



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Практикум по дисциплине

«Нормативная база проектирования высотных и большепролетных зданий и сооружений»

Авторы
Пименова Е. В.,
Иванова П. В.

Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

Методические указания для практических занятий по дисциплине «Нормативная база проектирования высотных и большепролетных зданий и сооружений» для обучающихся по направлению 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализация «Строительство высотных и большепролётных зданий и сооружений» очная форма обучения.

Содержит теоретическую основу и рекомендации для выполнения практической работы по дисциплине «Нормативная база проектирования высотных и большепролетных зданий и сооружений».

Электронная версия методических указаний находится в ЭБС.

Авторы

к.арх., профессор кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений»
Пименова Е.В.,
ст. преподаватель кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений»
Иванова П.В.



Оглавление

1. Общие указания	4
2. Общие требования к проектированию высотных зданий.	5
2.1 Нормативное обеспечение высотного строительства в России.....	6
2.2 Объёмно-планировочные решения.....	6
2.3 Конструктивные системы высотных зданий.....	12
2.4 Конструктивные элементы.	15
3. Общие требования к проектированию большепролётных зданий.	21
3.1 Особенности проектирования спортивных сооружений	23
Приложение 1. Пример выполнения графической части практической работы.....	29
Список литературы	34

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Практические занятия по курсу «Нормативная база проектирования высотных и большепролетных зданий и сооружений» проводятся с применением компьютерной техники, в специально оборудованной аудитории. На первой части занятия объясняется теоретическая основа, на базе которой за вторую часть занятия выполняется практическая работа. Практический курс данной дисциплины даёт профессиональные знания и навыки по следующим разделам:

- современную научно-техническую информацию и нормативную базу применяемые в высотном и большепролётном строительстве;
- отечественный и зарубежный опыт в сфере строительства уникальных зданий и сооружений;
- основы функционального проектирования высотных и большепролётных зданий и сооружений;
- грамотное выполнение анализа выбранного объекта и оформление практической работы.

Итогом практических занятий является практическая работа, для выполнения которой студент выбирает объект строительства, а именно построенное уникальное высотное или большепролётное здание, или сооружение. В данной работе необходимо привести описание и историю строительства объекта, сделать анализ объёмно-планировочного решения, а также конструктивной системы и применяемых конструкций. При выполнении каждого из пунктов необходимо соотнести применённые решения в проектировании здания или сооружения с существующими нормативными документами.

Состав практической работы:

Практическая работа состоит из графической части, которая выполняется на 3 листах формата А3 (297×420 мм), и пояснительной записки в виде реферата, оформленных в соответствии с рекомендациями данных методических указаний.

Графическая часть:

Первый лист: Привести описание, основные параметры, важные моменты из истории создания проекта и строительства выбранного здания или сооружения.

Второй лист: Сделать анализ объёмно-планировочного зонирования здания или сооружения по вертикали на разрезе. Такой же анализ выполнить на планах с нескольких уровней по высоте (не менее 2 планов), имеющих отличия по площади, плани-

ровке, функциональном назначении или расположении конструкций.

Третий лист: Определить и описать конструктивную систему и применяемые конструкции. На плане и разрезе здания или сооружения указать основные конструктивные элементы являющиеся несущими. Привести узлы основных несущих элементов.

При проведении анализа объёмно-планировочного и конструктивного решения необходимо определить соответствие применённых решений с Российскими нормативными документами в области проектирования и строительства высотных и большепролётных зданий и сооружений.

Пояснительная записка:

Выполняется в виде реферата на листах формата А4 и является неотъемлемой частью практической работы. Здесь поясняется в развёрнутой форме всё что сделано в графической части, и дополняется информацией, не указанной на графических листах. Объём пояснительной записки от 7 до 10 страниц, высота шрифта 14 с интервалом 1,5. Картинки и чертежи не должны занимать более половины листа.

2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.

К высотным зданиям и сооружениям относятся здания и сооружения, которые имеют высоту более 75 м.

Уникальными являются те, на которые в проектной документации предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

- Использование конструкций и конструктивных схем: 1. Требующих применения нестандартных, либо разработки специальных методов расчета; 2. Требующих экспериментальной проверки на физических моделях; 3. Применяемых на территориях, сейсмичность которых превышает 9 баллов;

- Высота более 100 м;

- Вылет консолей более 20 м;

- Заглубление подземной части ниже планировочной отметки земли более чем на 15 м.

- А так же многофункциональные офисные, торгово-развлекательные комплексы и прочие с максимальным расчетным пребыванием более 1 000 человек внутри объекта или более 10

000 человек вблизи объекта.

2.1 Нормативное обеспечение высотного строительства в России.

В 2016 году Минстрой России разработал нормативно-техническую базу для высотного строительства - СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования». Данный свод правил стал первым федеральным документом в области высотного строительства. В нём содержатся все основные требования, нормы и правила, необходимые при проектировании высотных зданий.

Этот документ разработан в соответствии с федеральными законами «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ, «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ, «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ. И устанавливает требования к проектированию высотных зданий и комплексов с учетом СП 54.13330, СП 118.13330, СП 113.13330, СП 59.13330, СП 48.13330, СП 126.13330.

При проектировании высотных жилых зданий их следует относить к I уровню ответственности, согласно СП 20.13330.2011. Свод правил «Нагрузки и воздействия» (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*). В связи с этим коэффициент надежности по ответственности принимается равным 1,1 – для зданий свыше 75 м до 100 м, 1,15 – свыше 100 м до 125 м и 1,2 – свыше 125 м до 150 м.

Оценка долговечности здания при необходимости может быть выполнена по методикам международных норм ИСО 15686-2000, а для зданий с основными несущими конструкциями из монолитного железобетона – также по нормам РИЛЕМ 130-CSL.

2.2 Объёмно-планировочные решения.

В современной практике строительства выделяют следующие основные направления создания объёмно-планировочной структуры высотных зданий:

1. Планировочная структура здания основана на сочетании различных по функциональному назначению помещений.
2. Функциональная структура многофункциональных высот-

ных зданий, базируется на чётком вертикальном зонировании:

- в подземных этажах размещают гаражи, парковки, сервисные помещения, помещения технического обслуживания здания;

- на первом этаже – входы в здание, магазины, рестораны, развлекательные помещения, кинотеатры, спортивные помещения;

- на верхних типовых этажах – офисные помещения или жилые апартаменты;

- на самом верхнем этаже – помещения для спорта, пентхаусы, обсерватории и т.п.;

- на крыше – смотровую площадку, ресторан, бассейн, площадку для вертолётов, а также инженерные системы (системы сигнальных огней, антенны резервуары с водой и т.п.).

Форма здания, выбираемая при проектировании, непосредственно влияет микроклимат внутри здания. Поэтому в решении объёмно-планировочных задач, при выборе вариантов отдают предпочтение вариантам компактной формы с минимальным удельным расходом, как наружных ограждающих конструкций, так и несущих конструкций. Обтекаемая форма и четкая ориентация застройки к направлению господствующего ветра позволяет снизить величину давления ветра на здание на 50-70 процентов, а также уменьшать его теплопотери.

