{h1^3 + h2^3}, \quad (5)$$

$$\delta_2 = \frac{h2^3}{h1^3 + h2^3}, \quad (6)$$

where
h1 - thickness of exterior glass;
h2 - thickness of interior glass;
d1 - unit stiffness of exterior glass;
d2 - unit stiffness of interior glass;
An air space factor f is calculated too:

$$\phi = \frac{1}{1 + \left(\frac{a}{a}\right)^4}, \quad (7)$$

where
a - the smallest dimension of glass packet;

$$a = 28.9 \cdot \left[\frac{s \cdot h1^3 \cdot h2^3}{(h1^3 + h2^3) \cdot k5} \right]^{0.25}, \quad (8)$$

s - dimension of glass packet frame [mm],
k5 - factor of glass packet shape.

TABLE FOR CALCULATION OF SHAPE FACTOR K5

Ratio of sides "smaller side"/ "bigger side"/	k5* (linear theory)
1	0.019
0.9	0.024
0.8	0.029
0.7	0.035
0.6	0.042
0.5	0.050
0.4	0.059
0.3	0.068
0.2	0.077
0.1	0.086
0	0.095

* - valid for small deflections

In correspondence with EN 13474 [7], when momentary load is loaded to the vertical glass packet from exterior part of the glass, loads on exterior and interior glasses are distributed in the following way:

load on exterior glass F_{ext} when an external load is applied:

$$F_{ext} - F_{outs} = (\delta_1 + \delta_2 \phi) \times F_{ext}, \quad (9)$$

load on interior glass F_{int} when external load is applied:

$$F_{ext} - F_{int} = (1 - \phi) \delta_2 \times F_{ext}, \quad (10)$$

The method permits to find values of maximum stresses and deflections for interior and exterior glasses. And it gives an opportunity to predict a value of deflection for separate glasses of glass packet, and quite often it is important aesthetic parameter (absence of lenses) controlled by customer.

LOADS ACTING ON GLASS PACKET (WIND, SNOW, CLIMATIC AND HIGH-RISE)

SNIP 2.01.07-85* "Loads and impacts". Updated version. [0] gives answers for an issue of determination of normative and design wind and snow loads on glass packets. In correspondence with this normative document it is required to take into account an impact of peak loads in compliance with the section 11.2 [2].

Climatic and high-rise loads

A climatic load is a load which appears inside the glass packet due to a difference of air temperature and meteorological pressure between a place of production and place of application.

A high-rise load is a load which appears due to difference of barometric pressures.

SN 481-75 [3] calculates a climatic load q_l and high-rise load q_{am} with nomograms in dependence on glass packet area, ratio of sides, thickness of glasses, air temperature and barometric pressure difference.

European norms EN 13474 [7] calculates climatic and high-rise loads acting on glasses in glass packet by the formula:

$$F_{d1} = \phi \times (p_{H0} + 0.9p_{c0}), \quad (11)$$

where
 p_{H0} and p_{c0} are accepted in accordance with the recommended table 1 for different climatic conditions.

f - see the formula 7.

Table 1

Conditions	Pressure [kN/m ²]		
	Climatic load (p _{co}) [kN/m ²]	High-rise load (p _{co}) [kN/m ²]	
		For application at a height up to 400 m	For application at a height up to 700 m
Summer	+12	+3.6	+8.4
Winter	-15	-3.6	-8.4

DESCRIPTION OF MAIN METHODS OF CALCULATION FOR GLASS (GLASS PACKET) BY THE FIRST AND SECOND GROUPS OF LIMITING STATES
Calculation of thickness of glass in glass packet in accordance with European norms EN 13474 [7]

The method permits to make calculations for glass packets with different thickness of exterior and interior glasses supported along a contour and calculations for glass packets supported along two and three sides.

The calculation takes into account all loads acting on glass packet.

The calculation determines maximum stresses and deflections of glasses in glass packet from joint impact of climatic, high-rise, wind and snow loads.

The method permits to calculate a thickness of multilayer and solid glasses too.

A disadvantage is an impossibility to calculate two-chamber glass packet.

Calculation of thickness of glass in glass packet in accordance with SN 481-75 "Instruction for design, assembly and operation of glass packets" [3]

The instruction permits to calculate single-chamber and two-chamber glass packets with equal thickness of glasses.

The calculation determines maximum stresses and deflections of glasses in glass packet from joint impact of climatic, high-rise, wind and snow loads.

A disadvantage is a low accuracy of obtained results.

CALCULATION OF SOLID GLASS Timoshenko's formula [8]

The Timoshenko's formula is recommended for calculation of glass roofs and glass plates supported along a contour. It is assumed that the glass plate doesn't have any horizontal displacements.

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot 2.6 \cdot q}{\sigma_s}}, \quad (12)$$

where
 t – thickness of glass plate [mm];
 σ_s – allowable design stress [kN/m²];
 q – load on plate [kN/m²];
 2.6 – factor taking into account a long-term load which is applied only for glass plates;
 b – a shorter side [m];
 β – factor taking into consideration a shape of material (see the table 1).

TABLE FOR DETERMINING THE FACTOR β

Ratio of sides a/b	β when $u = 0.25$
1	0.28
1.1	0.33
1.2	0.37
1.3	0.41
1.4	0.45
1.5	0.48
1.6	0.51
1.7	0.54
1.8	0.56
1.9	0.59
2	0.61
3	0.71
4	0.74
5	0.75

Simplified Vigen's formula [8]
 Sometimes a simplified Vigen's formula is applied for determination of a thickness of glass plate of roof:

$$t_p = \sqrt[3]{\frac{0.75b^2 \cdot q}{\sigma_s \left[1 + 1.6 \left(\frac{b}{a} \right)^3 \right]}}, \quad (13)$$

where
 q – wind pressure [kN/m²];
 b – a longer side [m];
 a – a shorter side [m].

Markus' formula [8]

It is a method of calculation of thickness of glass plate in vertical window a deflection from the vertical line of which doesn't exceed 10ε and a deflection of upper end from the vertical surface coming through the bottom isn't more than 300 mm.

$$t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot p \cdot \left(1 - \frac{5}{6} \frac{r^2}{1+r^4} \right) r \cdot (1-v \cdot r^2)}{4 \cdot \sigma_s \left(1 + \frac{5}{6} \frac{r^2}{1+r^4} \right) \cdot (1+r^4)}}, \quad (14)$$

where
 r = b/a;
 p – total wind load on glass plate q × a × b [kN];
 v – Poisson's ratio (for glass 0.25);
 σ_s – allowable design stress [kN/m²];
 * – by materials of the magazine «Glassbuilder», issued in 1997.

For general cases our specialists apply the mathematical model offered by the European norm EN 13474 [7] with external loads and values of design physic and mechanical characteristics of glass in accordance with norms of RF.

We believe that in some cases for preliminary calculation including two-chamber glass packets it is possible to apply loads calculated by SN 481-75 (only for equal glasses in glass packet).

Our company calculates single glasses applying the mathematical model offered by the European norm EN 13474 [7] with external loads and values of design physic and mechanical characteristics of glass in accordance with norms of RF.

Also from our point of view, it is possible to apply Timoshenko's formula to find a required thickness of glass by criteria of necessary strength of vertically placed single glasses supported along a contour.

We apologize to our readers that due to natural limits for volume of printed material information in the article is stated by theses and we don't touch upon very interesting topic of calculation of glass plates with application of numerical methods. We will be glad to continue a dialog with all who take an interest in solving very interesting engineering tasks.

Literature:

- MDS 56-1.2000 "Recommendations for choosing and assembling modern window constructions"/Moscow; 2000.
- SNiP 2.01.07-85* "Loads and impacts"/Moscow; 2000.
- SN 481-75 "Instruction for design, assembly and operation of glass packets".
- GOST 24866-99 "Glued glass packets for building purpose"

- GOST 111-2000 "Sheet Glass"
- GOST 30698-2000 "Building tempered glass"
- EN 13474 European standard Glass in building – Design of glass panes.
- Magazine «Glassbuilder», issued in 1997.

UNDERWAY
Dip Angle of Capital Gate

(p.86)
TEXT BY DR. PEYMAN ASKARI NEJAD, PRINCIPAL AND DIRECTOR OF STRUCTURAL ENGINEERING TED JACOB ENGINEERING GROUP, USA, JEFF SCHOFIELD, ARCHITECT ROBERT MATHEW JOHNSON MARSHALL, DUBAI, UAE

DESIGN CONCEPT OF THE BUILDING
 Throughout history, iconic architecture and exhibitions have had a strong link. Many years ago, iconic structures such as Paris' Eiffel Tower were built as visual symbols of exhibitions. In 2005, ADNEC (Abu Dhabi National Exhibitions Company) began to build a new state-of-the-art exhibition centre which would be the largest in the Gulf region, and provide world class facilities for live events to flourish in Abu Dhabi. It was strongly felt that the entire development required a signature tower; a cutting-edge structure that was a marvel of futuristic design, aesthetic splendour and technical excellence that would celebrate human achievement and reflect the dynamism of Abu Dhabi.

The tower's curvaceous shape draws strongly on the sea and desert - two elements that have great resonance in Abu Dhabi. The building's form is meant to represent a swirling, spiral of sand, while the curved canopy, known as the 'splash', is like a wave rolling over the adjoining grandstand and rising up on one side of the tower, reinforcing the site's proximity to the water and the city's sea faring heritage.

By integrating with the National Day grandstand – one of Abu Dhabi's most historic structures – Capital Gate underscores the bond between the tradition and modernity that is characteristic of Abu Dhabi's developmental approach.

SITE PLANNING

Capital Gate was designed as a leaning tower in response to the Client's ambition to provide an iconic landmark for the entire development. Therefore, the tower contrasts with the low horizontality of the Exhibition Halls to which it is connected, while its organic leaning form stands proud of the high-rise developments growing up all around it. Capital Gate takes full advantage of its shoreline site to maximize its urban impact as a dominant feature visible from all over Abu Dhabi.

ADNEC_AFFECTION PLAN BASE

Capital Gate forms the focal point of ADNEC's exhibition halls and Capital

Centre master development, comprising 23 towers including branded hotels, commercial buildings, residential and serviced apartment complexes and developments for mixed use. These facilities are built overlooking an urban highway along the south-western shore of Abu Dhabi peninsula, which will be developed with marinas, sports facilities, and other urban amenities. Capital Gate dominates this site from its position at the Western edge of the complex, adjacent to the exhibition halls and grandstand of which it is a part.

The tower stands out on the skyline because it is slightly removed from ADNEC's high-rise development on the Eastern side of the site. Due to this, views out from Capital Gate are extensive in all directions. The preferred views are out to sea and all along the coastline. Views towards the city are becoming more impressive as Abu Dhabi grows up around it. Capital Gate cuts the most striking profile against this emerging skyline.

ARCHITECTURAL EXPRESSION

The daring form of Capital Gate is due not only to its lean, but also to its funnel shape; it widens as it spirals upwards and outwards. This gesture creates the dramatic sculptural form which is expressed architecturally in a variety of ways. The facade glazing emphasizes the organic form with diagonals spiraling up along the structural diagrid. This weaving pattern is further broken down with individual panes of glass in a complex mesh wrapping the entire building. The sheer skin is interrupted only by two entrances on the ground floor, the footbridge to the car park, and the terraces at the top of the "splash".

The potentially monumental scale of Capital Gate is tempered by the "splash" sun shading on the South facade. This metal mesh screen at the lower half of the tower adds complexity to the overall form as it highlights the different uses of the tower; offices in the lower half, and hotel in the upper half.

Architecture is about space making, and every effort is made to express the drama of Capital Gate in its interior spaces. The hotel arrival is at the top of the splash, on the 18th floor, where visitors discover a panoramic view of Abu Dhabi. The lobby lounge is a double-height space cantilevered out beyond the tower diagrid, providing a dramatic arrival worthy of this spectacular building. The dining hall on this floor is also a dramatic double-height space positioned where the tower form leans out at the steepest angle.

Due to Capital Gate's funnel shape, the upper half of the tower widens to create an atrium at the hotel guest room floors. This space is perhaps the most surprising discovery the visitor makes inside the building. The atrium is funnel shaped and is a space carved out of the solid form around it, spiraling and leaning along with the tower. It too is expressed with a diagrid structure describing its organic

shape. While vertical in proportion, the atrium is rather intimate in scale. Light filters down from the large skylight roof above to create a serene environment.

