

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beispiele zur Bemessung nach DIN 1045-1: Hochbau. Berlin: Ernst, 2009. German: 3. Aufl.
2. ТКП EN 1990-2011* (02250). Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций. – Введ. 2011-11-15. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2012. – 61.
3. ТКП EN 1992-1-1-2009* (02250). Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Введ. 2009-12-10. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2015. – 205 с.
4. ТКП 45-5.01-67-2007. Фундаменты плитные. Правила проектирования. – Введ. 2007-04-02. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 136 с.
5. <https://rep.bntu.by/handle/data/34368>

УДК 624

Конструкции Королевской башни в Джидде, Саудовская Аравия

Курневич В.В.

Научный руководитель: Коледа С.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Kingdom tower, или Королевская башня, будет самым высоким зданием в мире с абсолютной высотой 1020 метров, что почти на 200 метров выше сегодняшнего рекордсмена башни Burj-Khalifa в Дубае, ОАЭ. Архитекторами обеих башен выступают Эдриан Смит и Гордон Гилл.

Королевская башня имеет поразительную схожесть с эскизами небоскреба The Illinois американского архитектора-визионера Фрэнка Ллойда Райта. Действительно, совпадает если не все, то главное, а именно – штативная конструкция и рвение сотворить самое высокое здание на планете.

Райт описал здание в книге 1957. Это был небоскреб высотой 1600м, предназначенный для строительства в Чикаго. Насчитывал 528 этажей с парковкой на 15 000 автомобилей и 150 вертолётов. Общая площадь 1,715,000 м2. Если построить это здание оно будет

самым высоким в мире, в 4 раза больше Эмпайер Стейт Билдинг и в 2 чем Бурдж-Халифа. Райт считал возможным уже в то время построить здание такой высоты, используя самонесущие стальные конструкции. Однако из-за высокой гибкости материала, амплитуда раскачивания башни была значительна.

Решением было разработать штатив конструкции в сочетании с предварительно натянутым стальным каркасом (Си-Эн Тауэр) или разместить демпфер внутри башни (Citigroup Center и Тайбэй 101). Однако такие инновации стали использовать спустя десятилетия.

Кроме того достижения в монолитном строительстве упростили процесс возведения небоскребов. В своей книге

Райт описывает предлагаемую структуру поэтажных планов. До 320- го этажа лестница не отделена от помещений, к 528 этажу доступ только через лифт, поскольку Райт считал свое здание пожаробезопасным, то лестница стала не актуальной. Здание обслуживало 76 лифтов-танDEMов, обслуживающих за раз 5 этажей одновременно. Эти лифты позволяют

Таким образом можно сказать, что Райт в середине 20 века разработал схему плана, которая дала начало для создания небоскребов, которые раньше лишь оставались на бумаге.

Генеральный план. Территория в 23 га, в центре которой находится башня, спроектирована фирмой AS+GG и носит название «Набережная Королевской башни». Это единое пространство с пешеходными улочками, проходящими вдоль реки.

Набережная включает в себя торговые центры, коммерческие предприятия и жилую застройку, а также роскошные отели.

Набережная соединяет башню с другими участками района Kingdom center и площадями торговых центров, образуя многофункциональную систему отдыха и развлечений.

Разработка формы плана и башни. При разработке плана и формы башни в первую очередь стояла задача создать устойчивое здание при высоких аэродинамических нагрузках. При этом необходимо было создать высокое здание без увеличения наземной площади.