Применяемые планировочные решения должны вписываться в модульную сетку разбивочных осей и высоты этажей. Для общественных зданий рекомендуются следующие сетки колонн: 6 × 6; 6 × 9; 6 × 12; 9 × 9; 12 × 12 м, допускаются размеры 3,0, 4,5 и 7,5 м. Высоту этажей принимают равной 3,3; 3,6; 4,2 м. и более с модулем 0,6 м. Форма плана, общая пространственная композиция и высота здания взаимосвязаны, они зависят от градостроительных факторов, природно-климатических условий, а также технологических, экономических и эксплуатационных возможностей применяемых конструкций.

Рациональное соотношение высоты здания (h) к его ширине (l) не должно превышать 8:1($h:l$). При уменьшении площади плана в разных уровнях по высоте, учитывается ширина (l) на уровне $2/3$ высоты здания.

Инженерное оборудование устанавливают на специально предусматриваемых технических этажах. Обычно на 8...12 типовых этажей приходится один технический. Инженерные коммуникации прокладывают в вертикальных шахтах и горизонтальных каналах, под которые используют свободное пространство в пре-

делах габаритов колонн и межбалочного пространства перекрытий.

Высотность влияет на выбор формы и объемно-планировочных решений зданий независимо от их функционального назначения. Высотные здания проектируют преимущественно башенного типа с компактной центричной формой плана исходя из требований минимального ограничения инсоляции примыкающей застройки и необходимости формирования выразительно-го силуэта здания.

В связи с радикальным влиянием на устойчивость здания ветровых воздействий с учетом возможности резонансного вихревого возбуждения колебаний зданий (при отношении высоты здания к его наименьшему поперечному размеру в плане больше 7) его горизонтальное сечение существенно развивают (до 40х40, 50х50, 40х60 м в зависимости от высоты). Таким образом, площадь этажа башенного здания не превышает 2-2,5 тыс. кв.м. даже в 80-100-этажных небоскребах.

В соответствии с характеристиками в нормативных документах регламентирована практически неощутимая величина ускорения колебаний - 0,08 м/с². Специфичным для проектирования конструкций высотных зданий является ограничение прогиба верха здания (с учетом крена фундаментов) в зависимости от его высоты. При таких ограничениях не возникает нарушений в работе лифтов и заметных перекосов в ограждающих конструкциях.

В целях снижения ветровых воздействий проектировщики часто выбирают эффективную в аэродинамическом отношении объемную форму здания - цилиндрическую, пирамидальную или призматическую. В целях повышения устойчивости здания прибегают к расширению его сечения к основанию в одном или двух направлениях.

Весьма эффективная в аэродинамическом отношении пирамидальная форма башни применяется относительно редко как по объемно-планировочным так и конструктивным соображениям. Она не всегда хорошо согласуется с рядом распространенных конструктивных систем и требует поэтажной смены планировочных решений.

Воздействие ветра на высотное здание определяется рельефом местности, наличием зданий и сооружений, деревьями, а также объемно-пространственной структурой самого здания. При расчете учитываются такие характеристики, как скорость, направление и характер ветра, причем средняя скорость ветра, как правило, возрастает с высотой.

Основным инструментом определения распространения ветрового давления на высотное здание и влияние возведенного здания на окружающую застройку является специальная аэродинамическая труба. В аэродинамической трубе, в зависимости от поставленных задач, проверяются модели различного масштаба, например, М 1:1250, М 1:1500 или М 1:500, определяются параметры давления на здание, влияние на окружающую среду, шум от ветра и другие показатели.

На выбор пропорций высотных башен оказывают непосредственное влияние также нормативные ограничения горизонтальных перемещений верха здания с учетом крена фундаментов в зависимости от его высоты (Н). Они должны составлять для зданий высотой до 150 м не более $1/500Н$, свыше 250 - $1/1000Н$, для промежуточных высот - по интерполяции.

Высотные здания, как правило, существенно дороже многоэтажных или повышенной этажности. При этом на их удорожание (помимо естественно более дорогого решения подземной части, усиления основания и более дорогих несущих конструкций) влияет еще целый ряд факторов, отражающихся на объемно-планировочном решении высотных зданий и приводящих к увеличению их стоимости. К этим факторам относятся:

- частичная утрата рабочих площадей высотных зданий (с соответствующим удорожанием) из-за размещения в их объеме горизонтальных несущих конструкций (ростверков, консолей), занимающих пространство отдельных этажей;

- затраты 20-30% кубатуры здания на размещение вертикального транспорта и его обслуживание (лифтовые холлы, лифтовые шахты, машинные отделения и пр.);

- устройство технических этажей для размещения инженерного оборудования (насосных станций, зональных элементов внутреннего теплоснабжения, вентиляционных систем, элементов хозяйственно-питьевого и пожарного водоснабжения и пр.);

- устройство горизонтальных пожарных отсеков для временного пребывания населения.

Устройство горизонтальных жесткостворных конструкций (ростверков), необходимо для обеспечения совместности перемещений всех вертикальных несущих элементов. Для размещения ростверковых конструкций обычно отводятся горизонтальные прослойки здания высотой в этаж, исключая их использование по прямому функциональному назначению. Шаг ростверков по высоте здания составляет 15-25 этажей. Образующую при этом несущую систему иногда называют конструкцией «по принципу

бамбука».

Таких же затрат внутреннего пространства требуют консольно-ствольные или консольно-подвесные конструктивные системы для размещения их основных горизонтальных несущих конструкций. Систему вертикального транспорта проектируют с устройством отдельных зон лифтового обслуживания. Ориентировочная высота зоны составляет 20-25 этажей. Режим работы лифтов в каждой из зон может быть различным, например, нижняя зона обслуживается группой лифтов со скоростью от 1,7 до 4,5 м/с и с остановками на каждом этаже, лифты второй зоны могут проходить первую транзитом на максимальной скорости (от 4,5 до 7 м/с), а выше нее - с остановками на каждом этаже и скоростью до 4,5 м/с и т.д. Необходимое количество лифтов определяется расчетом исходя из нормированного времени ожидания лифта: в офисах - 30-35с, в жилых домах и гостиницах - 40-80 с.

Обеспечение пожарной безопасности в высотных зданиях является одной из ведущих проблем проектирования. Ее достигают устройством противопожарных отсеков, применением негорюемых конструкций с высокими пределами огнестойкости, устройством незадымляемых лестниц и лифтовых шахт, специальных систем дымоудаления.

Требуемая огнестойкость несущих конструкций высотных зданий должна определяться в соответствии с ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» с учетом таблицы 1. Класс конструктивной пожарной опасности должен быть С0.

Таблица 1.