AREAS OF INNOVATION WITHIN THE PROJECT

- 18 degree westward lean, Guinness record for 'world's furthest leaning manmade tower'.
- First building in the world to use a pre-cambered core with a built-in lean of 350 mm that has been engineered to straighten with the addition of the upper floors
- First building in the world to use vertical post-tensioning of the core to counter movement and support stresses created by the building's overhang
- Some of the foundation piles are in tension; all 490 piles were initially in compression during construction to support the lower floors of the building and to counteract the stresses caused by the overhanging floors, those on the underhanging side of the tower are now in tension.
- Capital Gate is one of few buildings in the world to use a diagrid structure, and the only one that features two diagrid systems; an external diagrid defining the tower's shape, and an internal diagrid defining an atrium in the upper half of the tower.

STRUCTURE; THE TOWER CONCEPT

The Tower is a mixed use iconic tower development of offices, five star hotel suites and retail shopping. The tower consist of: 34 storeys with an overall height of 160m above grade and 1 basement level 5.2 m below grade. A 4m floor to floor level is maintained throughout the tower, except at ground level (+8.0), mezzanine level (+16.0), plant level 1 (+24.0) and plant level 17 (+84.0) which are 8m floor to floor heights. The floor to floor height is kept constant throughout the height of the tower which results in a consistent vertical arrangement of the external structural diagrid.

As the floor plates rises up the tower it grows and distorts towards the west. To accommodate the unique exterior (organic) shape, cross braced frames that extends two (2) storeys for the full height of the tower has been proposed and implemented. This framing system is termed a structural external diagrid. The external diagrid provides lateral stability (~30%) and act as the perimeter load bearing elements for the floor structures.

The main lateral stability element (~70%) is the central oval concrete core that extends vertically the full height of the tower. The core encloses the elevator lifts, staircases and service rises. The tower sits on a one story basement concrete structure which serves as the podium. The central core is anchored at the basement, while the anchorages for the external diagrid are set at ground floor level on a concrete column – ring beam system. Between the core and the exterior diagrid, two rows of steel columns rise up to the mid-

tower levels. Since the floors follow the diagrid as it shifts from its longitudinal axis, the outer row of columns stop at the 13th Level, and the inner row of columns stop at the 17th Level. The internal diagrid starts at the 18th Level to rise all the way to the roof, to form the atrium for the hotel floors.

The public entrance atrium is topped by a light weight metal woven mesh panel enclosure that starts at a junction with the grandstand and rises up the side of the tower to the pool deck at the 19th Level.

This enclosure provides the shading to the south facade of the tower, and is herein given the name 'Splash'. The metal mesh panels are framed to a light steel assembly which is in turn attached to the tower at selected floor levels using a steel brace system. A terrace with pool deck projects out of the diagrid at the 19th floor at the south side. This terrace floor is supported on a system of deep steel trusses and struts to the next lower two floors. An exterior steel truss that is part of the truss-strut system supports the pool and the top of the 'Splash'.

Capital Gate's basic structure is a vertical concrete core surrounded by a steel diagrid describing the external form of the tower. Steel beams span between the two, supporting composite metal deck and concrete floor slabs. Up above, the atrium is formed with an internal steel diagrid attached to the core. Steel girders span directly between the external and internal diagrids, creating column-free floor spaces with typical spans about 12 meters in length.

The external diagrid is composed of hollow square sections 600 x 600 mm on a side. They carry floors 4 meters high. Each diagrid member is a different length depending on the angle at which it leans. The external diagrid members are made from welded steel plates, 80 mm thick at the bottom floors, and progressively lightening to 40 mm at the top floors. The internal diagrid around the atrium is made of round steel profiles 400 mm in diameter, also hollow.

The diagrid connections are nodes located at the floors slab levels where girders frame in. The external diagrid nodes are designed for the facade panels to frame in on the outside, too. These connection details were studied extensively to optimize buildability as well as structural integrity.

Main structural steel work consumed more than 13,000 tons of material in addition to the metal decking. Steel skeleton consists of 702 nodes of external diagrids with an addition of 5 nodes of external dummy diagrids at level 18-18M-19 and 120 internal diagrid nodes at the intersection of the members. At the intersecting nodal points, the hollow members have met with offsets in two axes and floor beam met at the third axes along their surfaces. As none of the panels is coplanar to another, each node is unique and formed with heavy thick cruciform punch through the plates. In order to minimise the member offsets

at the nodal points, diagrid members have been oriented by the 'bisection of bisecting planes' method.

The concrete core occupies the only vertical space available in the tower profile. It has high reinforcement levels, especially at the steel framing connections. The core has two innovative features;

- pre-cambered core; during construction it was poured slightly off vertical, so when the tower floors were framed in to the opposite side, the added load straightened the tower.

- post-tensioned core; vertical cables in the core are tensioned to counteract the lean. These cables are installed in vertical segments that overlap each other every 7 floors. Strung together, they span the entire height of the core to maintain it in a perfectly vertical position.

This is not the same as wind bracing. Abu Dhabi has light winds, which Capital Gate counteracts through a combination of;

- dense network of core walls
- outriggers at the 17th floor mechanical level connecting the core to the external diagrid

The tower's round form and diagrid structure provide inherent resistance to torsion. At the ground floor, a massive concrete ring beam transfers the thrust of the diagrid into the foundations. It is noteworthy that Abu Dhabi is in a low seismic hazard zone, and the appropriate factors of safety and stiffness were applied for structural integrity.

The sun shading is a lightweight metal mesh hung from the terraces at the 18th and 19th floors. In turn, the terraces are cantilevered out 12 meters from the tower. They are braced back to the external diagrid with steel profiles reaching diagonally down to the plant floor level below. At this same mechanical level, on the opposite side of the tower, the atrium internal diagrid framing is transferred to the core with steel profiles placed diagonally in section. Indeed, the plant floor at mid-height ties together all the primary structural elements of the tower.

TOWER FLOOR SYSTEM

The floor framing system consists of 90mm concrete (110mm at plant floors) on 80mm composite metal deck (CNT=0.91mm minimum), spanning between secondary composite steel beams, supported on primary steel beams. The primary steel beams connect directly to the nodes of the external diagrid, span across the floor and connect to the central concrete core or the internal steel diagrid. In some cases the primary beams are composite steel beams to enhance the floor vibration and acceleration.

ADVANTAGES:

- Rapid construction.
- Can use castellated beams in place of normal steel beam (with strategic openings) so that services can pass through the openings, resulting in a reduced floor to floor height or increased clear ceiling height.

- Maximum clear ceiling height = 2900 mm

DISADVANTAGES:

- Potential high cost associated with castellated steel beams.
- Voids in (castellated) beams will govern MEP services routing and sizing.

The vibration characteristics of the floor system for the different types of occupancies (retail, offices, gym and hotel) have been investigated and stiffness's of the floor members were adjusted to limit the frequencies to at least 4.9hz and above for the available damping mass that is present in the system.

The following figures represent the floor framing structural system proposed for the tower.

TOWER CONSTRUCTION

BIM control of the structure in every stage of the project, modeling the complex diagrid members of the Capital Gate tower was managed well with the features of Tekla Structures. The attributes in the software helped to smoothen the construction of the structure. For the design part, the members were oriented with minimal offset by adopting the method of 'bisection of bisecting planes'. These offset values were taken from the Tekla 3D model and used in the design of cruciform nodes. The lengths of the welds included in the model were used to do the weld design of the cruciform nodes. Beams connected to the nodes were moved in the model to avoid member clashing, which could result in eccentric connections.

The eccentricity was measured from the model and used in the connection design. The actual cut-to-length measures of the members were taken from the preliminary model developed at the initial stage of the project to procure the material. This helped in reducing material wastage. The quantities for bolts, shear studs and paint were obtained from Tekla Structures reports. The assembly lists derived from the Tekla model were converted into worksheets, and other departmental activities, such as fabrication, painting and erection, were planned and monitored using these worksheets.

FASTER, MORE ACCURET FABRICATION

NC files exported from Tekla Structures facilitated faster and more accurate fabrication. For the fabrication of diagrid members, temporary jigs were made with the help of coordinates of individual assemblies that were taken from the model. Fit up of the individual parts of the nodes was done with the 3D coordinates taken from the model. Location of centre of gravity and weight of individual assembly were taken from the reports. These were used to work out the lifting method statement and in the design of erection engineering.

A bolt report based on the assembly marks helped the rigging team to have control over bolt usage. The global 3D coordinates taken from the

Tekla model were utilised for erecting the diagrid assemblies at their exact position. After this, the Tekla model was passed on to the cladding team to work out the design of the cladding system. The model was used to coordinate with the architectural profile model to nullify interface issues. Thus the model generated in Tekla Structures played a vital role also in completing the works in a safe and faster way.

TOWER EXTERNAL DIAGRID

The external diagrid frame members are (Rectangular Hollow Sections) RHS 600 x 400 with various thicknesses (16mm – 40 mm). The use of rectangular shaped sections rather than circular sections is to provide a flat surface for the facade glazing mullions to attach and to express the strip effect to the external facade.

The connection ('node') detail consist of crucifix plates welded to the intersecting cross bracing members and bolted to the external tie beam (HRS 250 x 600).

Each 'node' point is suggested to include two (2) frame members that extend floor to floor, creating an 'A' shape piece that can be fabricated off-site and erected into position and welded (or bolted) on site to the other installed 'node' assemblies.

It should be noted that each 'node' assembly will have different end angles due to geometry and the dead (construction) load deflection of the structure.

The following figures illustrate the 'node' connection detail for the external diagrid.

TOWER INTERNAL DIAGRID

The internal diagrid starts at the 18th floor and rise all the way to the roof, to form the atrium for the hotel floors. The internal diagrid is supported on deep concrete beams that projects from the central concrete core from L17 to L18.

The internal diagrid frame members are (Circular Hollow Sections) CHS 500 diameter with various thicknesses (16mm – 32 mm). The uses of circular sections rather than rectangular sections have been proposed to provide a better visual perspective within the hotel atrium. The connection ('node') details are similar to the external diagrid 'node'.

GRANDSTAND CANOPY

The canopy is a light weight perforated metal panel covering that integrates with the 'Splash' of the tower to simulate a continuous surface rising up / or flowing down from the tower and extending laterally outward to cover the existing grandstand. An expansion joint at the left end of the canopy serves as the junction with the 'Splash'. The canopy is about 240 meters long and will contain expansion joints at the same lines as the expansion joints of the existing grandstand structure.

CANOPY FRAMING SYSTEM

The framing system for the canopy are

open-web steel trusses spaced 6m on centers, supported on inclined struts that connect to the truss within its middle third approximately making cantilevers out of the outer thirds of the truss. The struts are anchored to the upper level of the existing structure.

FACADES

Capital Gate's cladding consists of two distinct elements:

- Curtain wall glazing system
- Metal mesh sun shading systems.

Both were installed by the same manufacturer in order to ensure close coordination between these interlocking systems and with the steel diagrid to which they are attached.

The curtain wall consists of diamond shaped panels stacked up floor by floor. Each unit is 2 floors high and one diagrid wide, about 8 x 8 meters on average. They follow the geometry of the structural diagrid, which carries their weight vertically. The panels are braced for wind resistance at the middle floor slab, which carries the horizontal load.

CURTAIN WALL UNITS ARE MADE OF TWO COMPONENTS:

- The steel framing was manufactured in Austria. The frame profile is triangular to take loads in all directions.

- The glass was made in the United Arab Emirates. It is a low-e glass, very transparent, yet provides good thermal insulation and glare reduction.

These components were assembled in Abu Dhabi into panels, which were transported to the site on over-sized flatbed trucks custom-made to accommodate the large units.

The metal mesh sun shading is made of light-weight metal framing with stainless steel wire mesh 90% open. The "splash" is a flexible system designed to follow Capital Gate's curving forms. It is braced back to the tower every 5 floors with round steel profiles. There are cross-bracing rods every floor. The connections for these elements are located at each diagrid node, and go through the curtain wall joints to reach the steel structure. Above the ground floor, as the geometry turns from vertical to horizontal, steel tree structures reach up to hold the splash form in place.

FACADE MAINTENANCE

IS PERFORMED IN VARIOUS WAYS:

- curtain wall elements are repaired and replaced from the inside
- cleaning is from the outside via abseiling
- sun shading elements are lightweight and repaired via abseiling

It is a common technique in the Middle East to use abseiling. Capital Gate has eye-hooks in the curtain wall joints at every node, so the abseilers can hoist themselves up close to the overhanging surfaces. Inside the splash, abseilers manoeuvre between the braces and rods to clean both glass and mesh at the same time.

SUSTAINABLE STRATEGIES EMPLOYED ON THIS PROJECT

Everything about Capital Gate is

designed to advance sustainable aspects of tall buildings, from the site planning to the construction process and the operation of the building. These sustainable elements inform and reinforce the daring shape of the tower, which is more complex than one's first impression.

In terms of urban planning, Capital Gate maximizes the environmental potential of its shoreline site to emphasize solar shading on the South facade, while opening out to ocean views toward the North-West.

