

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Ассоциация московских вузов

Московский Государственный Строительный Университет

Кафедра Высотного строительства

11.8.5.1 Научно – образовательный материал
«Архитектурно-конструктивные и градостроительные проблемы
проектирования высотных зданий»

Подготовил проф.
Проф.

Т.Г. Маклакова
Сенин Н.И.

Москва 2009г.

АННОТАЦИЯ

Высотное строительство сформировалось на рубеже XIX-XX вв. в США. Во второй половине XX в. перешагнуло Атлантический океан и получило развитие в Европе. А с последней трети XX в. распространилось на крупнейшие города всех континентов - Австралии, Африки и особенно активно на города Юго-Восточной Азии.

Формирование современной высотной городской застройки сопряжено с особенностями постиндустриального общественного развития, при котором производительные функции крупнейших городов сокращаются, а управленческие и финансовые - возрастают. Это обстоятельство определило тот факт, что ведущим типом высотного здания стал офис. Это подтверждается количественно объемами строительства зданий офисов в крупнейших городах.

В различных городах и странах, характерен различный в подход к решению градостроительных задач - размещению, функции, составу и транспортному обслуживанию районов высотной застройки.

Конструктивные решения высотных зданий приобрели радикальные изменения с 1960 гг. в связи с изобретением и внедрением ствольных и оболочковых конструктивных систем. Различные варианты и комбинации конструкций все чаще встречаются в современном высотном строительстве.

Архитектурный облик зданий претерпевает существенные изменения в связи со сменой эстетических течений и в связи с применением новых строительных материалов и технологии возведения. Сегодня в области высотного строительства конкурируют решения несущих конструкций из стали, монолитного и сборного железобетона.

Размещение высотных объектов на территориях крупных городов тесно связано с планами их градостроительного развития, структурой высотной застройки, композиционными и объемно-планировочными решениями выдающихся объектов, их конструктивными системами.

Существуют различные подходы к решению комплекса задач по проектированию высотных зданий в практике США, европейских столиц, крупнейших городов Южной и Юго-Восточной Азии, Австралии и в крупных городов Африки.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Московский Государственный Строительный Университет

Ассоциация московских вузов

Кафедра Высотного строительства

11.8.5.1 Научно – образовательный материал
«Архитектурно-конструктивные и градостроительные проблемы
проектирования высотных зданий»

Подготовил проф.

Проф.

Т.Г. Маклакова

Н.И. Сенин

Москва 2009г.

Содержание

1. ВВЕДЕНИЕ.....	3
2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	4
3. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	6
3.1. Высотное строительство в США.....	6
3.2. Высотное строительство в странах Европы.....	7
3.3. Высотное строительство в странах Азии.....	9
4. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	12
4.1. Здания офисов.....	15
4.2. Жилые здания.	17
4.3. Гостиницы.....	17
4.4. Многофункциональные высотные здания.....	18
5. КОНСТРУКЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	20
5.1. Конструктивные системы.....	22
5.2. Конструктивные элементы.....	23
5.2.1. Подземные конструкции высотных зданий.....	23
5.2.2. Надземные конструкции высотных зданий.....	25
5.2.2.1. Несущие конструкции.....	25
5.2.2.2. Перекрытия.....	27
5.2.2.3. Наружные стены.	28

1. ВВЕДЕНИЕ

Высотное строительство сформировалось на рубеже XIX-XX вв. в США. Во второй половине XX в. перешагнуло Атлантический океан и получило развитие в Европе. А с последней трети XX в. распространилось на крупнейшие города всех континентов - Австралии, Африки и особенно активно на города Юго-Восточной Азии.

Формирование современной высотной городской застройки сопряжено с особенностями постиндустриального общественного развития, при котором производительные функции крупнейших городов сокращаются, а управленческие и финансовые - возрастают. Это обстоятельство определило тот факт, что ведущим типом высотного здания стал офис. Это подтверждается количественно объемами строительства зданий офисов в крупнейших городах.

В различных городах и странах, характерен различный в подход к решению градостроительных задач - размещению, функции, составу и транспортному обслуживанию районов высотной застройки.

Конструктивные решения высотных зданий приобрели радикальные изменения с 1960 гг. в связи с изобретением и внедрением ствольных и оболочковых конструктивных систем. Различные варианты и комбинации конструкций все чаще встречаются в современном высотном строительстве.