Высота здания, м	Предел огнестойкости строительных конструкций		
	Основные несущие конструкции здания (несущие стены, колонны и другие несущие элементы)	Противопожарные стены и перекрытия для деления здания на пожарные отсеки	Шахты лифтов и стены лестничных клеток
До 100	R 150	REI 150	REI 150
От 100 до 150	R 180	REI 180	REI 180
150 и выше	R 240	REI 240	REI 240

Здания делят на вертикальные и горизонтальные пожарные отсеки: по вертикали -противопожарными перекрытиями, по горизонтали - стенами. Предел огнестойкости противопожарных преград по СП 267.1325800.2016 соответствует показателям ука-

занным в таблице 1. Высоту пожарного отсека в жилых домах назначают не более 50 м, в офисах - 90м.

Наибольшая площадь пожарного отсека между противопожарными стенами составляет в высотных гостиницах 1500м², в жилых зданиях 2000м², в офисах 2500м². В связи с этим устройство отсеков по протяженности в высотных зданиях неактуально. Производится деление на отсеки по высоте здания, влияющее на его объемно-планировочное решение в связи с необходимостью устройства противопожарных зон безопасности в виде помещений для временного (до окончательной эвакуации из здания) пребывания людей.

Зоны безопасности вычленяют противопожарными стенами и перекрытиями с тамбурами на входах, обеспеченных приточной вентиляцией.

Эвакуационные лестницы в высотных зданиях проектируют незадымляемыми преимущественно по типу Н2 - с обеспечением незадымляемости инженерными средствами: подачей наружного воздуха в лестничные клетки и ведущие к ним тамбуры-шлюзы за счет приточной вентиляции с подпором. |

В СП 112.13330.2011 (СНиП 21-01-97*) «Пожарная безопасность зданий и сооружений» определяется, что для каждого здания большей высоты должны быть разработаны технические условия, отражающие специфику противопожарной защиты здания, включая комплекс дополнительных инженерно-технических и организационных мероприятий.

Перед проектировщиками и сотрудниками пожарной охраны стоит задача: учесть в данном документе все вопросы, связанные с обеспечением пожарной безопасности и разработать комплекс необходимых мероприятий, которые способствовали бы обеспечению безопасности людей в случае возникновения пожара и созданию условий его успешного тушения.

Так же необходимо учитывать расстояния до пожарных частей и их оснащенность специальной техникой (автонасос высокого давления, коленчатый подъемник или автолестница высотой более 50 м и др.). Не всегда эти вопросы находят отражение в ТУ.

Все рассмотренные особенности решений высотных зданий в совокупности приводят к снижению экономичности их объемно-планировочных решений.

Чтобы это снижение было минимальным, при проектировании стремятся предусматривать по возможности единые отметки членения зданий по высоте техническими этажами и совмещать в общем пространстве размещение ростверковых и других горизон-

тальных несущих конструкций, помещений зон противопожарной безопасности, размещения зонного инженерного оборудования (насосов, вентиляционных систем и пр.), а также границей лифтового обслуживания.

2.3 Конструктивные системы высотных зданий

Согласно СП 267.1325800.2016 пункту 8.2 несущие конструктивные системы высотных зданий могут быть выполнены регулярными, с одинаковым шагом колонн и стен по длине, ширине и высоте здания, или нерегулярными в плане и по высоте здания.

Нерегулярную несущую конструктивную систему следует проектировать таким образом, чтобы центр жесткости и центр масс конструктивной системы совпадали (или были близкими) с центром общей площади фундамента.

Для обеспечения общей пространственной жесткости и перераспределения усилий в нерегулярных конструктивных системах высотных зданий вводят распределительные конструкции в виде толстых плит, распределительных балок и стен ферм.

Повышение пространственной жесткости конструктивных систем высотных зданий следует обеспечивать применением:

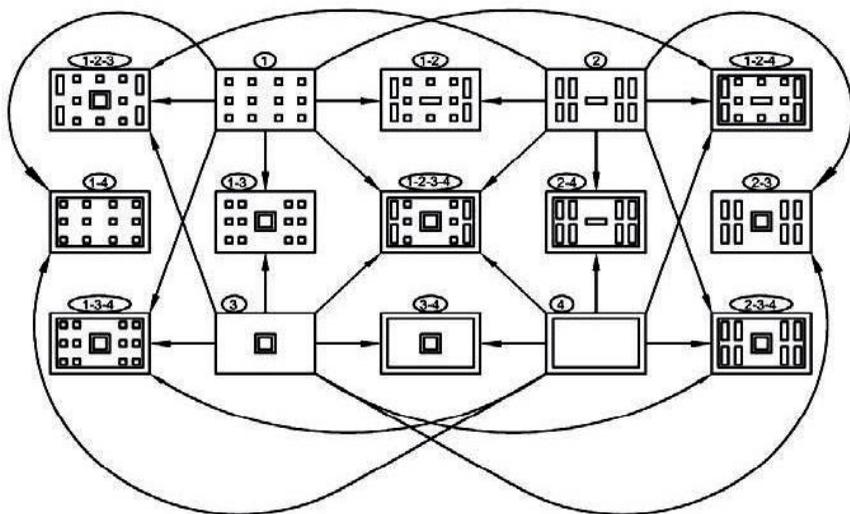
- развитых в плане и симметрично расположенных диафрагм и ядер жесткости;
- коробчатых (оболочковых) конструктивных систем с несущими наружными стенами по всему контуру здания или часто установленными стальными колоннами;
- конструктивных систем с регулярным расположением несущих конструкций в плане и по высоте здания;
- жестких дисков перекрытий, объединяющих вертикальные несущие конструкции и выполняющих функции горизонтальных диафрагм жесткости при действии ветровых или сейсмических нагрузок;
- жестких узловых сопряжений между несущими конструкциями;
- аутригерных конструкций, которые, как правило, располагают в уровне технических этажей.

Наиболее эффективно проектирование аутригерных конструкций в уровне верхних технических этажей и (в зависимости от высоты здания) средних технических этажей для районов сейсмичностью 6 баллов и менее. Для районов строительства сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов необходимость использования аутригеров и уровни их расположения определяются расчетом.

При наличии у высотного здания развитой в плане и малоэтажной стилобатной части, а также разновысоких зданий в высотном комплексе следует предусматривать деформационные осадочные швы, отделяющие их друг от друга.

Также в зависимости от габаритных размеров в плане прилегающих друг к другу зданий и стилобата следует предусматривать температурно-усадочные швы. Расстояния между температурно-усадочными швами здания принимаются согласно СП 27.13330.2011 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур», СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» и СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные или на основе расчета, учитывающего условия строительства здания, в т.ч. физико-механические особенности основания. Отказ от деформационных и температурно-усадочных швов необходимо обосновывать расчетом.

В практике высотного строительства чаще применяют комбинированные конструктивные системы, состоящие из различных сочетаний первичных систем (Рис. 1). Из четырех основных систем можно составить 6 двухкомпонентных комбинированных систем, 4 -трехкомпонентных и 1 четырехкомпонентную. Таким образом, с учетом первичных и комбинированных систем можно получить 15 конструктивных систем многоэтажных зданий.



А.