The metal sun shading on Capital Gate extending over the existing National Day grandstand is an exemplary sustainable approach to urban preservation. In addition, solar panels are integrated on the roof of the car-park serving Capital Gate, providing shade to these outdoor parking areas while reducing energy requirements for the tower.

Capital Gate's organic shape lends itself to savings in construction materials, resulting in reduced embodied energy and carbon emissions during construction:

- Its rounded form is aerodynamic, presenting less resistance to the wind than a rectangular building, thereby requiring less structure for lateral loads.

- The round facade perimeter encloses space more efficiently than a rectangle, so less facade surface is needed than for a conventional floor plate of identical area.

- The steel diagrids enclose space efficiently, using long spans over 12 meters with no columns.

The result is that fewer materials are required for structure and facades. This is a reduction in concrete, steel and glass, materials which all have high carbon content and embodied energy. In addition, the glass was manufactured locally, further reducing carbon emissions due to diminished transportation.

The design teams integrated a maximum of sustainable aspects into Capital Gate, which will reduce energy consumption throughout the operational lifetime of the building. These include both passive and active systems, as follows:

- Metal mesh sun shading
- Double facade
- High-performance glazing
- Vegetated roof at the ground floor
- Low-flow water fixtures
- District cooling
- Variable speed air conditioning
- Heat exchange for ventilation
- Energy monitoring and controls

Capital Gate's most visible sustainable feature is the "splash" which twists around the building towards the south to shield Capital Gate as much as possible from direct sunlight. The metal mesh eliminates 30% of the sun's heat before it reaches the building, reducing the air conditioning load on these floors.

Also it provides outdoor shade to the main entrance at the ground floor.

The upper half of the tower has a double facade to reduce the solar

heat gain at the hotel levels. This is a modified double facade, which recycles interior air from the guest rooms into the facade cavity. Here it creates an insulating buffer between the hot outside air and the cool inside air. The air is re-used in the room rather than exhausted and replaced with outside air. It is estimated this system will reduce energy consumption by 5-10 % for air conditioning in the hotel floors.

Passive design elements include the landscaping all around Capital Gate, creating a vegetated roof over the basement which encompasses the entire site, significantly increasing the thermal insulation and reducing the need for air conditioning. Native plants are used, which require less irrigation than conventional landscaping. To further reduce potable water use in this desert context, low-flow water fixtures are installed in the public areas and washrooms, including WCs and faucets.

There are a number of active sustainable strategies, including district cooling provided by Abu Dhabi Municipality, a more energy-efficient means of obtaining chilled water than installing chillers on site. The chilled water is distributed by variable speed pumping, which reduces energy use in operating the air conditioning. Heat recovery wheels reduce energy use for ventilation by exchanging hot and cool air during the intake and exhaust process. Energy monitoring and controls in the Building Maintenance System further reduce energy use by implementing efficient operation of lighting, air conditioning and other power-consuming and heat-generating functions.

Project Data

Completion Date: 2011

Height to Architectural Top: 165 meters

Stories: 35

Total Area: 53,100 m²

Primary Uses: Offices and Hotel

Project Developer: ADNEC

Architectural Design: RMJM

Structural Engineer: RMJM & TJEG

MEP Engineer: RMJM & TJEG

Interior Design: U + A Design

Facade Consultant: Hyder

Landscape Consultant: Al Khatib

Cracknell

Main Contractor: Al Habtoor Group

Steel Contractor: Eversendai

Facade Contractor: Waagner Biro

Project Manager: Mace

Dr. Peyman is Principal and Director of Structural Engineering of the global consulting engineering practice, TJEG International (Ted Jacob Engineering Group), and serves on the TJEG global professional board, TJEG is headquartered in San Francisco United State of America. Peyman is the expert high-rise designer for the super tall skyscrapers in the United States and in the Middle East. He received his PhD in civil engineering, specializing in seismic design, from the University of Sharif Technology associated

with UC Berkeley in California, USA and in addition to his educational carrier he also received the project management degree (M.Sc., PMP) from UC Berkeley, California, USA. Dr. Peyman is a recipient of multiple awards and honours, including the Award for Excellence in inventing new structural system, Beehive (HexaGrid) system for Tall & Super Tall Buildings (CTBUH 2011 World Conference) And Award for Excellence in Lecturing at IAU & SPBPU Universities.

Jeff Schofield is an American architect who currently resides and works in Dubai. Jeff began his career in New York City, and pursued his professional practice for over 15 years in Paris, France. Jeff has project management and design experience on a range of high profile projects. Jeff has particular experience in sustainable design and project management of large-scale public projects throughout Europe, U.S.A and the Middle East. Since moving to RMJM Dubai in 2005, Jeff has lent his design expertise to large scale building developments, including mixed use developments, hospitality and high rise projects. As an Associate at RMJM, Jeff leads the effort in providing sustainable solutions to all design projects in the office. Jeff has developed a holistic approach to design that integrates sustainability, structure and architectural expression with the built form, in order to provide meaningful solutions for high-quality building designs. Jeff seeks to design in a contemporary yet contextual manner, to create modern sustainable buildings using the latest technology.

"While, in an era of tall buildings, height & form are the norm, the Innovation at Capital Gate Tower is truly staggering. Capital Gate is ADNEC's (Abu Dhabi National Exhibition Company) gravity-defying new tower in the United Arab Emirates capital. Its architects and engineers created an 18-degree westward lean – four times the inclination of the Leaning Tower of Pisa – using complex diagrid structures But the real story of Capital Gate is the innovative solutions sought for the unprecedented challenges faced in building industry." ■

BUSINESS CARD Application of Aluminium Profile in Lightning Engineering

(p. 94)

MATERIALS PROVIDED BY "TATPROF" JSC

The aluminium profile for LED application has

already obtained a wide spread in Europe and the USA. The Russian LED market is behind the western in whole and it is possible to say that it is under formation. However, a trend to apply the aluminium profile in the LED engineering is obvious like a development of the LED market.

Aluminium profiles offered by the company "TATPROF" for the LED industry have a wide range of application and can be used almost in all types of LED luminaires. Including luminaires and projectors for outside and inside lightning, architectural illumination, lamps for industrial and office premises, street, antivandal and explosion-proof luminaires. The profile can be applied for assembly of flexible and stiff LED bands since it isn't enough to attach the band and a special fastener system is required.

Aluminium profile in the LED engineering permits to realize the boldest design ideas both for lighting interiors of different purposes and urban development and public zones. Mounting, cutting-in, corner and suspended versions of profile can be completed by LEDs of necessary brightness and original design; it permits to assemble them on the most prestige objects. That is why the aluminium profile obtains more and more spread in the architectural engineering.

Besides elegant and beautiful appearance, LED aluminium profile solves also technical tasks:

- defends from outside impact;
- operates like a cooling radiator for effective heat removal and it increases a life time of LED.

Simple production and assembly of luminaires on the base of aluminium profile "TATPROF" and an opportunity to cut the material up to necessary and handy sizes are unquestionable advantages. Cutting a necessary length of profile, it is possible to create unique models of lamps and produce different profiles for LED and angle bars for lightning. A choice of aluminium profile depends on assigned tasks: the company "TATPROF" offers a full range of products which vary from a typical aluminium angle bar to special profiles with complex geometry.

Unique aluminium structures can be applied for every surface. Due to the lightness of the metal, aluminium LED profile favours to decrease a specific weight of lamps.

Aesthetic appearance of the product has importance and producers of LED lamps apply a different decorative coating for aluminium profile more and more often. In accordance with a customer's desire, the company "TATPROF" offers a protective decorative coating of aluminium profile: colouring by polymer powder paints or anodization in every colour. The profile with coating is very popular for effective designing stores, entertain-

ment centers, architectural structures, advertising boards.

An experience accumulated during more than 20 years and modern technologies of the company "TATPROF" allows producing aluminium profiles of any complexity and with different decorative coating in accordance with a customer's desire for LED lamps producers. ■

**Address: 423802, Republic of Tatarstan, Naberezhnie Chelni, Profilnaya str, 53
Tel.: (8552)77-81-66;
77-83-12; 77-86-58
E-mail: lvn@tatprof.ru
Web-site: www.tatprof.ru**

STRUCTURES Optimal Geometric Configuration and Stiffness Distribution for Tall Building Structures (p. 96)

KYOUNG SUN MOON, YALE UNIVERSITY SCHOOL OF ARCHITECTURE

ABSTRACT

Tall buildings are constructed in major cities throughout the world today due to their economic benefits in dense urban land use and significant international symbolic power. Because of their enormous scale, tall buildings are built with an abundant amount of resources. This paper investigates optimal geometric configurations and lateral stiffness distributions of today's prevalent structural systems for tall buildings, which will lead to design and construction of tall buildings with less amount of structural materials. Among various structural systems developed for tall buildings, the systems with diagonals are generally more efficient because these systems carry lateral loads by their primary structural members' axial actions. When the primary lateral load resisting system is located over the building perimeter, the system's efficiency can be maximized. Tall building structural systems with perimeter diagonals include braced tubes and more recently developed diagrid structures. Braced tubes of various column spacings and bracing configurations are comparatively studied. Diagrid structures of various uniform and varying angle diagrids are studied to determine more efficient configurations. Varying angle diagrid studies are carried out with diagrid structures with not only vertically but also horizontally varying angle configurations and their combinations. The optimal bending-to-shear stiffness distribution is also discussed in relation to the height-to-width aspect ratio of the braced tube system.

Since its application to the Swiss Re Building of 2003 in London and Hearst Headquarters Tower of 2006 in New York (Figure 2), diagrid structures have widely been used for major tall buildings throughout the world. Diagrid structures of various uniform and varying angle configurations are studied to determine more efficient geometric configurations. Varying angle diagrid studies are carried out with diagrid structures with not only vertically but also horizontally varying angle configurations and their combinations. The optimal bending-to-shear stiffness distribution is also discussed in relation to the height-to-width aspect ratio of the diagrid system. Outrigger structures are another prevalently used structural system for today's tall buildings. An early example of the outrigger system can be found in the Place Victoria Office Tower of 1965 in Montreal. However, major application of this structural system can be seen on contemporary skyscrapers such as the Jin Mao Building and the Shanghai Tower in Shanghai shown in Figure 3. In the construction photo of the Shanghai Tower in Figure 3, the building core, belt trusses at the outrigger truss level

INTRODUCTION

Structural design of a tall building is generally governed by lateral stiffness, and the required amount of structural material to resist lateral loads increas-

es drastically as the building height increases. Therefore, structural systems for tall buildings have evolved to produce higher lateral stiffness more efficiently. The efficiency of a structural system is significantly influenced by its geometric configuration. Once a particular structural system is selected for a tall building, its configuration should be determined very carefully to maximize its structural efficiency and, at the same time, satisfy other non-structural design requirements integratively.

Lateral shear forces and overturning moments due to wind loads significantly influence the structural design of tall buildings. These forces can be carried very efficiently by primary structural members configured to work in axial actions. When the primary structural members are located over the building perimeter, the system's efficiency can be maximized. Braced tubes and more recently emerging diagrids are two typical examples developed based on these concepts.

Braced tubes have continuously been used since its initial employment for the John Hancock Center of 1969 in Chicago (Figure 1). The system is configured with perimeter columns, typically spaced evenly, and large perimeter bracings. This paper studies optimal geometric configuration of braced tubes. Various perimeter column spacings are studied to determine more efficient alternatives. Comparative structural efficiency between different geometric configurations of perimeter diagonals, such as X, chevron and single diagonal bracings, is investigated. Further, structural impact of bracings placed at different angles is studied. The optimal bending-to-shear stiffness distribution is also discussed in relation to the height-to-width aspect ratio of the braced tube system.

Since its application to the Swiss Re Building of 2003 in London and Hearst Headquarters Tower of 2006 in New York (Figure 2), diagrid structures have widely been used for major tall buildings throughout the world. Diagrid structures of various uniform and varying angle configurations are studied to determine more efficient geometric configurations. Varying angle diagrid studies are carried out with diagrid structures with not only vertically but also horizontally varying angle configurations and their combinations. The optimal bending-to-shear stiffness distribution is also discussed in relation to the height-to-width aspect ratio of the diagrid system.

Outrigger structures are another prevalently used structural system for today's tall buildings. An early example of the outrigger system can be found in the Place Victoria Office Tower of 1965 in Montreal. However, major application of this structural system can be seen on contemporary skyscrapers such as the Jin Mao Building and the Shanghai Tower in Shanghai shown in Figure 3. In the construction photo of the Shanghai Tower in Figure 3, the building core, belt trusses at the outrigger truss level

and perimeter mega-columns can be clearly observed. Unlike braced tubes and diagrids, which carry lateral loads primarily by perimeter structural members, outrigger structures use stiff core structures and perimeter mega-columns connected to the core structures with outrigger trusses. Optimal stiffness distribution between the core and mega-columns is studied for outrigger structures of various height-to-width aspect ratios.