Простые формы круга, квадрата или треугольника были легко возводимы, экономичны, однако для достижения высоты в 1000м, площадь плана составляла от 6000-10000 м². Следующим шагом стало заострение формы, однако при этом каждый вышележащий план этажа имел разный размер, что привело бы к росту стоимости строи-

тельства. Затем была принята форма креста, однако при ней нарушалось частное пространство жильцов, оставалась большая площадь плана, была значительная ветровая нагрузка, необходимы 4 лестницы, при которых снижалась эффективность. При Y- форме все еще оставалась значительная площадь плана. После чего стены крыльев были сведены к центру. Y-форма плана позволяет экономить площадь, при этом позволяя башне оставаться устойчивой, и сохранять пропорции 1:10. Разделение крыльев на 120 позволяет открыть красивый вид без угрозы частной жизни. Треугольное ядро также хорошо сопротивляется ветровым изгибающим нагрузкам. Y-образный план предусматривает по крайней мере 3 лестницы, заключенных в бетонные стены, что обеспечивает надежную и безопасную жизнедеятельность башни. Кроме того они огнестойки и являются механизмом контроля звука между общественными коридорами и жилыми помещениями.

Для борьбы с аэродинамической нагрузкой по мере роста башни размер сечения уменьшается, в добавок к этому каждое крыло имеет конусную обтекаемую форму. Секции башни, спроектированы так, чтобы гонять ветер в разные стороны это разрушает мощь вихрей и не дает ветру захватить здание. Обдувая башню, ветер никогда не образует единого потока. Вокруг каждой части здания вихри образуются с различной скоростью. Разработчики фактически спроектировали ветер, моделируя его поведение вокруг башни.

Форма башни и ряд специальных выемок позволяют защитить помещения от перегрева, при этом большая площадь остекления с высокой степенью теплоизоляции снизит затраты на поддержание комфортной температуры. Все здание планируется окружить уютными патио.

Фундамент. Основной задачей для конструкторской фирмы thornton tomasetti спроектировать систему фундаментов, которая будет удерживать вес при неравномерных осадках грунта.

Фундамент башни – 270 монолитных свай: 226 свай диаметром 1,5 м, 44 – 1,8 м, которые несут бетонную плиту, охватывающую все поле свай. Площадь плиты фундамента 3,720 квадратных метров, с центра до края крыла расстояние около 60 метров. Плиту можно разделить на 4 зоны: три крыла и центр активной зоны. Таким образом нагрузка равномерно распределяется на всех четырех зонах и пере-

дается на сваи. Расстояние между сваями равно 2,5 диаметра сваи, этого достаточно для равномерного распределения нагрузки. Фундаментная плита имеет толщину 4,5 м в центре башни и 5 м под концами крыльев.

Глубина заложения свай на концах башни – 45 м и увеличиваясь к центру достигает 105 м. После первых испытаний свай в 2011, когда проект был отправлен на доработку, была определена именно такая глубина, так как она должна быть не менее чем на 5 метров выше нижнего слоя песчаника, к тому же при такой глубине происходит более плавное оседание фундамента на протяжении всего поля свай.

Конструкция надземной части. Сердечник башни составляет железобетонная монолитная система стен (в плане треугольная). Стены и перекрытия образуют жесткий каркас по всему периметру здания, начиная от центра и заканчивая крайними точками крыльев. Колонны и столбы отсутствуют. Нагрузка на стены возрастает от центра башни с 50 МГ до более чем 400 МГ на концах крыльев. На строительство будет затрачено 80 000 тонн стали. Некоторые железобетонные части несущего остова в толщине достигают метра (рис. 11) Постоянный и непрерывный вертикальный характер стен позволяет вести непрерывный процесс строительства. При этом опалубка может использоваться повторно, путем сдвига от 200 до 300 мм каждые 4м по мере продвижения вверх.

Современные достижения в бетонных конструкциях, а так же насосные технологии будут использованы для доставки высокопрочного бетона в верхние части башни.

Еще одно существенное проектное решение на раннем этапе было стандартизировать высоту от пола до пола на четыре метра для всех видов помещений, в том числе офисных и жилых. Чтобы снизить стоимость строительства все компоненты и системы такие как, воздушные единицы обработки, теплообменники, насосы, резервуары для хранения, электрические распределительные щиты, трансформаторы так же прошли процессы стандартизации.