Первичные	Комбинированные					
	двухкомпонентные		трехкомпонентные		четырёхкомпонентные	
1 Каркасная	1-2	Каркасно-стеновая	1-2-3	Каркасно-ствольно-стеновая	1-2-3-4	Каркасно-ствольно-оболочково-стеновая
2 Стеновая	1-3	Каркасно-ствольная	1-2-4	Каркасно-оболочково-стеновая		
3 Ствольная	1-4	Каркасно-оболочковая	1-3-4	Каркасно-ствольно-оболочковая		
4 Оболочковая	2-3	Ствольно-стеновая	2-3-4	Ствольно-оболочково-стеновая		
	2-4	Оболочково-стеновая				
	3-4	Ствольно-оболочковая				

Б.

Рис. 1 - Классификация конструктивных систем многоэтажных зданий: А - принципиальные схемы систем; Б - наименование систем

Выбор той или иной конструктивной системы зависит от многих факторов: объемно-планировочное решение, технология возведения, материал несущих конструкций, условия строительства, нагрузки и воздействия и др. Многокритериальный анализ конструктивных систем многоэтажных зданий в полной мере до настоящего времени не проводился из-за трудоемкости и сложности, хотя необходимость такого исследования, несомненно, будет востребована в практике проектирования.

На рисунке 2 показана рекомендуемая высота многоэтажных зданий для десяти наиболее распространённых конструктивных систем.

600										500
500										
400					300	350	320	300		400
300				250						
200	120	150	120							
100										
Конструктивная система	Стенная	Ствольная	Каркасно-стенная	Каркасно-ствольная	Ствольно-стенная	Ствольно-оболочковая	Оболочково-стенная	Каркасно-ствольно-стенная	Каркасно-оболочково-стенная	Каркасно-ствольно-оболочковая

Рис.2. Рекомендуемая высота многоэтажных зданий

С недавнего времени для высотных зданий стали применять многосекционные оболочки, которые являются разновидностью каркасно-ствольно-оболочковой конструктивной системы. В данной системе внутренние колонны объединяются в отдельные оболочки (секции), связанные в единую пространственную конструкцию, позволяющую повысить общую жесткость здания и доводить высоту здания до 600 м и выше. При этом можно по высоте здания обрывать отдельные секции по мере снижения нагрузки.

Выбор материала каркаса определяется сравнением вариантов каркасов, выполненных из различных материалов. В практике проектирования конструкций высотных зданий в основном применяют два вида строительных материалов: стальной каркас, занимавший длительное время лидирующие позиции и наиболее распространенный в наши дни железобетон.

2.4 Конструктивные элементы.

2.4.1 Подземные конструкции высотных зданий.

Фундаменты высотных зданий проектируют на базе результатов предпроектных тщательных и всесторонних инженерно-

геологических и инженерно-гидрологических изысканий. Эти изыскания дают основания для предварительной оценки несущей способности основания, его осадок и их неравномерности, общей устойчивости основания и проводятся по предусмотренным действующими нормативными документами методикам.

Изыскания позволяют выявить возможное влияние строительства высотного здания на окружающую застройку: в первом периоде - при эскалации колоссальных объемов грунта (глубина котлована может превысить 10 м), в период эксплуатации - из-за влияния осадки основания под нагрузкой высотным зданием. Все эти обстоятельства диктуют как проектные защитные решения, так и постоянный мониторинг инженерно-геологических процессов, динамики движения подземных вод, деформаций основания в процессе эксплуатации здания.

В международной практике для устройства фундаментов высотных зданий примеряют достаточно широкий спектр конструктивных решений, а именно: буровые опоры глубокого заложения, забивные сваи-стойки и висячие сваи, свайно-плитные конструкции, монолитные плитные и коробчатые, ленточные фундаменты. Класс бетона фундаментов применяется не ниже В25.

Наибольшее распространение в высотных зданиях получили монолитные железобетонные фундаментные плиты. Глубина их заложения обычно в пределах 12 – 15 м. Толщина плит колеблется от 2 до 4 м; в плане здания плита иногда конструируется переменной толщины с наибольшей под основными несущими конструкциями.

Массивные свайные, буронабивные фундаменты, глубокого заложения под отдельные опоры применяют при соответствующей конструктивной системе при которой концентрация нагрузок до 50-100 тыс. тонн приходится на отдельные редко расположенные опоры, как например, в зданиях оболочковой системы с несущей оболочкой в виде раскосной макрофермы.

Диаметр таких опор – от одного до трех метров; в их основании обычно предусматривается уширенная пята диаметром до 8 м. Глубина опор составляет 20 – 30 м, а в отдельных уникальных зданиях – 70 – 90 м.

Бетон коробчатых и плитных фундаментов принимают не ниже класса В 25 и устраивают под них бетонную подготовку толщиной не менее 150 мм из бетона класса не ниже В 10.

При недостаточной несущей способности плитная конструкция фундамента может быть эффективно дополнена мощными

буранабивными опорами и превратиться в свайно-плитный фундамент, повышающий взаимодействие здания с основанием.

Основания, фундаменты и подземные части жилых высотных зданий следует проектировать в соответствии с требованиями норм на проектирование оснований, фундаментов и подземных сооружений (СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений», СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты», МГСН 2.07-97 «Основания, фундаменты и подземные сооружения» (вместе с «Перечнем ГОСТов на испытание грунтов»), норм на нагрузки и воздействия (СП 20.13330.2011. «Нагрузки и воздействия», норм на бетонные и железобетонные конструкции (СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», нормативных документов, содержащих требования к материалам и правилам производства работ.

2.4.2 Надземные конструкции высотных зданий. Несущие конструкции.

При выборе и определении конструктивных параметров несущих конструкций руководствуются нормативными документами: СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения, ГОСТ 13015-2012 «Межгосударственный стандарт. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения».

Конструкции внутренних стен и колонн высотных зданий в части технического решения мало отличаются от применяемых в зданиях высотой до 75 м. Отличие заключается в увеличении сечений конструкций в связи с повышенными требованиями по несущей способности, и к пределу огнестойкости (до REI 150 в зданиях высотой до 100 м, REI 180 – от 100 до 150 м и REI 240 в более высоких зданиях).

Для вертикальных несущих конструкций применяют бетон класса по прочности на сжатие не менее В30 (в нижних этажах - В50 и В75), допускается изменение размеров сечений по высоте, предусматривается двухстороннее симметричное армирование.

Применение бетонов высоких классов по прочности на сжатие (В50, В75) для колонн с гибкой арматурой позволяет существенно уменьшать их сечение.

Для наиболее нагруженных элементов используются сталежелезобетонные конструкции с жесткой арматурой из прокатных или сварных элементов открытого или закрытого сечения (двутаврового, крестового, трубчатого), дополненной гибкой арматурой по контуру. Процент армирования колонн принимают в пре-

делах от 1 до 7 %, стен - до 0,5%.