BRACED TUBES

The braced tube system carries lateral loads through axial actions of perimeter columns and diagonals. The diagonal members on the web planes (i.e., planes parallel to wind) carry the shear forces and the columns on the flange planes (i.e., planes perpendicular to wind) as well as on the web planes, except those on the neutral axis, carry the moments through their axial actions. Figure 4 shows a 10-story tall typical braced tube module. Member sizes for the braced tube modules can be computed using Equations (1) and (2) developed by Moon (2010).

$$A_d = \frac{V}{4E \cos^2 \theta \sin \theta \gamma} \quad (1)$$

$$A_c = \frac{2M}{(N_{c,f} + \delta_c) B^2 E \chi} \quad (2)$$

A_d is area of each diagonal; A_c is area of each column; V is shear force; M is moment; E is modulus of elasticity of steel; θ is angle of diagonal member; γ is transverse shear strain; χ is curvature; $N_{c,f}$ is number of columns on each flange plane; δ_c : contribution of web columns for bending rigidity; B is building width.

OPTIMAL STIFFNESS DISTRIBUTION FOR BRACED TUBES

A specific structural system configured for a tall building with a certain height-to-width aspect ratio has a unique optimal mode of deformation, which is primarily a combination of a particular bending and shear deformation. With the optimal mode of deformation, structural design can meet the target displacement criteria with the least amount of material (Connor, 2003). As a building becomes taller and its height-to-width aspect ratio increases, the building naturally tends to act more like a bending beam, and a larger bending-to-shear deformation ratio is a reasonable choice for an economic design.

For braced tube structures typically configured with vertical perimeter columns and diagonal bracings, it was empirically found that the optimal bending-to-shear deformation ratio (s) is about a half of the height-to-width (H/B) aspect ratio of the structure minus one (Moon, 2010).

$$s = \frac{H}{2B} - 1 \quad (3)$$

BRACED TUBES OF VARIOUS COLUMN SPACINGS

Braced tube structural systems are configured with perimeter diagonal

bracings and vertical columns typically spaced evenly. This section investigates different strategies of spacing the vertical perimeter columns to improve structural performance of the braced tube. Figure 5 shows four different cases of 100-story braced tube structures. Each building's plan dimensions are 54 meters by 54 meters, and its typical story height is 3.9 meters. Case 1 is the structure with all the perimeter columns spaced evenly at every 9 meters. In Case 1.1, the column spacing is gradually increased from 6 m at the mid-width of each façade plane to 12 m at the building corner, with 9 m between them. In Case 1.2, the column spacing is gradually reduced from 12 m at the mid-width of each façade plane to 6 m at the building corner, with 9 m between them. In Case 1.3, four large perimeter columns are located at four building corners. This structural configuration is very similar to that of William LeMessurier's theoretical 207-story tall Erewhon Center. Structural design of the braced tube is performed using Equations 1 and 2 for Case 1 first to resist the code-defined wind loads in Chicago. The same member sizes are used for Case 1.1 and 1.2. The sectional areas of the perimeter columns of Case 1.3 are six times larger than those of Case 1, and the diagonal member sizes of Case 1.3 are the same as those of Case 1. Therefore, Case 1, 1.1, 1.2 and 1.3 use the same amount of structural steel.

As the column spacing becomes denser toward the building corner, the web columns' contribution to the bending rigidity increases, and vice versa. This phenomenon directly impacts the lateral displacement of each tower. Table 1 summarizes the maximum lateral displacements at the top of Case 1, 1.1, 1.2 and 1.3. As the column spacing becomes larger towards the building corners, the lateral stiffness of the braced tube decreases as can be observed from Case 1.1. Case 1.3 provides the greatest lateral stiffness based on higher bending rigidity. However, one important issue of this case is that it requires a more sophisticated gravity load resisting system because the dead and live loads of each floor must be carried also by the four corner columns spaced at 54 meters in this particular case. The maximum 54 meters cannot be simply spanned with typical wide flange beams.

Table 1. MAXIMUM LATERAL DISPLACEMENTS OF BRACED TUBES SHOWN IN FIGURE 5.

	Case 1	Case 1.1	Case 1.2	Case 1.3
Maximum Lateral Displacement (cm)	76.0	78.2	73.4	61.8

BRACED TUBES OF VARIOUS DIAGONAL CONFIGURATIONS

Diagonals in braced tube structures can be configured with various angles. Diagonals placed at an angle of about 35 degrees produces the maximum shear rigidity (Moon, 2010). Therefore, diagonal member sizes can be smaller as the diagonal angle becomes closer to about 35 degrees. However, smaller member sizes at each level do not guarantee the most efficient design. While the diagonal member sizes become smaller as the angle nears 35 degrees, the total length of all diagonals decreases as the angle becomes steeper.

Figure 6 shows two different cases. Case 1, with diagonal bracings placed at an angle of 55 degrees, is the same structure studied in the previous section. Case 1.5 is a 100-story braced tube structure with diagonal bracings placed at 36 degrees, which is very close to the optimal angle in terms of the system's shear rigidity. Figure 7 shows diagonal member sizes of Case 1 and 1.5, with the bending-to-shear deformation ratio of 2, which is close to the optimal based on Equation 3 for a braced tube having a height-to-aspect ratio of about 7. Larger size diagonal members are required as the angle of diagonals deviates from the optimal value in terms of shear rigidity. However, the total required steel mass for the entire diagonal members of Case 1 is very similar to that of Case 1.5. Case 1 and 1.5 require total 5883 and 5846 ton steel masses respectively. Case 1 requires only 0.6% more steel for the bracing members compared to Case 1.5. Therefore, the influence of the diagonal angle changes on structural material savings is minimal in braced tubes.

Braced tubes studied so far employ only X bracings. Other types of bracings are also used for tall building structures. Figure 8 shows four different bracing types. Identical member sizes are used for Case 1 and 2, while two times larger member sizes in terms of the sectional area are used for Case 3 and 4. Therefore, the same amounts of structural materials are used for these structures regardless of the shape of the bracings.

The case with X bracings, which are continuously connected over the entire building height, provides the greatest lateral stiffness among the four cases. Structural performances of Case 2 with chevron bracings and Case 3 with alternate direction single diagonal bracings are not much different in terms of their lateral stiffness. The lateral stiffness of Case 4 with single direction single diagonal bracings is smaller than that of the other 3 cases. Table 2 summarizes the maximum lateral displacements of the braced tubes of Case 1, 2, 3 and 4. Not only structural but also other design aspects should be carefully and integratively considered to determine a particular bracing type for a tall braced tube building.

Table 2. MAXIMUM LATERAL DISPLACEMENTS OF BRACED TUBES SHOWN IN FIGURE 8.

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Maximum Lateral Displacement (cm)	76.0	77.8	78.4	82.2

DIAGRIDS

Diagrid structures carry lateral loads very efficiently through their diagonals' axial actions. Figure 9 shows a typical diagrid module. Member sizes for the diagrid modules can be computed using Equations (4) and (5) developed by Moon et al. (2007).

$$A_{d,w} = \frac{VL_d}{2N_{d,w} E h \gamma \cos^2 \theta} \quad (4)$$

$$A_{d,f} = \frac{2ML_d}{(N_{d,f} + \delta_d) B^2 E \chi h \sin^2 \theta} \quad (5)$$

$A_{d,w}$ is area of each diagonal on the web; $A_{d,f}$ is area of each diagonal on the flange; V is shear force; M is moment; E is modulus of elasticity of steel; θ is angle of diagonal member; γ is transverse shear strain; χ is curvature; B is building width; L_d is length of diagonal; $N_{d,w}$ is number of diagonals on each web plane; $N_{d,f}$ is number of diagonals on each flange plane; δ_d is contribution of web diagonals for bending rigidity.

OPTIMAL STIFFNESS DISTRIBUTION FOR DIAGRIDS

As was discussed earlier, a specific structural system configured for a tall building with a certain height-to-width aspect ratio has a unique optimal mode of deformation, with which structural design can meet the target displacement criteria with the least amount of material (Connor, 2003). For diagrid structures configured with near optimal diagrid angles, it was empirically found that the optimal bending-to-shear deformation ratio (s) is about the height-to-width (H/B) aspect ratio of the structure minus three (Moon, 2007).

$$s = \frac{H}{B} - 3 \quad (6)$$

This value is larger than that of braced tubes for tall buildings with height-to-width aspect ratios larger than 4. This means that diagrids tend to deform in bending mode more than braced tubes for tall buildings with the aspect ratios larger than 4.

DIAGRIDS OF UNIFORM ANGLES

Diagrid structural systems can be configured with diagonals placed at various uniform angles. The optimal diagrid angle is depending on the height-to-width aspect ratio of the building. As a diagrid building becomes taller, its optimal diagrid angle becomes steeper, and vice versa, because a taller structure

behaves more like a bending beam and a shorter structure behaves more like a shear beam. In order to find the optimal angle for 60-story diagrid structures with a height-to-width aspect ratio of 6.5, the building is designed with various diagonal angles ranging from 52 to 73 degrees depending on the story heights of the diagrid modules as shown in Figure 10. Lateral stiffness is provided only by the perimeter diagrids, and, consequently, core structures are assumed to carry only gravity loads in this study.

Each structure, assumed to be in Chicago and subjected to the code defined wind loads, is optimally designed using equations 5 and 6 to meet the maximum lateral displacement requirement of a five hundredth of the building height. Table 3 shows diagrid steel masses (only for the perimeter diagonals) required for each structure to meet the target stiffness requirement. As can be seen from the table, the diagrid structure configured with a diagonal angle of 69 degrees meets the design requirement most efficiently. As the diagrid angle deviates from its optimal configuration, structural steel use increases.

Similar studies were performed for uniform angle diagrid structures of various heights ranging from 40 to 100 stories. The structures' height-to-width aspect ratios range from about 4 for the 40-story diagrids to 11 for the 100-story diagrids. It was found that an angle of 63 degrees is the near optimal angle for the 40- and 50-story diagrids. For the 60-story and taller diagrid structures, the study results suggest that an angle of 69 degrees is the near optimal angle.

Table 3. STEEL MASSES USED FOR THE 60-STORY UNIFORM ANGLE DIAGRIDS

Diagrid Angle (degrees)	53	63	69	73
Steel Mass (ton)	4520	4010	3820	4250

DIAGRIDS OF VARYING ANGLES

Appropriately designed uniform angle diagrids are a very efficient structural system for tall buildings. By varying the diagrid angles, the system's efficiency can be further increased. Figure 11 shows 100-story diagrid structures of four different angle configurations. Each building's plan dimensions are 54 meters by 54 meters, and its typical story height is 3.9 meters. Case 1 is a uniform angle diagrid structure. Case 1.5 and 2 are diagrid structures of vertical and horizontal angle variations respectively. Since the design of lower and upper level diagrids is governed by overturning moments and shear forces respectively, diagrids configured with

steeper angle diagonals toward the base of the building, such as Case 1.5 in Figure 11 or the 555-meter tall Lotte Super Tower design project in Seoul by SOM, can be more efficient than uniform angle diagrids. Bending rigidity of diagrids is primarily provided by diagonals on the flange planes. In order to maximize the contribution of web diagonals to bending rigidity, diagrids can be configured with steeper angle diagonals toward the building corners, as is the case with Case 2. Case 2.5 is the diagrid structure with the combined angle variations of Case 1.5 and 2.

Table 4 summarizes the comparative maximum lateral displacements for the four diagrid structures shown in Figure 11. By combining the vertical and horizontal angle variations, lateral stiffness of the diagrid structure is increased, and, consequently, its maximum displacement is reduced by 5.4%. Compared to the uniform angle case, the diagrid structure of the combined angle variations produces higher lateral stiffness. The differences of material use between the four cases in Figure 11 are negligible.

Table 4. MAXIMUM LATERAL DISPLACEMENTS OF THE 100-STORY DIAGRIDS SHOWN IN FIGURE 11

	Case 1	Case 1.5	Case 2	Case 2.5
Maximum Lateral Displacement (cm)	76.0	74.6	72.7	71.9

OUTRIGGER STRUCTURES

The outrigger system is another prevalently used structural system for today's tall buildings. Structural efficiency of outrigger structures depending on the number and locations of outrigger trusses were studied and presented by Smith and Coull (1991). Outrigger structures with outrigger trusses located at even vertical spacings perform well. This section investigates optimal lateral stiffness distribution of outrigger structures.

Outrigger structures carry wind-induced overturning moments very efficiently by connecting perimeter mega-columns to stiff building cores through outrigger trusses. The outrigger system's lateral load carrying mechanism is conceptually explained in Figure 12. The overturning moment (M_o) caused by wind loads (W) is reduced due to the counteracting moment (M_c) provided by the mega-columns connected to the building core through the outrigger trusses.

