

УДК 624.014.2

## Современные тенденции в высотном строительстве

Володько А.С., Дундал И.Ю., Ковалев С.В.

(Научный руководитель – Вербицкий А.Г.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Начало XXI века отмечено бурным ростом объемов высотного строительства в развитых и развивающихся платежеспособных странах мира. Возведение таких объектов позволяет поднять международный престиж государства, повысить туристическую привлекательность и улучшить архитектурный облик городов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Современный мегаполис

4 января 2010г в Дубае состоялась церемония открытия самого высокого (828 м, 164 этажа) в мире здания - "Бурж Дубай". Небоскреб возводили шесть лет. Автор проекта - американский архитектор Эдриан Смит, уже имеющий опыт проектирования подобных сооружений. Возведение огромного здания обошлось девелоперу – компании Emaar Properties в \$2 млрд, более чем \$9 млн на каждый этаж.

В небоскребе 57 лифтов самой быстроходной в мире системы, двигаются кабинки со скоростью 18 метров в секунду. Есть авто-

номная система электроснабжения - 60-метровая ветряная турбина и огромные солнечные батареи. Башню видно с расстояния 90 километров.

Материалы: конструкции – железобетон, сталь; фасад – нержавеющая сталь, алюминий, стекло. Для строительства башни потребовалось 330000 кубических метров бетона и 31400 тонн стальной арматуры.

Здание Burj Dubai является центральным звеном широкомаштабного проекта, который включает отели, парковые зоны, торговую галерею Dubai Mall и рукотворное озеро BurjDubai. Сама башня предназначена для размещения отелей, частных резиденций, офисов и роскошных апартаментов.

Проект изобилует интересными планировочными и инженерно-техническими решениями, сложными точками зрения логистики схемами доставки и хранения строительных материалов и оборудования. За восемь месяцев до окончания строительства, когда основные работы были завершены, на объекте ежедневно работало 9800 человек. Burj Dubai включает большое количество крупных конструктивных элементов и имеет сложную планировку.

Основание башни представляет собой фундамент, состоящий из двухсот железобетонных столбов диаметром 1,5 м, заложенных на глубину более 50 м, поддерживающих массивную железобетонную плиту толщиной 3,7 м.

Конструктивно сооружение состоит из трех независимых флигелей (крыльев), установленных под углом 120° к центральной оси башни (рисунок 2).

Флигели здания и центральная часть ядра жесткости механически связаны между собой консольными балками на нескольких технических этажах. Каждый флигель постепенно сужается кверху, в форме «трехгранного штыка». Бетонные плиты перекрытий связаны со стенами ядра жесткости. Выносные плиты карнизов позволяют перераспределять возникающую нагрузку или передавать ее на вуты (утолщения) несущих балок. Большинство стен являются важными несущими конструктивными элементами здания. Толщина основных стен составляет около 600 мм, а несущие колонны оконечности флигелей имеют диаметр 2,5 м.

До 156-го этажа башня выполнена из железобетона (рисунок 3). В ходе строительства широко применялись трубобетонные колон-

ны, имеющие небольшую гибкость и малые эксцентриситеты приложения продольной силы. Они обладают исключительно высокой несущей способностью при относительно малых поперечных сечениях. Этому способствует эффект обоймы, который создает стальная оболочка для бетонного ядра. Данный эффект особенно ярко проявляется в колоннах круглого поперечного сечения. Стальная обойма в свою очередь, благодаря благоприятному влиянию внутреннего давления твердой среды, предохранена от потери местной устойчивости.