Радикальное увеличение несущей способности колонн дает переход к колоннам из трубобетона. В таких колоннах стальная оболочка из круглой стальной трубы, заполненной бетоном высокой прочности, создает обжатие бетонного ядра, служа одновременно вертикальной и горизонтальной арматурой колонн. Несущая способность колонны увеличивается вдвое с соответствующим уменьшением размеров поперечного сечения.

В связи с этим вместо рекомендованной для наиболее высоких зданий оболочковой системы, в них успешно применена каркасно-ствольная с наружными мегаколоннами из трубобетона.

Процент армирования трубобетонных колонн составляет 4-5%, не превышая, таким образом процента армирования железобетонных колонн с жесткой арматурой. Диаметр трубобетонных колонн колеблется в зависимости от величины нагрузки от 700 до 1600 мм при классе бетона ядра от В35 до В80.

Ствол жесткости представляет собой внутреннюю вертикальную несущую конструкцию занимающую 15 – 35 % от площади этажа. Самый распространенный вариант конструкции - центрально расположенный монолитный железобетонный ствол. В зависимости от нагрузки (этажности) толщина стен ствола в нижнем ярусе может достигать 60-80 см, а в верхних сокращаться до 20—30 см. Минимальный класс бетона для вертикальных несущих конструкций В 30, но в нижних этажах высотных зданий приемлемо применение высокопрочных бетонов классов В50 и В60. Стенки ствола имеют двухстороннее армирование до 0,5% и работают на внецентренное сжатие с изгибом (под воздействием вертикальной и ветровой нагрузок).

Не часто применяется конструкция ствола открытого профиля, например крестообразного сечения. В данном случае исключается трудоемкое устройство многочисленных надпроёмных перемычек, необходимых в стволах закрытого сечения (двери в лифтовый холл, в лестничные клетки и пр.), и упрощает установку лифтов. Но применение не оправдано в особо высоких сооружениях, когда жесткость ствола открытого сечения может оказаться недостаточной.

Стальные конструкции стволов представляют собой в большинстве случаев решетчатую систему, обетонируемую после монтажа.

Перекрытия.

Конструктивные решения перекрытий подчинены требованиям пожарной безопасности, обеспечения их прочности и мини-

мальной деформативности в плоскости (на горизонтальные), из плоскости (на вертикальные нагрузки и воздействия).

Первое требование ограничило вариантность конструкций перекрытий по их материалу: они должны быть несгораемыми и, соответственно, железобетонными.

Предпочтение неразрезным железобетонным перекрытиям диктуется возможностью работы именно этих конструкций в стадии пластичности при аварийных воздействиях.

Основные варианты железобетонных перекрытий - монолитная плоская или ребристая плита, монолитная с оставляемой сборной железобетонной опалубкой, сборная из многопустотных, сплошных или ребристых настилов.

Деформативность (прогибы) плит следует ограничивать в соответствии с учетом конструктивных, физиологических и эстетико-психологических требований. Прогибы плит не должны превышать следующих предельных значений: - при действии практически постоянного сочетания нагрузок – $l/250$;

- при действии частого сочетания нагрузок после возведения перегородок – $\min(l/250; 15 \text{ мм})$.

Рекомендуемые значения основных конструктивных параметров монолитных железобетонных и предварительно напряженных перекрытий представлены в таблице 2.

Таблица 2

Тип перекрытия	Основные конструктивные параметры				Минимальный класс бетона по прочности на сжатие	
	Геометрические размеры					
	пролет, м	толщина плиты, мм	высота балки, мм	отношение l/d		
Сплошные плоские плиты	6,0	200	–	30	Не менее $C^{20}/_{25}$ (B25)	
	8,0	Не более 250	–	32		
Сплошные плоские плиты с капителями	8,0	225	–	36		
	12,0	300	–	40		
Сплошные плиты с обвязочными балками (работающие в одном направлении)	6,0	150	300	40/20		
	8,0	200	375	40/21		
	12,0	300	550	40/22		
<i>Примечания.</i>						
1. Отношение l/d определено как отношение толщины плиты к наибольшему пролету.						
2. Значение отношения: над чертой – для плит, под чертой – для балок.						

Наружные стены.

На основании теплотехнических требований, уровень теплозащиты высотных зданий должен соответствовать требованиям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», СП 51.13330.2011 «Защита от шума».

В зависимости от конструктивной системы здания наружные стены проектируют несущими и ненесущими. При этом несущие стены конструируются различно в зависимости от того, являются ли они несущей оболочкой здания или образованы пилонами ствольно-стеновой системы.

На конструирование наружных стен в целом влияют нормативные требования к огнестойкости, тепловой защите и несущей способности.

Если для несущих стен, как и для колонн, регламентированы пределы огнестойкости по несущей способности в REI 180 и REI 240 в зависимости от высоты здания, то для ненесущих - только по целостности - в REI 60.

Назначение тепловой защиты для глухой части наружных стен дифференцировано в зависимости от их высоты: в зданиях высотой до 150 м величина приведенного сопротивления теплопередаче определяется по методике СП 50.13330.2012 (СНиП

23.02-2003), для более высоких — её увеличивают на 8%.

Регламентированы также величины сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций. Оно регламентировано при площади светопрозрачных ограждений свыше 18% - в жилых и 25% - в общественных зданиях. При этом сопротивление теплопередаче конструкций окон должно быть не менее 0,56 (м²С)/Вт, а витрин и витражей -0,65 (м²С)/Вт.

Несущие стены участвуют в работе конструктивной системы здания на все виды силовых воздействий и воспринимают переменные по высоте здания ветровые нагрузки, включая их пульсационную составляющую.

3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ БОЛЬШЕПРОЛЁТНЫХ ЗДАНИЙ.

Большепролетными зданиями и сооружениями являются здания и сооружения, покрытия которых выполнены с применением большепролетных конструкций размером более 36 м.

Уникальными считаются спортивно-зрелищные, культовые сооружения, выставочные павильоны, торговые и развлекательные комплексы и другие с расчетным пребыванием внутри объекта более 1000 человек или более 10000 человек вблизи.

А так же если: 1. Используются конструкции и конструктивные схемы с применением нестандартных, или специально разработанных методов расчета, или требующих проверки на физических моделях;

2. Здания и сооружения, возводятся на территориях, сейсмичность которых превышает 9 баллов;

3. Здания и сооружения, имеют один из следующих параметров:

- величину пролета более 100 м;
- вылет консоли более 20 м;
- заглубление подземной части относительно планировочной отметки земли более чем на 15 м.

В «Пособии по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных» МРДС 02-08 в разделе «Термины и определения» указывается следующее: «Большепролетные здания и сооружения – покрытие которых выполнено с применением большепролетных (более 36 м) конструкций». В МДС

20-2.2008 «Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролётных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях» большепролётными называют конструкции также с пролётом свыше 36 м.

Таким образом, **большепролётные конструкции** – это несущие конструкции перекрытий, отличающиеся увеличенной несущей способностью при малой материалоемкости, применяемые для сооружения перекрытий больших пролётов.