The counteracting moment M_c can be expressed in terms of the building width and area of the mega-columns.

$$M_c = 2b^2 AE \chi \quad (7)$$

A is the sectional area of mega-

columns; E is the modulus of elasticity of steel; c is curvature. Since the modulus of elasticity of steel is almost constant regardless of its strength, the system's counteracting moment is a function of the square of the building width and sectional area of the mega-columns.

This section studies structural efficiency of outrigger structures depending on the lateral bending stiffness distribution between the braced core and perimeter mega-columns connected to the core through outrigger trusses. The braced core, outrigger trusses and mega columns are designed with structural steel in this study, though composite structures with steel and concrete are also prevalently used in practice. Tall buildings of 60, 80 and 100 stories are designed with outrigger structures, as shown in Figure 13. The aspect ratios of 60-, 80- and 100-story outrigger structures are 6.5, 8.7 and 10.8 respectively.

For the same story height structures, three different lateral bending stiffness distribution cases between the braced core and perimeter mega-columns are studied. The studied bending stiffness distribution ratios between the braced core and perimeter mega-columns are 3:7, 4:6 and 5:5. Table 5 summarizes comparative structural steel use for the three different height outrigger structures with the three different stiffness distribution cases. Depending on the height-to-width aspect ratio of the building, the optimal stiffness distribution ratio is different. For the 60- and 80-story outrigger structures, stiffness distribution ratio of 4:6 produces the most efficient design, while for the 100-story outrigger structures, 3:7. The impact of different stiffness distribution on structural steel use becomes greater as the building height increases. For the 60-story outrigger structures, the maximum percentile difference between the three cases is only 1.8%, while that for the 100-story outrigger structures is 5.6%.

Table 5. STRUCTURAL STEEL USE COMPARISON FOR THE OUTRIGGER STRUCTURES WITH DIFFERENT STIFFNESS DISTRIBUTION RATIOS BETWEEN THE BRACED CORE AND PERIMETER MEGA-COLUMNS

		Stiffness Distribution b/w Core and Mega Col		
		3:7	4:6	5:5
Structural Steel Use in %	60-Story Outrigger Structures	101.8%	100.0%	101.5%
	80-Story Outrigger Structures	100.9%	100.0%	104.5%
	100-Story Outrigger Structures	95.2%	100.0%	105.6%

CONCLUSIONS

Tall buildings are built with an abundant amount of resources because of their enormous scale. This paper presented optimal geometric configurations and lateral stiffness distributions for tall building structural systems to design and construct them with less amount of structural materials. Selecting an appropriate and efficient structural system for a tall building is a very important step toward successful project execution. The efficiency of a particular structural system selected for a tall building is substantially influenced by its detailed configuration. Therefore, the importance of the studies on optimal structural configuration cannot be overemphasized to save our limited resources and help construct more sustainable built environments. Though structural performance substantially influences the design of tall buildings, the most efficient structural solution may not always best support other building systems. Not only structural but also all the other related systems should be studied holistically.

REFERENCES

- Ali, M. M. and Moon, K. (2007). "Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects," Architectural Science Review, Vol. 50. No. 3, 2007, pp. 205-223.
- Smith, B. and Coull, A. (1991). Tall Building Structures: Analysis and Design. New York: Wiley.
- Connor, J.J. (2003). Introduction to Structural Motion Control, Prentice Hall, New York.
- Moon, K., Connor, J.J., and Fernandez, J.E. (2007). "Diagrid Structural Systems for Tall Buildings: Characteristics and Methodology for Preliminary Design," Vol. 16. No. 2, pp. 205-230.
- Moon, K. (2010). "Stiffness-Based Design Methodology for Steel Braced Tube Structures: A Sustainable Approach," Engineering Structures, Vol. 32, pp 3163-3170.
- Rastorfer, D. (1985). "William LeMessurier's Super-Tall Structures: Architecture-Engineering," Architectural Record, Vol. 173. No. 2, pp.150-157. ■

VERTICAL TRANSPORT Half Kilometer per Minute (p. 102)

To organize the elevators and people flows and make the transfer of passengers comfortable, pleasant and safe is not a simple task even in low-rise building. Let alone of skyscrapers, for which the lifting operations problem is many times more complicated. It is not surprising that there are very few companies in the world which can offer effective solutions of passenger transportation in high-rise buildings. One of these few companies is Kone, established in Finland about 100 years ago, and now its scope of activities extends to 49 countries, including Russia.

Paradox but for many of even the most modern elevators that do well with the safe and comfortable passenger transportation, to rise to a really great height is beyond their capacity. Thus, for most types of elevators the limit lift height is 55 m, and, say, the level of 90 m can reach up to 15% from all types of elevating machines. On the basis of them, by the way, is produced lifting equipment capable of "reach out" to a 150 m height. But this is the limit. Meanwhile, modern skyscrapers can easily exceed this limit value for most elevators. Therefore, the problem of relevant constructive solutions for lifting mechanisms capable to conquer the heights of 200, 300, 400 meters and higher is very urgent.

The company Kone, which is more than a century engaged in passenger transportation within the various buildings and structures has its own solution of this complex task. For example, in their arsenal is elevator system created on the KONE Alta™ platform. It is capable of rising to a height of 500 m at speeds up to 17 m / c (to 1 - 4 m / s in the elevators of other modifications). For comparison, the Ostankino TV tower (which height with a spire is 540 m) is very proud of its modern lifting equipment the hoists move 5 times slower.

To achieve these characteristics, the company's specialists have used Kone EcoDisc® lifting technology the essence of which is as follows. As a driving device therein used synchronous engine with permanent magnet, which is complemented by a frequency controlled gearless design with low friction coefficient. Besides, such a system has a high-power smooth and silent motion, does not require any lubrication, and the level of its energy consumption is 35% lower compared with elevators of traditional AC or DC geared drives.

Also, has been changed the design of the elevator cabins. The matter is that once the hoisting speed exceeds 4 m/s, there are provided additional requirements to ergonomics of a cabin and streamlining of its forms. Exactly these innovations have been introduced in the KONE Alta™ elevators. However, a regular passenger might not notice these, unless the elevator shaft is made transparent. But the rich decor of external and internal finishes, practical control panel and pointers one will notice for sure.

Moreover: besides 50 pre-designed versions of Kone cabins the company offers to add any supplement combinations of finishing materials compatible with the general concept of the building. Moreover: besides 50 pre-designed versions of Kone cabins the company offers to add any supplement combinations of finishing materials consistent with the general concept of the building. And amongst these materials are natural stones, which have high durability, 3D-panels creating a fancy effect of the space geometry, the most intricately colored plastic and metal surfaces, and many more. And the cabin lighting is also performed in a special manner. It does not create glares, and through the use of LED lighting fixtures the cost of elevators are down 80%.

An interesting nuance associated with the carrying capacity of the system. The elevator proposed by Kone for high-rise buildings in its basic version is able to simultaneously lift up to 2 tons of cargo (that is slightly less than the weight 30 "average" person). By the way, even such a capacity - twice exceeds a normal standard for the majority of lifting gears. The KONE Alta™ elevator system allows traffic of two cabins in the same elevator hoistway. In fact, it turns a kind of two-level elevator cab: the lower part picks up passengers from one floor and the upper one - from the next. As a result, waiting time is reduced and the efficiency of passenger transportation increases significantly.

Another advantage of KONE Alta™ elevators connected with their installation. First, it does not require the scaffolding, and secondly, because the elevator does not need machinery room, it can be installed even at the earliest stages of construction. As a result, it allows using the elevator, even when the construction process has not completed yet.

Due to these and many other benefits many development companies, specialized in high-rise construction choose the Kone Elevators. Thus, with Kone elevators are equipped "St. Petersburg" (69 floors) and "Moscow" (76 floors) towers of the well known Moscow complex "The city of the capitals", which maximum height makes 301 m. Lifting equipment of this company is installed in Paris skyscraper Tour First (50 floors, 230 m), Chicago's 60-storey mixed-use complex North LaSalle (315 m) and many other high-rise buildings around the world. However, the most important high-rise record of the Kone company, certainly, is still ahead.



UP TO DATE Simplifications of Differential Equations Notation International Code Requirements Review (p. 104)

TEXT BY LEO RAZDOLSKY, LR
STRUCTURAL ENGINEERING INC.,
LINCOLNSHIRE, ILLINOIS, USA,
PROFESSOR AT NORTHWESTERN
UNIVERSITY, EVANSTON, ILLINOIS,
USA

STRUCTURAL FIRE LOAD DESIGN

The analytical approach in the structural fire engineering field typically comprises thermal and subsequent structural analyses of a building. When designing structures for structural fire load the first step is to calculate the temperature field within the floor area (or part of it) and then the ultimate strength capacity, based on temperatures assessed. This is possible by using the simplified (but conservative) design method or the more sophisticated global analysis and design in accordance with the Structural Code requirements (ACI 318 or AISC). The simplification (where it is possible for the determination of Structural Fire Load only) is the key element of the methodology proposed here. The overall system of conservation of energy, mass and momentum equations that are analyzed here are similar to the FDS model [1]. However the limitations and simplifications are different, because they are concentrated on a

narrowly focused problem: Structural Fire Load. For example: the large eddy simulation technique; the mixture fraction combustion model; pyrolysis; sprinklers and smoke detectors locations and activations etc. are not needed (or can be simplified) in our case. The FDS model solves the conservation equations of mass, momentum and energy by using the finite difference method and the solution is updated in time on a three-dimensional, rectilinear grid. However the thermal radiation is computed using a finite volume technique. The method proposed in this book uses the spatial averaging of variables; therefore it is similar to the two zone method in this respect. Consequently this method has an intermediate position between the FDS and two zone methods.

Heat can travel throughout a burning building by conduction, convection or radiation. Since the existence of heat within a substance is caused by molecular action, the greater the molecular activity, the more intense the heat. Conduction is heat transfer by means of molecular agitation within a material without any motion of the material as a whole. The energy in this case will be transferred from the higher speed particles to the slower ones with a net transfer of energy to the slower ones. Convection is heat transfer by mass motion of a fluid such as air when heated is caused to move away from the source of heat, carrying its energy with it. Convection above a hot surface occurs because hot air expands and rises upward; causing convection currents which transport energy (see Figure 5.1). Configurations of these currents are dependent in part on the geometry of the fire com-

partment and the opening factor.

Radiated heat is one of the major sources of fire spread. This method of heat transmission is known as radiation of heat waves. Heat and light waves are similar in nature, but they differ in length per cycle. Heat waves are longer than light waves and they are sometimes called infrared rays. Radiated heat will travel through space in all directions. Flame is the visible, luminous body of a burning gas. When a burning gas is mixed with the proper amounts of oxygen, the flame becomes hotter and less luminous. This loss of luminosity is due to a more complete combustion of the carbon. For these reasons, flame is considered to be a product of combustion. Heat, smoke and gas, however, can develop in certain types of smoldering fires without evidence of flame.

In order to simplify the heat and mass balance equations the following is assumed in this book:

The heat transfer due to conduction can be neglected, similar to the assumption in a two zone model - the spatial averaging of temperature.

The increase in energy flux (in addition to heat of combustion release) is due to natural convection.

The loss of energy through the openings is due to radiation only (the conductive heat loss to the walls and the convective heat loss through the openings are neglected due to much weaker dependence on temperature).

The overall Structural Fire Load design process can be separated into the activities illustrated in Fig 2. The flow chart below emphasizes that the ultimate strength and the overall stability of the structure is very much dependant on the assessed design fire scenario.

FLOWCHART

Consider now nonlinear singularly perturbed parabolic system representing energy and mass conservation law [5]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} + \text{Pr}(\text{U} \frac{\partial \theta}{\partial x} + \text{W} \frac{\partial \theta}{\partial z}) = \delta(1-C)^k \exp\left(\frac{\theta}{1+\beta\theta}\right) - \rho\theta^4 \quad (1)$$

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + \text{Pr}(\text{U} \frac{\partial C}{\partial x} + \text{W} \frac{\partial C}{\partial z}) = \gamma\delta(1-C)^k \exp\left(\frac{\theta}{1+\beta\theta}\right) \quad (2)$$

Where: "U" and "W" - horizontal and vertical velocities, respectively that should be obtained from the Navier-Stoke equations (04.38) and (04.39).

Thermal input data are as follows: heat transfer coefficients; thermal conductivity and thermal capacity of the air-gas mixture; heat effect (chemical reaction heat effect); activation energy, etc. The thermal analysis comprises a determination of the temperature field versus time in the structural components under design consideration.