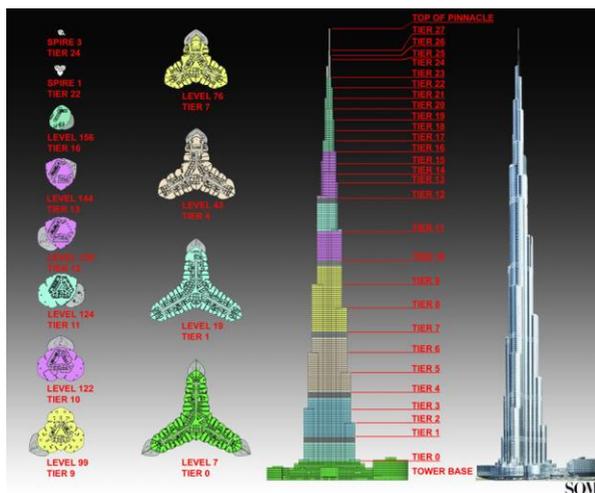


Рисунок 2 – Конструкция здания

Другое важное достоинство трубобетонных элементов – их повышенная жесткость, обусловленная увеличением приведенного модуля упругости за счет большей жесткости металла оболочки. Трубобетонные конструкции очень надежны в эксплуатации. В предельном состоянии они не теряют несущую способность мгновенно, как обычные железобетонные элементы, а еще длительное время способны выдерживать действующую нагрузку. Следовательно, в таких конструкциях открывается широкая возможность для использования современных высокопрочных бетонов. Здесь практически преодолен один из основных недостатков таких бетонов – их высокая хрупкость.



Рисунок 3 – Конструкция железобетонного каркаса

Сжатые трубобетонные стержни, изготовленные из круглых стальных труб, отличаются равноустойчивостью вследствие осевой симметрии их поперечного сечения. Жесткость на кручение такого стержня на порядок выше, чем у стержней незамкнутого профиля. Изоляция бетонного ядра от окружающей среды создает более благоприятные условия для его работы под нагрузкой.

В неизолированном бетоне большие нагрузки вызывают более значительную деструкцию, чем в изолированном. При высоких уровнях напряжений в неизолированном бетоне развитие микротрещин все время прогрессирует, у изолированного бетона при тех же напряжениях оно полностью прекращается в течение первых 2 ÷ 3 дней. Если в неизолированных образцах нелинейность деформаций ползучести наблюдается, в основном, в течение первых 20 ÷ 30 суток после их нагружения, то в изолированных – в первые 2 ÷ 7 суток.

Благодаря стальной оболочке, ТБК сохраняют все достоинства металлических конструкций в плане монтажа. За ненадобностью опалубочного оборудования процесс изготовления трубобетонных элементов значительно облегчается и становится выгоднее как по трудозатратам, так и по стоимости. Наружная поверхность трубобе-

тонных конструкций круглого поперечного сечения примерно в два раза меньше, чем стальных конструкций из профильного проката. Вследствие этого у них заметно меньше расходы по антикоррозионной и огнезащитной окраске.

На железобетонном основании на уровне 156-го этажа было необходимо установить стальную конструкцию надстройки и шпиль, которые вместе имели высоту 215 м.

Шпиль, длиной более чем 140 м, собирался внутри этой конструкции как вертикальное продолжение трубы и поднимался системами блоков на 87 м, чтобы верхняя точка шпиля достигла отметки, равной 818 м. После установки металлоконструкции были сняты помосты и леса, что позволило освободить место для установки шпиля на верхнем основании металлоконструкции. Невзирая на значительные колебания здания Burj Dubai, используя оптический отвес и опыт строителей, монтаж шпиля был удачно завершен. В заключении были проведены испытания колонн металлоконструкций и шпиля на вертикальность и отсутствие прогиба. Сборка металлоконструкции надстройки и шпиля заняла около 19 месяцев.

Очевидно, что башне Burj Dubai недолго оставаться мировым рекордсменом. В Саудовской Аравии и Кувейте уже строятся небоскребы, которые преодолют ранее недостижимую для строителей высоту 1000 м.

Основные принципы конструктивных решений, а также технологии возведения высотных зданий за рубежом необходимо использовать при возведении подобных объектов в Республике Беларусь с учетом возможностей строительного комплекса республики.