Большие пролёты конструкций используются в общественных, промышленных и зданиях специального назначения. Необходимость в таких конструкциях возникает, когда промежуточные опоры препятствуют выполнению технологического процесса, который должен происходить в здании. По функциональному назначению большепролётные здания можно разделить на:

1) **здания общественного назначения** (театры, выставочные павильоны, кинотеатры, концертные и спортивные залы, крытые стадионы, рынки, вокзалы);

2) **здания специального назначения** (ангары, гаражи и троллейбусные парки);

3) **промышленные здания** (судостроительные цеха, цеха сборки самолётов или другой крупногабаритной продукции, лабораторные корпуса различных производств).

Большепролётные конструкции выполняются из разнообразных материалов: сталь, железобетон, дерево, специальные ткани, в отдельных элементах могут применяться тросы, углепластик и др. Большепролётные здания, как правило, проектируются однопролётными. В связи с различными требованиями, предъявляемыми к ним, архитектурные решения могут быть разными. В плане здания могут быть прямоугольными – это свойственно зданиям промышленного и специального назначения. Общественные здания в плане могут быть круглыми, многоугольными, овальными или другими.

Зачастую большепролётные здания имеют основное композиционное ядро — зальное помещение. Наиболее часто встречающаяся конфигурация плана — прямоугольник, круг, квадрат, эллипсовидные и подковообразные планы, реже трапециевидные. Таким образом появляется пространство, освобожденное от опор. Перекрытое большепролётной конструкцией оно придает зданию пластическую выразительность. Общественные здания зального типа (кинотеатры, театры, спортивные учреждения, крытые рынки, выставочные павильоны и т. д.) имеют разнообразные размеры и формы.

Большепролетные конструкции покрытий можно разделить по их стати-ческой работе на две основные группы систем большепролетных покрытий: плоскостные (балки, фермы, рамы, арки); пространственные (оболочки, складки, висячие системы, перекрестно-стержневые системы и др.).

Современная строительная техника и существующие технологии дают возможность перекрывать помещения любых размеров стальными, железобетонными, деревянными и композитными конструкциями.

Древесина имеет хорошие несущие свойства (расчетное сопротивление сосны на сжатие и изгиб 130...150 кг/м²) и малую объемную массу (для сухой сосны 500 кг/м³). Улучшение биологической стойкости древесины легко достигается с помощью давно разработанных и освоенных методов пропитки ее различными эффективно действующими антисептиками. Использование антипиренов, повышающих огнестойкость древесины, позволяет значительно повысить противопожарные свойства древесины.

Металлические конструкции, главным образом стальные, применяются широко. Их достоинства: высокая прочность и при этом относительно небольшая масса. Недостатки: подверженность коррозии и низкая пожарная стойкость (быстрая потеря несущей способности при высоких температурах). Для борьбы с коррозией существует много средств: окраска, покрытие полимерными пленками и др. В целях пожарной безопасности ответственные стальные конструкции можно обетонировать или осуществить набрызг на поверхность стальных конструкций теплоустойчивых бетонных смесей (вермикулит и т. д.).

Железобетонные конструкции не подвержены гниению, ржавлению, обладают высокой жаростойкостью, но они тяжелы, достаточно трудоемки и дорогостоящи в монтаже.

Учитывая все перечисленные свойства, при выборе материала для большепролетных конструкций необходимо отдавать предпочтение тому материалу, который в конкретных условиях строительства наилучшим образом отвечает поставленной задаче.

3.1 Особенности проектирования спортивных сооружений

Конструктивные особенности крытых спортивных сооружений

Наиболее интересными и значимыми объектами большепролетного строительства в плане проектирования и возведе-

дения являются уникальные спортивные сооружения.

Форма плана зала и величины его пролётов не определяют однозначно форму покрытия. Большое влияние на её выбор оказывают не только план, но и обусловленная функциональными особенностями форма здания. Как известно, в демонстрационных спортивных залах вместимость и расположение трибун определяют асимметричную или центрально-симметричную композицию здания, с которой должен быть согласован выбор формы покрытия. С асимметричной формой здания хорошо гармонируют висячие покрытия, с симметричной - как сводчатые, так и висячие. Для центричных в плане зданий применимы центричные же конструкции покрытий (купольных, мембранных). Окончательный выбор формы покрытия помимо функциональных определяется конструктивными, технологическими, технико-экономическими и архитектурно-художественными требованиями.

Влияние конструктивной формы покрытия на архитектурную форму велики, так как конструкция покрытия составляет от 60 до 100% наружных ограждений зданий.

Внедрение пространственных висячих конструкций и конструкций из жёстких оболочек дало множество вариантов архитектурного исполнения. Комбинируя различные типы, число, размеры элементарных оболочек, архитектор с помощью конструктора может добиться требуемого масштабного членения формы и индивидуализации её облика, оригинально разместить проёмы верхнего света в покрытии.

В наибольшей степени современный характер архитектуре большепролётных покрытий железобетонными жесткими оболочками придают присущие только им комбинации геометрических форм в виде волнистых куполов и сводов, элементарных или комбинированных фрагментов оболочек с поверхностями отрицательной кривизны или комбинации из оболочек произвольной геометрической формы. Архитектурно-композиционные возможности висячих систем покрытий непосредственно связаны с их конструктивной формой, возможностями её индивидуализации и тектоничного выявления в объёмной форме здания. В этом отношении наибольшими возможностями обладают висячие покрытия шатрового типа, покрытия на пространственном контуре, а также различные варианты комбинированных висячих систем.

В практике строительства спортивных сооружений встречаются конструкции с явно выраженными несущими элементами типа ферм, балок и рам и с пространственными покрытиями в виде складок, оболочек, куполов, перекрёстных и висячих систем из

разных материалов.

Наряду с несущими конструкциями покрытий в композиции зальных общественных зданий значительную роль играют наружные, как правило, ненесущие стены. Образным выражением их ненесущей функции может служить выполнение их с незначительным отклонением от вертикали, придающее зданию характерный силуэт (сужающийся или расширяющийся книзу). Значительную часть поверхности наружных стен зальных зданий занимают светопрозрачные витражные конструкции. Их композиционные свойства и членения обогащаются при сочетании в конструкции двух-трёх светопрозрачных материалов, например, профильного и листового стекла.

Объёмно-планировочные решения спортивного сооружения

Основной элемент спортивного сооружения - главный зал. Его объёмно-планировочное решение определяют два основных фактора - размеры спортивной арены и вместимость трибун для зрителей. В спортивных залах могут быть предусмотрены: - малые арены (8x8, 12x18, 18x36 и 22x42 м); - средние арены (30x61 м); - большие арены (60x100 м (футбол), 75x126 (футбол и беговая дорожка)). Средняя, так называемая хоккейная арена, используется также для фигурного катания и для всех видов спорта, требующих малых арен. В многофункциональных залах дворцов спорта применяют хоккейную арену. Здания с крытой большой ареной представляют собой уникальные сооружения. Каждый крытый стадион должен иметь в своём составе один два спортивных зала для тренировочных занятий и разминок перед соревнованиями. Их оптимальный размер 36x18 м, кроме крытых стадионов с хоккейной ареной, где тренировочный зал должен иметь размер 65x34 м и возможность намораживания льда.