Based on the results obtained in the thermal analysis and on the structural input data the reduced stiffness can be calculated in the structural analyses. Structural input data encompass mechanical properties (strength, modulus of elasticity and stress-strain relation) as a function of temperature and structural boundary conditions. If the calculated ultimate strength capacity of structural members does not exceed the structural fire load effect

redesign actions must be taken (see Flowchart 5.2).

Let's consider now the spatial averaging of temperature and combustion rate: (the unsteady process of chemical reaction). The equations (1) and (2) are simplified further [7]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \delta(1-C)^k \exp\left(\frac{\theta}{1+\beta\theta}\right) - \rho\theta^4 \quad (3)$$

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \gamma\delta(1-C)^k \exp\left(\frac{\theta}{1+\beta\theta}\right) \quad (4)$$

Equations (3) and (4) are describing the unsteady combustions process at any temperature level. However, as it is stated in [8] the parameter "δ" is calculated for the temperature close to the flash-over point. In our case of Structural Fire Load (SFL) the post flashover stage of fire (the fully developed fire) is the most important one. As it was stated in Chapter 4, the gas temperatures ranges in this case from approximately 1100°C at the overhead level down to over 600°C at the floor, therefore the average temperature in space is 850°C (or 1150°K). The dimensionless temperature and the parameter "δ" can be calculated now based on formula (4.43) as follows:

$$\theta = \frac{E(T-T_0)}{RT_0^2} = \frac{T-T_0}{\beta T_0} = \frac{1150-600}{0.1(600)} = 9.17$$

$$\delta = 12.1(\ln(9.17))^{0.6} = 20$$

It is assumed here that the fire starts at the floor level of a compartment and occupies (in 2D case) 20% of the linear dimension and 35% of the compartment height. The average temperature in this area is assumed also 850°C. The equivalent rise of temperature in the whole volume then is: $\Delta T = (0.2)(0.3)850 = 60^\circ\text{C}$. The initial average temperature in the fire compartment (above the base line temperature of 300°C) is: $T=300+60 = 360^\circ\text{C}$ (or 660°K). The initial dimensionless average temperature in the fire compartment is:

$$\theta_1 = \theta(\tau=0) = \frac{T-T_0}{\beta T_0} = \frac{660-600}{0.1(600)} = 1.0 \quad (5a)$$

Formula (5a) represents the initial condition for the differential equation (3). The second equation (4) has an obvious initial condition: $C(\tau=0) = 0$ - there is no product of chemical reaction at the beginning of fire.

The fire engineering begins with the development of a design fire exposure to the structure.

This normally takes the form of a time-temperature curve based upon the fire load, ventilation and thermal properties of the bounding surfaces (walls, floor, and ceiling). Design

Table 2.
FIRE SEVERITY

Category	Fuel load L[MJ/m²]	Max. Temperature T _{max} [°K]	Max. Dimensionless Temperature θ _{max}	Parameter "γ" From eq. (05.04)
Ultra fast	500 < L < 700	1020 < T _{max} < 1300	7.0 < θ _{max} < 11.67	0 < γ < 0.05
Fast	300 < L < 500	880 < T _{max} < 1020	4.67 < θ _{max} < 7.0	0.05 < γ < 0.175
Medium	100 < L < 300	820 < T _{max} < 880	3.67 < θ _{max} < 4.67	0.175 < γ < 0.275
Slow	50 < L < 100	715 < T _{max} < 820	1.92 < θ _{max} < 3.67	0.275 < γ < 1.0

Table 1
FIRE LOAD DENSITIES (OF FLOOR AREA)

Fire load densities q _{tk}	(MJ/m floor area)	(MJ/m floor area)	(MJ/m enclosing area)	
			20 m	50 m
Occupancy	Average	80 % fractile	80 % fractile	
Floor area	-	-	20 m	50 m
Dwelling	780	948		
Hospital (room)	230	280		270
Hotel (room)	310	377	225	80
Library	1500	1824	66	108
Office	420	511	89	146
Classroom of a school	285	347	120	99
Shopping centre	600	730	82	104
Theatre (cinema)	300	365		35
Transport (public space)	100	122		

fire loads are dependent upon the occupancy and other fire protection features of the building. The analysis involves the definition of the design fire exposure and the thermal response of the structural system. In Annex E of Eurocode 1 the fuel load densities per floor area for different occupancies are presented and illustrated in Table 1. In some other European documents the fuel load is presented as a density per the total enclosed area of a compartment. The transformation of floor area to enclosed area must first be done in these cases and is presented below. For example, if the floor area is chosen to be 20 or 50 m² the room size can be lxbxh=5x4x2.5 or 10x5x2.5 and the enclosing area is 85 m² and 175 m² respectively. For the dwelling unit the 80 % fractile fuel load for the enclosed area can be calculated as follows: q = 948(50)/175 = 270.

The corresponding values are given in column 4 and 5 of the Table 1.

Based on SFPE guide [2004] and "Swedish" fire curves [9] [10] for the post-flashover realistic fire exposure we can standardize fires as follows:

Note: If fuel load L > 700, select γ = 0.

The direct solution of equations (3) and (4) is the "normal" way of solving the problem (obtaining the temperature-time function in a fire compartment). However in the case of developed fire in a large building volume, the mathematical modeling of the physical and chemical transformations of real materials are known only with a small degree of confidence. At the same time, based on many full fire test results data, one can expect that certain parameters such as the maximum temperature, type of tem-

perature-time function etc. are well known. On the other hand some other parameters (for example, parameter "γ" from equation (4)) are known with some degree of approximation. From a physical point of view this parameter characterizes the ratio of heat losses (for example, considerable quantities of soot) during the development stages of a fire (incipient and free-burning) divided by total energy released (heat rate) [11]:

$$\gamma = \frac{c_p RT_0^2}{QE}$$

If, for example, the heat rate of a chemical reaction is large and/or the "losses" are small, then the parameter γ is small. Therefore parameter γ has a bounded variation between 0 and 1.

It is also important to underline here that for any given value of parameter "γ" from the interval [0;1] only one solution of equations (3) and (4) exists and the temperature-time function in this case has the only one maximum value. It can be seen by observation (see below), that this maximum temperature value increases when the parameter "γ" decreases from 1 to 0. On the other hand the maximum gas temperature in a real fire compartment and the fuel load are defining the category of the fire severity (see Table 2), therefore there is a correlation between the fire severity category and the value of parameter "γ". In order to establish this correlation the Mathematical Optimum Control Theory will be used here. For mathematical background of this theory - see reference [12]. The idea and application of this theory in our case is presented below.

In case of fully developed fire in a large building volume the physical and chemical transformations of real materials occur in very small flame zone under very high temperatures (much higher than the average gas temperature in fire compartment), therefore it is very difficult (if not impossible) to obtain these data (specific heat, thermal conductivity parameter, thermal diffusivity etc.) in the regular laboratory conditions. Fire engineering community is fully aware of this fact and corresponding tasks and recommendations regarding possible improvements in this area of expertise are provided in the report [13]. The NIST Special Publication (Mathematical Model of FDS) [14] calls them "uncertain parameters". In our book we will call them simply "unknown parameters". Therefore in our case any solution of differential equations (3) and (4) is a function of two independent variables: "t" – time and "y" from an interval [0;1]. Now in order to select the solution that is needed an additional condition has to be imposed on given system of differential equations. Each fire severity category (see Table 2) is defined by a corresponding maximum (averaged up in space) gas temperature "Tmax" in a given fire compartment and the fuel load. These values are used here as an additional condition required by the Optimum Control Method. The mathematical model of a real fire in a compartment can be formulated now as follows:

For each fixed number of "y" from the interval [0;1] find the discrete number of solutions of differential equations (3) and (4) – temperature-time curves – collection of functions.

Find the maximum values of temperature from this collection of functions.

Select the temperature-time curve from this collection and the corresponding parameter "y", if the difference between the maximum temperature from Table 2 (for each fire severity case) and the maximum value from p.2 is less than 1.0 %.

Obviously all solutions of differential equations have to be obtained in dimensionless forms (temperature "θ" and time "τ") and then should be transferred in real temperature and time variables (see "Notation" and Examples 6.3 and 6.4).

The Optimum Control Method allows not only connect the old Prescriptive Method and the new approximate Performance-based Design Method, but also provide a partial verification of results, that are obtained by this method.

The solutions of equations (3) and (4) (using simple mathematical software "Polymath") are presented below in tabular and analytical forms (the analytical formula in this case is the regression curve based on the tabular solution data). The reason for presenting the results in both forms is that the tabular solution allows the "user" to analyze some other regimes of fire development, such as: fire growth period, decay, flashover period etc.

We can set up now a typical computational problem from mathematical

modeling of real fire in a compartment for each category of fire exposure from Table 2. Each case of fire exposure is presented below by the envelope of solutions of differential equations (conservatively), and the data selected in each case are as follows:

Case #1: 1022°K < T_{max} < 1305°K;
Ultra Fast Fire.
Data: T* = 600°K; δ = 20; K_v = 0.05;
β = 0.1; P = 0.233; 0 < τ < 0.2;
Select: 0 < γ < 0.05

Differential equations (3) and (4) are rewritten as an input for "Polymath" software:

1 d(y0)/dt = 20*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0)) - .233*y0^4
2 d(y2)/dt = 1.0*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0))
3 d(y1)/dt = 0*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y))
4 d(y)/dt = (1)*20*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y)) - .233*y^4

Where: "y" is the dimensionless temperature "θ" with the corresponding parameter "y=0".

"y0" is the dimensionless temperature "θ" with the corresponding parameter "y=0.05".

"y1" is the concentration of the burned fuel product "C" in the fire compartment with the corresponding parameter "y=0".

"y2" is the concentration of the burned fuel product "C" in the fire compartment with the corresponding parameter "y=0.05".

Calculated values of DEQ variables

Variable	Initial value	Minimal value	Maximal value	Final value
1	t	0	0	0.2
2	y	1.	1.	11.74485
3	y0	1.	1.	7.049816
4	y1	0	0	0
5	y2	0	0	0.9727725

The differential equations (3) and (4) cannot be integrated in closed form. A numerical integration of these equations is derived and the results are presented below in tabulated form (see Tables 5.3; – ANNEX 5) and graphs (see Figure 2).

Based on the tabulated data shown above (see Table 5.3 – ANNEX 5), the final approximation of the dimensionless temperature – time curve can be presented as follows:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2) \quad (5.5)$$

With the second derivative of it:

$$\theta = -A/\sigma^2 \exp(-(\tau - a)^2 / 2(\sigma/a)^2) * [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2] \quad (5.6)$$

Where: "A"; "a" and "σ" – variables that are used in "Polymath" software for non-linear approximation of dimensionless temperature "θ". The second derivative of temperature-time function is needed to account for possible dynamic effect of Structural Fire Load. The detailed analyses in these cases will be presented and discussed in the next publications.

The non-linear approximation is provided by the following model:

$$\text{Model: } y = A * (\exp(-(1-t-B) \wedge 2 / (2*(C \wedge 2))))$$

Variable	Initial guess	Value
A	11.	11.98158
B	1.	0.0971132
C	1.	0.0575742

A = 11.98; a = 0.097; σ = 0.0576 (7)
Case #2: 882°K < T_{max} < 1022°K;
Fast Fire.
Data: T* = 600°K; δ = 20; K_v = 0.05;
β = 0.1; P = 0.157; 0 < τ < 0.2;
Select: 0.05 < γ < 0.175

Differential equations (3) and (4) are rewritten as an input for "Polymath" software:

1 d(y0)/dt = 20*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0)) - .157*y0^4
2 d(y2)/dt = 3.5*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0))
3 d(y1)/dt = 1.0*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y))
4 d(y)/dt = (1)*20*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y)) - .157*y^4

Where: "y" is the dimensionless temperature "θ" with the corresponding parameter "y = 0.05".

"y0" is the dimensionless temperature "θ" with the corresponding parameter "y=0.175".

"y1" is the concentration of the product of the first order chemical reaction with "y=0.05".

"y2" is the concentration of the product of the first order chemical reaction with "y = 0.175".

Calculated values of DEQ variables

Variable	Initial value	Minimal value	Maximal value	Final value
1	t	0	0	0.2
2	y	1.	1.	8.201185
3	y0	1.	1.	4.707775
4	y1	0	0	0.9867073
5	y2	0	0	0.9997236

Tabulated solution of the equations (3) and (4) are presented in Table 5.4 (see ANNEX 5) and the graphs are shown on Figure 3.

Based on the tabulated data shown above, the final approximation of the dimensionless temperature – time curve can be presented as follows:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2) \quad (8)$$

With the second derivative of it:

$$\theta = -A/\sigma^2 \exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2) * [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2] \quad (9)$$

Where: A; a and σ – variables that are used in "Polymath" software for non-linear approximation of dimensionless temperature θ.

The non-linear approximation is provided by the following model:

$$\text{Model: } y1 = A * (\exp(-(t-B) \wedge 2 / (2*(C \wedge 2))))$$

Variable	Initial guess	Value
A	8.	6.950116
B	1.	0.0646352
C	1.	0.0382137

A = 6.95; a = 0.0646; σ = 0.0382 (10)

Case #3: 822°K < T_{max} < 882°K;
Medium Fire.

Data: T* = 600°K; δ = 20; K_v = 0.05;
β = 0.1; P = 0.157; 0 < τ < 0.2;
Select: 0.175 < γ < 0.275

Differential equations (3) and (4) are rewritten as an input for "Polymath" software:

1 d(y0)/dt = 20*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0)) - .157*y0^4
2 d(y2)/dt = 5.5*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0))
3 d(y1)/dt = 3.5*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y))
4 d(y)/dt = (1)*20*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y)) - .157*y^4

Where: "y" is the dimensionless temperature "θ" with the corresponding parameter "y=0.175".

"y0" is the dimensionless temperature "θ" with the corresponding

parameter "γ=0.275".

"y1" is the concentration of the product of the first order chemical reaction with "γ=0.175".

"y2" is the concentration of the product of the first order chemical reaction with "γ=0.275".

Calculated values of DEQ variables

Variable	Initial value	Minimal value	Maximal value	Final value
1	t	0	0	0.2
2	y	1.	1.	4.70778
3	y0	1.	1.	3.707141
4	y1	0	0	0.9997236
5	y2	0	0	0.9999598

Tabulated solution of the equations (3) and (4) are presented in Table 5.5 (see ANNEX 5) and the graphs are shown on Figure 4.

Based on the tabulated data shown above, the final approximation of the dimensionless temperature – time curve can be presented as follows:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2) \quad (11)$$

With the second derivative of it:

$$\theta = -A/\sigma^2 \exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2) * [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2] \quad (12)$$

Where: A; a and σ – variables that are used in "Polymath" software for non-linear approximation of dimensionless temperature θ.

The non-linear approximation is provided by the following model:

$$\text{Model: } y = A * (\exp(-(1-t-B) \wedge 2 / (2*(C \wedge 2))))$$

Variable	Initial guess	Value
A	8.	4.549296
B	1.	0.0801842
C	1.	0.0597693

A = 4.55; a = 0.0802; σ = 0.0598 (13)

Case #4: 715°K < T_{max} < 822°K;
Slow Fire.

Data: T* = 600°K; δ = 20; K_v = 0.05;
β = 0.1; P = 0.157; 0 < τ < 0.2;
Select: 0.275 < γ < 1.0

Differential equations (3) and (4) are rewritten as an input for "Polymath" software:

1 d(y0)/dt = 20*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0)) - 2.53*0 - .157*y0^4
2 d(y2)/dt = 20*(1-y2)*exp(y0/(1+1*y0))
3 d(y1)/dt = 5.5*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y))
4 d(y)/dt = (1)*20*(1-y1)^1.0*exp(y/(1+1*y)) - 2.53*0 - .157*y^4

Where: "y" is the dimensionless temperature "θ" with the corresponding parameter "y=0.275".

"y0" is the dimensionless temperature "θ" with the corresponding parameter "y=1.0".

"y1" is the concentration of the product of the first order chemical reaction with "γ=0.275".

"y2" is the concentration of the product of the first order chemical reaction with "γ=1.0".

CALCULATED VALUES OF DEQ VARIABLES

Variable	Initial value	Minimal value	Maximal value	Final value
1	t	0	0	0.2
2	y	1.	1.	3.706608
3	y0	1.	1.	1.915441
4	y1	0	0	0.9999598
5	y2	0	0	1.

Tabulated solution of the equations (3) and (4) are presented in Table 5.6 (see ANNEX 5) and the graphs are shown on Figure 5.

Based on the tabulated data shown above, the final approximation of the dimensionless temperature – time curve can be presented as follows:

$$\theta = A \exp(-(\tau - a)^2 / 2\sigma^2) \quad (14)$$

With the second derivative of it:

$$\theta = -A/\sigma^2 \exp(-(\tau/a - 1)^2 / 2(\sigma/a)^2) * [1 - (\tau/a - 1)^2 / (\sigma/a)^2] \quad (15)$$

Where: A; a and σ – variables that are used in "Polymath" software for non-linear approximation of dimensionless temperature θ.

The non-linear approximation is provided by the following model:

$$\text{Model: } y = A * (\exp(-(1-t-B) \wedge 2 / (2*(C \wedge 2))))$$

Variable	Initial guess	Value
A	8.	3.7263
B	1.	0.0893914
C	1.	0.075

A = 3.73; a = 0.0893; σ = 0.075 (16)
Case #5: Impact temperature action.

The simple by-linear graph (see Fig.6) illustrates the temperature impact load on structural system (when t₁ → 0). For more information – see SFPE Standard [13].

Case 6: Impact and Fluctuations

The real temperature-time curve has some fluctuations of maximum temperature due to the hydrodynamic effect of fire propagation. It will be assumed in this case that these fluctuations are small (±10°C), but they appear with the frequency very close to the natural frequency of the structural system (θ = .95ω) (see Fig.5.7):

T = T_{max} [1 + 0.01 sin θt]
For dynamic effect on structural systems in these two cases and examples of structural design – in the next publications.

To be continued

REFERENCES:

- NIST Special Publication 1018-5 Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide, 2008 Volume 1: Mathematical Model.
- CEN TC 250/SC1, Draft for Eurocode 1: Part 2.7-April 1993, European Committee for Standardization.
- Babrauskas, Dr. V., Performance-Based Fire Safety Engineering Design: The Role of Fire Models and Fire Tests, Interflam 99, Edinburgh, Scotland, June 1999.
- Lane, B. "Performance-Based Approach to the Design of Steel Structures in Fire". Arup Fire, New York, NY. Proceedings of: Society of Fire Protection Engineers (SFPE) and National Institute of Standards and Technology (NIST). June 11-15, 2001, San Francisco, CA, 415-426 pp, 2001.
- L. Razdolsky, A. Petrov, E. Shtessel, 1977 "Critical conditions of local ignition in a large medium with convective heat transfer" Physics of combustions and explosions, Academy of Science, USSR.
- CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6). NIST Special Publication 1026 (May 2008 Revision).

7. Razdolsky L., 2009, "Mathematical Modeling of Fire Dynamics" Proceedings of World Congress on Engineering and Computer Science 2009, WCE 2009, London, U.K.

8. Frank-Kamenetskii, D. A., 1969. Diffusion and Heat Transfer in Chemical Kinetics. Plenum Press, New York.

9. Magnusson, S. E., and Thelandersson, S. 1970. "Temperature-Time Curves of Complete Process of Fire Development in Enclosed Spaces," Acts Polytechnica Scandinavia.

10. Society of Fire Protection Engineers, "The SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design", December, 1998.

11. Razdolsky L. "Structural Fire Loads in a High-rise Building Design". Proceedings of SFPE Engineering Technology Conference, 2009, AZ, USA

12. Lawrence C. Evans, L. C., "An Introduction to Mathematical Optimal Control Theory", Version 0.2 Department of Mathematics University of California, Berkeley, CA, 1983

13. SFPE (2011), Engineering Guide: Fire Exposures to Structural Elements, Bethesda, Md.: Society of Fire Protection Engineers.

14. Razdolsky L. "Structural "Fire Loads in a Modern Tall Building Design." Proceedings of SFPE Engineering Technology Conference, 2010, Lund University, Sweden 2010.

15. Lane, B. "Performance-Based Approach to the Design of Steel Structures in Fire". Arup Fire, New York, NY. Proceedings of: Society of Fire Protection Engineers (SFPE) and National Institute of Standards and Technology (NIST). June 11-15, 2001, San Francisco, CA, 415-426 pp, 2001. ■

SAFETY

People Evacuation in Case of Fire in High Rise Buildings *The Study of Human Behaviour and Movement During Evacuation and the Forecast of Fire in High-rise Buildings in Russia.*

(p. 112)

Continuation. The beginning in № 6, 2011 pp. 112 – 117, № 1, 2012, pp. 112 – 119, № 2, 2012, pp. 114 – 119

TEXT BY VALERY

KHOLSHCHEVNIKOV, DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCE, PROFESSOR OF THE ACADEMY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA (AGPS MCHS RF), PROFESSOR OF MOSCOW STATE UNIVERSITY OF CIVIL ENGINEERING OF RUSSIAN FEDERATION (MGSU), EXPERT OF RINKCE RF; ALEXANDER

PARFENENKO ENGINEER – PROGRAMMER; IVAN KUDRIN PHD STUDENT OF THE ACADEMY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA (AGPS MCHS RF)

3.4. PSYCHOPHYSICAL RELATIONS BETWEEN PARAMETERS OF HUMAN FLOW

Presented studies established sufficient representative statistical data collection of simultaneous measurements of travel speed and density of traffic flow for all types of routes (horizontal, door openings, and stairs ascent and stairs descent) in different movement conditions, which generated 25,000 values at the end of 70s. These results are shown in Figure 3.11 (a, b, c).

By this time a series of field observations of human flow movements was carried out abroad as well. The graphic representations obtained from the relations speed vs density of human flows that can be found in the published studies of that period are given in fig. 3.12.

Empirical relationships illustrate only their qualitative identity, but quantitative expression of each of them is quite different: from the fourth-degree polynomials to linear functions with small number of observed density intervals. Moreover none of the researchers explains the reason for their choice of type of approximating function. They were established with the help of best approximation polynomials. The varying results of approximation function values were explained by changing composition of human flows and varying psychological conditions during the moment of human flows (After all, why not?). The flow composition and movement condition coefficients were introduced to register the impact of those factors. The values of those coefficients were determined by means of dividing average values of empirical relations by average values of some "main" relationship arrived at as the result of uniting the values of empirical relations as well, which were obtained in the series of earlier movement flow observations of the respective types of routes[1].

However, this approach not only does not explain the nature of the observable correlations between the human flow parameters but it is also incorrect as it is only the homogeneous statistical aggregates that are to be united and the statistical homogeneity of the chosen aggregates has never been proved.

Observant people noted that research has a common trend in any area of knowledge: from empirical stage that is limited by collection and compilation of data to formation of separate theoretical constructions and then to theory that is advanced form of organization of scientific knowledge, which gives "integral view about laws and significant relations in a certain area of reality that is object of this theory" [2].

After acquaintance with data that is presented in ISO/TR 16738 Appendix G. "Guidance on travel speed and flow rates" one gets the impression that the given area of knowledge did not grow out of "nappies" of the empirical stage. However, the analyze of such literature as: Predtechenskii V.M., and Milinskii A.I. Planning for foot traffic in buildings (translated from Russian) stroizdat publisher, Moscow, 1969; English translation published for National Bureau of Standards and the National Science Foundation, Washington, by Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd, Ne Delhi, India, 1978; Togawa, K. Report 14 Buildings Research Institute, Tokyo, 1966; Fruin, J.J. Pedestrian planning and design. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental planners Inc., New York. 1971 shows, that scientific level of human evacuation reached the stage of the formation "the separate theoretical constructions" for a long time ago.

Apparently, the report drafters did not have a possibility to take into account either empirical data given in figures 3.11, 3.12 or theoretical findings carried out in Russia in the latest decades that serve as the benchmark for the standardization of evacuation process from various types of buildings including high-rise buildings.

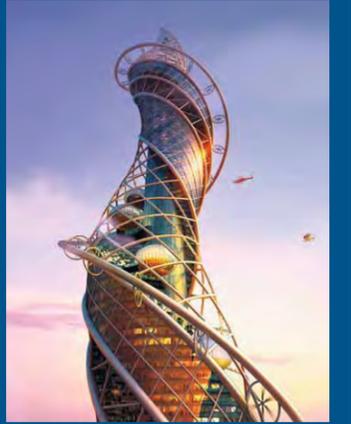
Obviously the results of numerous series of field observations clearly indicate that there is some "inner law that is making its way through randomness and taking control of it" [3], but the results do not reveal the nature of the law itself. Such situation is to be anticipated when we are talking about scientific research. Therefore philosophy of natural science says that if form and essence of things coincided directly, then all science would be superfluous. What constitutes the essence of the observed changes in the speed of human flow?

3.5. THE ESTABLISHMENT OF RELATIONS BETWEEN PARAMETERS OF A HUMAN FLOW

First step in answering this question is to form perception and appropriate description of observed fact in the respective form of presentations: Human flow is a stochastic process, random process. It is objectively testified by, for example, data on flow speed values distributions at any density interval as seen in fig 3.13.

Such perception leads to the understanding of the fact that the observable empirical relations are just individual realizations of relations intrinsic to this phenomenon. There is a random process in this case, with its conditions constantly changing, and thus affecting the manifestation of appropriate relationship. It is known that laws of such processes are described by random functions in probability theory.