Всякий стадион, независимо от размеров и назначения арены, представляет собой спортивный объект демонстрационного характера. Форма трибун на современном стадионе определяется принципами хорошей видимости, удобства и безопасности загрузки и эвакуации зрителей и во многом координируется графиками их движения. Тем самым архитектура стадионов ориентирована на комфорт зрителей.

Градостроительные требования к спортивным сооружениям

Одно из главных градостроительных и экономических требований к проектам спортивных сооружений - обеспечение возможностей их многоцелевого использования. Функциональные

Нормативная база проектирования высотных и большепролетных зданий и сооружений

требования сводятся к получению целесообразных объёмно-планировочных решений помещений и обеспечению кратчайших удобных связей между основными их группами. К ним относятся арена и помещения для спортсменов, трибуны и помещения для зрителей, помещения для прессы и телевидения, административно-хозяйственные и технические (см. рис. 3).

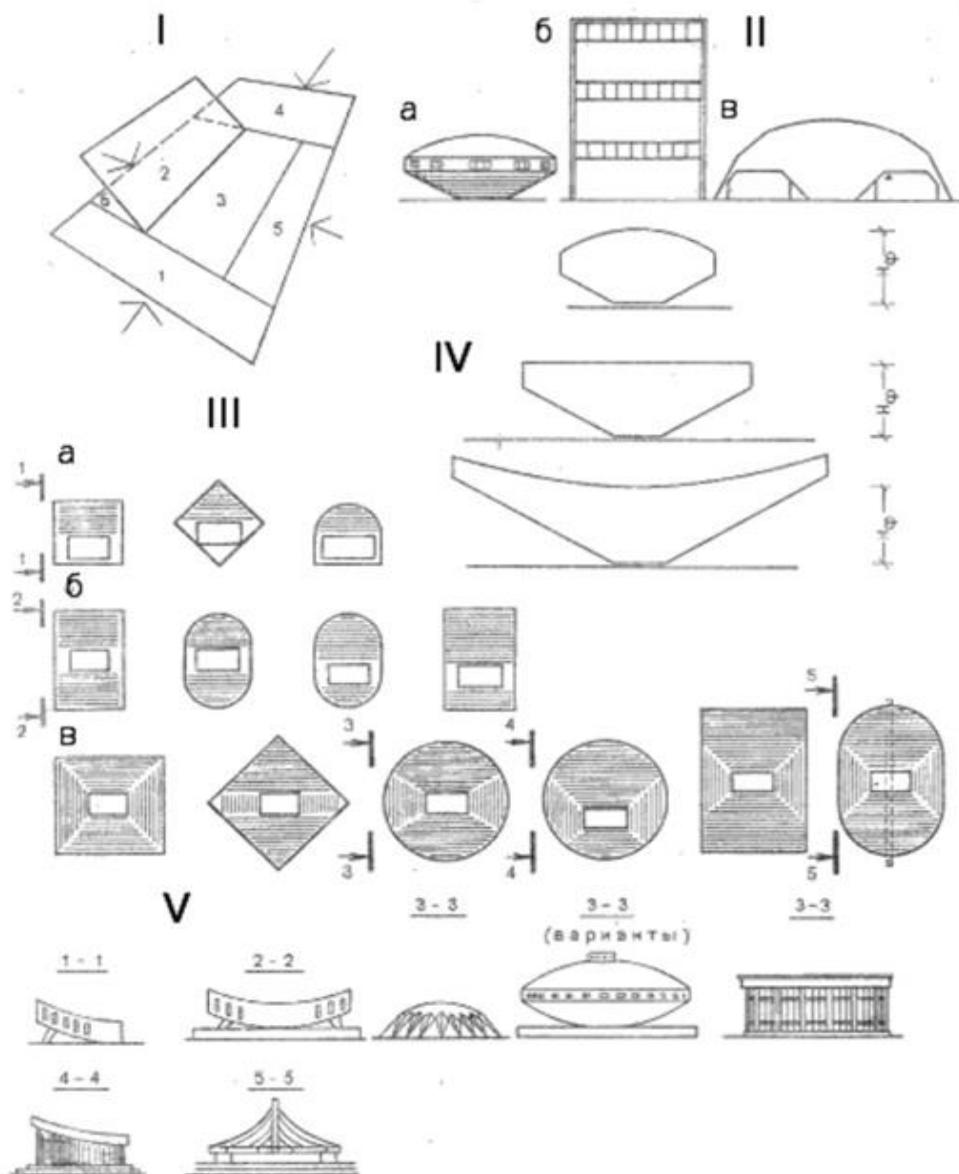


Рисунок 3. Спортивные большепролётные сооружения: I - функциональная схема демонстрационного спортивного сооружения: 1- помещения для зрителей; 2 - трибуны; 3 - арена; 4 помещения для спортсменов и судей; 5 - то же, административно-

хозяйственные; б - пресса и телевидение; II - основные объёмно-планировочные типы спортивных зданий: а - однозальное одноэтажное; б - многоэтажное многозальное; в - двухъярусное; III - схемы планов и размещения трибун в залах вместимости; а - малой; б - средней; в - большой; IV - влияние вместимости на выбор формы покрытия; V - влияние вместимости и схемы расположения трибун на формирование внешнего облика здания

Архитектурный облик большепролётных зданий в значительной степени определяется их ролью в композиции фрагмента окружающей городской застройки, функциональными особенностями зданий и применёнными конструкциями покрытий. При разработке генеральных планов крупных демонстрационных спортивных зданий следует предусматривать пути эвакуации зрителей из расчёта 1 м. ширины на 500 зрителей, свободные площади у входов и выходов из здания (0,32 м на зрителя), не менее двух входов и двух выходов на участок. Хозяйственный блок, гаражи и склады должны быть отделены от внешних входов и въездов на участок спортивного сооружения.

Общественные функции спортивных зданий требуют выделять перед ними значительные свободные пространства: 1) для перемещения больших потоков зрителей перед началом или по окончании зрелищ; 2) территорию для паркования индивидуальных автомашин. Таким образом, независимо от назначения здания его размещение в застройке даёт возможность целостно воспринимать объём сооружения с удалённых точек зрения. Это обстоятельство определяет общие композиционные требования к архитектуре зданий: целостность и монументальность их облика и преимущественно крупный масштаб основных членений объёма.



ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.



*Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего профессионального образования*

ДГТУ

*Академия строительства и архитектуры
Факультет "Промышленное и гражданское строительство"*

Кафедра "Строительство уникальных зданий и сооружений"

Практическая работа

***по дисциплине: "Нормативная база проектирования высотных и
большепролетных зданий и сооружений"***

***на тему: "Анализ высотного уникального здания
Шанхайская башня - "Shanghai Tower" в Китае".***

*Выполнил: ст.гр. АССУ333
Самсонова Л.П.
Преподаватель:
ст. преп-ль каф. СУЗиС
Иванова П.В*

***г. Ростов - на - Дону
2018 г.***

Нормативная база проектирования высотных и большепролетных зданий и сооружений

Шанхайская башня "Shanghai Tower" в Китае.