Not only impact of random realization of the process makes it difficult to identify underlying essence of relationship between parameters. The fact that travel speed detected during all field observations is formed



To be continued

In 2004 the International Academy of Inventors, the Russian Academy of Natural Sciences, the International Association of Inventors have recognized the relation between the parameters of human flows as the discovery in the field of social psychology [15].

REFERENCE

1. Predtechenskii V. M, Milinskii A. I. Planning for foot traffic flow in buildings. Revised and updated edition. Moscow: Stoiizdat; 1969; Berlin, 1971; Koln, 1971; Praha, 1972; U.S., New Delhi, 1978. 2nd edition - M.: Stroyizdat, 1979.
2. Shvirev V. S. Theory // Big Soviet Encyclopedia – 3rd edition, b.25, p.434-436.
3. K. Marks and F. Engels. Composition, edition 2, b.25, p.11.
4. Anokhin P. K. New about a brain-work. Science and world. Moscow, 1965, c.35-47.
5. Anokhin P. K. The main problems of the general theory of functional systems. Moscow, 1973.
6. Zbrodin I. M, Lebedev A. T. Psychology and psychophysics. Moscow, 1977.
7. Fechner G. T. Elemente der Psychophysik. – Leipsig: Breikopf und Hartel, 1860.
8. Kholshcheynikov V. V. Human flows in buildings, structures and on their adjoining territories. Doctor of science thesis. Moscow: MISI; 1983.
9. Kholshcheynikov V. V. Modeling of relations between parameters of human flow // Research in accordance with bases of architecture engineering. (Functional, physical technical and esthetical architectural problems) – Tomsk: Tomsk university, 1983.- p.36-53.
10. Volkov P. P., Oksen V. H. Informational modeling of emotional states. Minsk, 1978.
11. Gumbel E. I. Statistical Theory of Extreme Values and Some Practical Applications. - Washington, 1954.
12. Volgin N.L. Coordinated optimum principle. Moscow, Soviet Radio Publisher, 1977.
13. Develop and implement new space planning and constructions taking into account the high-speed train running. Report/ MISI; research supervisor Kholshcheynikov V.V., responsible agent Dmitriev A.S. - № 01860005733 – M., 1989.
14. Isaevich I. I. A development of multi-variate analysis of design solution for subway stations and transfer knots based on foot traffic flow modelling. PhD thesis (Supervisor V.V. Kholshcheynikov). Moscow: MISI; 1990
15. Relationship between parameters of human flow. Diplom №245: scientific discovery in area of social psychology. – Russian Academy of Natural Sciences, International academy of authors of scientific discovery and inventions, International agency of authors of scientific discovery, 2004. ■

Table 3.2. VALUES OF AJ И D0,J FOR EACH ROUTE TYPE

Route type	a _j	D _{0,j} pers/m ²
Horizontal outdoors	0,407	0,69
Horizontal indoors	0,295	0,51
Door aperture	0,295	0,65
Stair downwards	0,400	0,89
Stair upwards	0,305	0,67

Table 3.3. CATEGORIES OF MOVEMENT AND UNIMPEDED TRAVEL VELOCITY

Categories of movement	Level of emotional state	Unimpeded travel velocity V ₀ , m/s	
		Horizontal way, door aperture, stair downward	Stair upward
Comfortable	0,00	<0,82	<0,45
Quiet	0,45	0,82-1,10	0,45-0,63
Active	0,68	1,11-1,50	0,64-0,92
Of increased activity	0,70	1,51-2,00	0,93-1,25

Table 3.4. VALUES OF THE RELATION (3.19) FOR THE APPROXIMATION OF RESULTS OF FOREIGN OBSERVATIONS.

Relations (source)	Coefficients			R ²
	V, m/min	a	D ₀ , pers/ m ²	
1	115,7	0,7053	1,314	0,9991
2	90	0,6941	1,098	1
3	87,6	0,3993	0,654	0,9913
4	115,7	0,6717	1,272	0,999
5 (horizontal way)	71,3	0,691	0,939	1
5 (stair upward)	51,7	0,4759	1,044	0,994
6,7,8	77,2	0,2894	0,452	0,9783

not only under the influence of density, but also as a result of emotional and psychological state people have in the observed situation, for example, comfort in the theater or increased activity during rush hour in the morning in the underground. Consequently, it is essential to find the way to diminish the impact of this factor. Classification of character of movement in case of changes in human flow density (table 3.1, p.116, №2/12 «Tall buildings»): pointed out this possibility long ago: even the name itself “free individual” suggests that in this interval the density has no effect on travel speed. This fairly obvious conclusion allows to determine at least statistical tendency of influence of density on travel speed from appropriate changes values during increasing density in each series of observations, and then to look for the nature of stipulation. Speed of human flow in emotional

state (e) - V_{1,Dj} at density (D_j) on the section J-type can be expressed as speed of movement without influence of density (at D₀) reducing by ΔV_{1,Dj} appropriate to increasing density to D_j, i.e.:

$$V_{1,Dj} = V_{1,0} - \Delta V_{1,Dj} \quad (3.15)$$
 Naturally, that speed reduction on value of ΔV_{1,Dj} is the human reaction on increasing influence of factors associated with increasing of density in any emotional state. To detect the trend of this effect based on the results of field observations, we express required reaction as follows:

$$R_{1,Dj} = (V_{1,0} - V_{1,Dj}) / V_{1,0} \quad (3.16)$$
 D₀ - is unknown, but we accept for empirical equivalent value of V₁ - average speed at the first interval of the density (D from 0 to 0,1) which stands out for a statistical analysis of results for all field observations. After calculation of empirical value of mathematical expectation m (R₁,

D) plot it on graph. Example of such a graph for a horizontal path is shown in Figure 3.14.
 The principal question that has to be answered is: **how is type of approximating curve chosen?**
 Leading specialists of mathematical statistics warn faithfully users that **mathematical formula gets only the real value when it is adequate to the internal relations between values or reflects relationships with a sufficient degree of approximation at least.**
 In the given case velocity is the physiological realization of psychological reaction of a person to the increase in the intensity of environmental impact caused by the growth of human flow density during the movement on some type of a route. Therefore it is logical to turn to psychophysiological theory of functional systems [4, 5] that describe formation

of a behavioral act in detail and to psychophysics that studies “quantitative relations between physical characteristics of stimulus and intensity of sensations that occurs as a reaction to this stimulus” [6]. The scheme of psychophysical process is shown in Figure 3.15.
 Possible approximating outlines curves suggest (trend in points of empirical mean values of R_{1,Dj}) that in this case it is highly likely that we observe the Psychophysical Weber-Fechner law in operation [7]. Therefore, general form function was used [8, 9] as a theoretical relation describing relationship between influence of human flow density and speed of movement for all types of routes:

$$R_{1,Dj}^T = a_j \ln(D/D_{0,j}) \quad (3.17)$$
 Example of the empirical relation approximation (values of relation are presented in figure 3.14 and formula 3.17) is shown in Figure 3.16. Confidence limits and limits of possible variation (10% and 5%) were it is preferably to locate approximating curve are also shown.
 In the case under consideration the limits of these percent intervals are narrower than Confidence limits which are fixed at 95% of significance level. Evaluation of correlation tightness between the given values was performed using theoretical correlation relation:

$$\eta = \sqrt{\sigma_p^2 / \sigma_y^2} \quad (3.18)$$
 Where, σ_p² - external variance; σ_y² - total variance.
 Such high values of theoretical correlation (η_y ≥ 0,95) characterize established connection as practical, **functional.**
 The application of the function (3.17) for the approximation of obtained empirical values R_{1,Dj} for each route type defines appropriate values a_j and D_{0,j} (table 3.2).
 Finding a relation in this link enables us to describe **the relationship between the parameters of the human flow as a stochastic process in the form of elementary random function.**

$$V_{0,j}^* = V_{0,j} [1 - a_j \ln(D/D_{0,j})] \quad (3.19)$$
 Elementary random function is product of a random value of free travel speed of human flow on non-random function (in the parentheses) which describes effect of its density.
 The values of a variable V_{0,j} depend on the composition of human flow and the level of their emotional state in situations with different psychological tension. Statistical analysis showed that at the first interval density is observed homogeneous sample of travel speeds, not only on the same kind of route, but for different kinds of routes. Moreover, homogeneous sampling is grouped into three - four speed intervals of free movement. Analysis of the conditions which conducted observations under, suggests identity of the psychological stress situations in the series of observations, which give the homogeneous sample population. However, more cannot be said,

because scaling of psychological tension of the situation is limited by order scale: comfortable movement, movement under normal conditions and in conditions emergency approaching (because of absence of observation in real emergency situations). Presentation about relation of physical activity indicators and emotional state levels that were scaled in relative units can be obtained from data (figure 3.17) that psychologists used for information emotional states modeling [10].
 However, there is no sufficient data to establish this correspondence as regards movement of people in situations having various degrees of psychological tension. Nevertheless, it is obvious that in the statistical density distribution probability of free travel speed value P(V_{0,j}^e) the maximum values of sample appropriate to movement of people who are in increased state. This led to the idea to use statistical theory of extreme term of sample [11] for predicting their possible values in the extreme, not observable, but possible situations (Emergency situations). But the maximum values of sample can not exceed twice the mean value [12].
 The obtained graphs of changes in mathematical expectations of free movement speed depending on people’s emotional state are given in fig 3.18, which helps us to categorize movements on the basis of emotional state of people (table 3.3).
 The statistics of observations shows that the distribution of free travel speed values has a normal law (or close to the normal law). So, the random value V_{0,j}^e can be described by numerical characteristic: m(V_{0,j}^e) ± 3σ(V_{0,j}^e). We should take the average value of a respective speed interval (given in table 3.3) as a mathematical expected value m(V_{0,j}^e) for each of the established movement category and the value of σ(V_{0,j}^e) – as equaling its 1/6. Thus, for example, during the “heightened activity” movement we have the following:
 - horizontal way, door aperture, stair downward:
 m(V_{0,j}^e) = 105 m/min, σ(V_{0,j}^e) = 5 m/min; (3.20)
 - stair upward:
 m(V_{0,j}^e) = 65 m/min, σ(V_{0,j}^e) = 3,2 m/min. (3.21)
 The successive human flow studies of both mixed and differentiated human flow composition have shown the unchanging nature of the established type of relation that describes the correlation between flow speed and its density during the movement on all types of routes under different psychological conditions. Those researches were carried out on subway pedestrian crossings, old people’s homes, nursing houses, pre-school and school buildings, cultural institutions, sports and recreational buildings. In each individual case it is the values of the parameters included that are changing (V_{0,j}^e, a_j, D_{0,j}). In order to illustrate the obtained relations, figure 3.19

demonstrates the results of human flow field observations on pedestrian routes of Moscow Underground during the “rush hours” in the morning and in the afternoon [13,14]. Morning rush hours are characterized by “heightened activity/intentions?” and the afternoon rush hours by “active” movements. It is important to note that random aggregate data obtained during field observations of pedestrian metro structures in operational periods are statistically inhomogeneous and, consequently, it is incorrect to unite them in order to obtain a “common” relation. This fact clearly demonstrates “the nuances” of statistical processing that human flow researches left “without due attention” for a long time.
 There is a significant interest in testing the application of the established type of relation (3.19) to approximate the results of foreign field observations shown in fig 3.12. They have not been included into the series of field observations, which served as an empirical basis for establishing this relation, because the methodology of how they are obtained is unclear and the later is very important in order to assess its validity and also due to the lack of the numerical values. That is why the values V_{0,j}^e are set on the basis of coordinates of the graphs shown in fig. 3.12. Table 3.4 shows approximated coefficients of the established psychophysical relations of human flows for the empirical relations given by foreign authors. It is absolutely obvious that the graphs given in figure can be inaccurate compared to the original as a result of graphic representation. However, it is just as well obvious that they demonstrate both qualitative and quantitative similarity to empirical relations.
 So, the data of observations in London underground (with D up to 5 pers/m²) is described with the help of a very similar relationship (V_{0,j}^e = 88m/min) that was established (figure 3.19) during the extensive studies at the stations and transfer hubs of Moscow underground.
 From the beginning of the 1980s the established relation between the parameters of human flows has been widely used in Russia in technical normative documents for calculations connected with evacuation processes. Calculation relations between velocity, intensity of the flow and human flow density were standardized (in the form of a table) for the first time in SNIP II-2 – 80 “Firefighting Norms for Building and Structure Planning”. Then they were borrowed in GOST 12.1.004 (State Standard) “Fire Safety”. They have also been used to describe the respective correlations for the various mobility groups in SNIP 35-01 “Accessibility of Buildings and Structures for the Groups of Low Mobility People”. They have been used in “Methodology of Establishing Calculation Values of Fire Risks in Buildings and Structures”.