Шанхайская башня – самый технологически продвинутый небоскреб на планете, он является третьим в мире свободно стоящим сооружением. Расположен небоскреб в Китае, в городе Шанхай.

Основные данные:

Строительство: 2008-2015 гг
 Год введения в эксплуатацию: 2015г
 Высота: 632 м
 Площадь: 380 000 м²
 Этажность: 128
 Объем инвестиций: 1,5 млрд долларов
 Архитектурное бюро: Арч Генслер (Gensler Architecture)



Испытание модели здания в аэротрубе

Трудности при строительстве

В возведении Шанхайской башни главная сложность представляла закладка фундамента, который будет поддерживать небоскреб. Так как мегаполис уходит в мягкую почву, а уровень грунтовых вод смещается под весом современных построек. Твердая порода находится на глубине 200 метров, тогда как Шанхай располагается на мягком слое, состоящем из песка глины и земли. Непригодная для строительства почва может поглотить здание весом 850 тыс тонн. Инженеры не могли допустить проваливания башни. Если здание начнет проседать неравномерно, оно начнет кривиться и загибаться. В 2008 году начался двухлетний проект по закладке фундамента, сначала в почву вбили сотни поддерживающих свай, затем стали заливать основание.

У инженеров лишь одна полыхка, так как потом уже ничего нельзя будет исправить. При строительстве был зарегистрирован мировой рекорд, бетонную площадку заливали 60 часов, понадобились 2 тыс рабочих и 450 бетононасосов. В основание залили 61 тыс кубических метров цементного раствора, это еще один мировой рекорд.



Ход строительства



Анализ объемно-планировочной схемы

Зона 9
Смотровая площадка

Зона 8
Отель-Офис-бутик

Зона 7
Отель

Зона 6
Офисная

Зона 5
Офисная

Зона 4
Офисная

Зона 3
Офисная

Зона 2
Офисная

Зона 1
Торговая

План типового этажа зона 8

План типового этажа зона 9

План типового этажа зона 1

План типового этажа зона 4

Ген. план

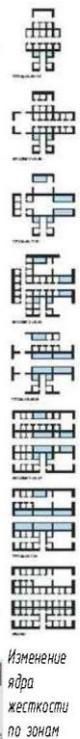
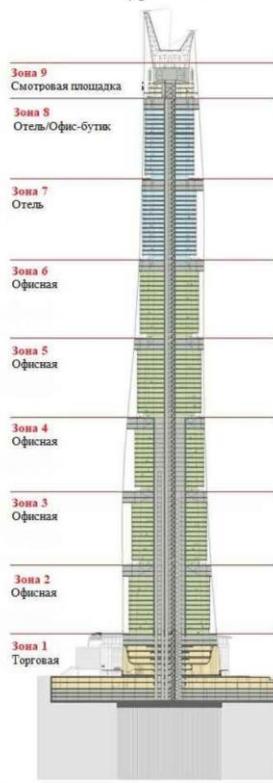
Стилобатная часть здания

Завершающая часть здания

Башня имеет форму девяти цилиндрических зданий, сложенных друг на друга. Они огорожены двойным слоем стеклянного фасада, который и "закручивает" здание. Каждая из этих девяти зон имеет свой собственный архитектурный вид, а также сады, кафе, рестораны и торговые площадки, откуда открывается панорамный вид на город. Между зонами размещены по 2 технических этажа. Над ними расположены по этажу, где можно отдохнуть, наслаждаясь панорамой города. Зона 1 размещает в себе торговые центры и лобби офисов и отелей. Так же расположены лифты, движущиеся около 18 м в секунду, чтобы подняться на нужный уровень. Зона занимает 8 этажей, где три из них-подземная парковка. Зоны 2-6 отведены под офисы различных фирм. К тому же, на "первом этаже" каждой зоны расположен сад с прекрасной панорамой города. В зонах 7 и 8 располагаются отели. А в зоне 9 расположены остекленные открытая и закрытая смотровые площадки, где можно не только посмотреть на панораму с высоты 546 м, но и прогуляться снаружи.

Формат А3

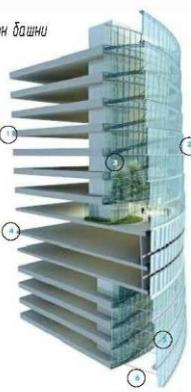
Анализ конструктивной системы



- 1 Плита перекрытия
- 2 Наружный слой стекла
- 3 Внутренний слой стекла
- 4 Технический этаж-аутриггеры
- 5 Круговой стальной каркас под остекление
- 6 Стальные связи
- 7 Мега колонны
- 8 Ядро жесткости

Изменение ядра жесткости по зонам

Узел одной из зон башни



Стальные элементы

Стальной каркас под остекление

1й слой остекления

2й слой остекления



Команда дизайнеров построили две модели с разными сужениями и углами поворота. Их рассмотрели в аэродинамической трубе для определения лучшей альтернативной конструкции, которая способна выдержать ветровые нагрузки. Тест привел к выводу, что форма должна быть конической 55% и скрученной на 120 градусов, что снижает на 24% структурные ветровые нагрузки и давление на фасад. Это экономит \$ 50 млн долларов бюджета. Для подобного решения пришлось разделить здание на 9 зон, и каждое повернуть на определенный угол. К тому же расположенные по периметру мега колонны и балки также крепятся к центральной части здания, они помогают ему противостоять природным катаклизмам. Каждый этаж защищен от непредвиденных подземных толчков. Несущий каркас образован ядром и мега колоннами, связанные между собой аутриггерами и стальными связями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 267.1325800.2016 Свод правил. «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования».
2. МРДС 02-08 «Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролётных, высотных и уникальных»
3. МДС 20-2.2008 «Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролётных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях»
4. Генералов В.П. Особенности проектирования высотных зданий: учеб. пособие. Самара, 2009. 296 с.
5. Маклакова Т.Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования: монография. М.: «АСВ», 2006. 160 с.
6. В.И. Шумейко, Е.В. Пименова, Т.В. Полякова «Основы проектирования высотных, уникальных зданий и сооружений»: учебное пособие. – Ростов н/Д. – Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 145 с.
7. Шумейко В.И., Пименова Е.В., Григорян М.Н. «Высотные, уникальные здания и сооружения»: учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. –114 с.
8. Шумейко В.И., Кудинов О.А. «Большепролетные уникальные здания и сооружения»: учебное пособие. –Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2013. – 96 с.
9. Агеева Е.Ю., Филиппова М.А. «Большепролетные спортивные сооружения: архитектурные и конструктивные особенности.»: Учебное пособие. –Н. Новгород: Издательство Нижегородский гос. архит.– строит. ун-т, 2014. –84 с.