Архитектурный облик зданий претерпевает существенные изменения в связи со сменой эстетических течений и в связи с применением новых строительных материалов и технологии возведения. Сегодня в области высотного строительства конкурируют решения несущих конструкций из стали, монолитного и сборного железобетона.

Размещение высотных объектов на территориях крупных городов тесно связано с планами их градостроительного развития, структурой высотной застройки, композиционными и объемно-планировочными решениями выдающихся объектов, их конструктивными системами.

Существуют различные подходы к решению комплекса задач по проектированию высотных зданий в практике США, европейских столиц, крупнейших городов Южной и Юго-Восточной Азии, Австралии и в крупных городов Африки.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Высотные здания классифицируют по следующим основным признакам:

функция;

Высота;

конструктивное решение;

материал конструкций;

технология возведения.

По функции основным наиболее распространенным типом высотного здания является в широком понимании - офис, предназначенный для размещения банков, административно-управленческой или проектно-конструкторской деятельности. Второе место занимают высотные здания гостиниц. Третье место занимают высотные жилые здания.

В 1960-1980 гг. получили распространение многофункциональный тип высотного здания. Многофункциональность обычно характерна для части наиболее крупных высотных объектов. Их затруднительно использовать только для одной функции.

Поскольку высотные здания относятся к числу наиболее сложных объектов строительства, ряд основных решений по их проектированию принимаются согласованно международными общественными организациями инженеров и архитекторов - IABSE - ASCE и CIB на их регулярных симпозиумах. В частности, на симпозиуме CIB в 1976 г. была принята общая классификация зданий по их высоте в метрах. Сооружения высотой до 30 м. были отнесены к зданиям повышенной этажности, до 50,75 и 100м - соответственно к I, II и III категориям многоэтажных зданий, свыше 100м - к высотным.

Внутри группы высотных зданий обычно прибегают к дополнительной рубрикации с градацией высоты в 100 м. При этом количество небоскребов с высотой более 400 м в мире не достигает 10 сооружений, с высотой от 300 до 400 м немного более 20, от 200 до 300 м достигает 100, а высота от 100 до 200 м является самой распространенной, и количество объектов такой высоты растет непрерывно.

Для классификации небоскребов был принят критерий высоты, а не этажности, поскольку высоты этажей принимаются различными в

зависимости от назначения здания и требований национальных норм проектирования.

Естественно, что рамки классификации, принятые СІВ не являются жесткими и в различных странах могут быть скользящими в соответствии со сложившимися в них традициями проектирования и его нормами.

В частности, в Москве, где практика многоэтажного массового строительства и нормы проектирования были ориентированы на высоту зданий не более 75 м, складывается тенденция отнесения к высотным зданий выше 75м.

Классификация конструктивных решений зданий в целом строится по признаку положенной в их основу конструктивной системы. Наряду с традиционными - диафрагмовой (стеновой) и каркасной (рамного типа) с 1960 гг. активно внедряются в строительство зданий от 25 до 70 этажей ствольная система, а для самых высоких зданий - оболочковая.

Небоскреб как тип здания возник в США благодаря внедрению стального проката и созданию металлического каркаса. С конца XIX в., и до настоящего времени сталь остается лидирующим материалом несущих конструкций в США. Однако даже в США монолитные железобетонные конструкции стали вытеснять стальные при возведении 30-50-этажных высотных объектов.

Этому способствовало внедрение высокопрочных бетонов (тяжелых до В60-80, легких до В50), суперпластификаторов и индустриализация конструкций передвижных и крупно-щитовых опалубок.

В СССР при возведении зданий выше 25 этажей с 1960 гг. широко внедряется индустриальный вариант каркасно-ствольной системы с монолитным стволом и сборным железобетонным каркасом.

С 1970 гг. железобетонные сборные каркасы из высокопрочных бетонов получили широкое внедрение в строительство 30-55-этажных жилых домов в крупнейших городах Японии.

Соображения безопасности послужили основой для ориентации нового высотного строительства в Москве на огнестойкие железобетонные несущие конструкции. В сентябре 2004 г. в Шанхае очередной международный симпозиум IABSE рекомендовал в своих решениях продолжить использование в высотном строительстве стальные несущие конструкций в силу их бесспорных технических и экономических преимуществ (естественно при надежной защите от огневых воздействий). В основном эти преимущества таковы:

- быстрота монтажа обеспечивается благодаря применению укрупненных отправочных марок заводского изготовления;
- независимость технологических операций от климатических условий;
- возможность применения большепролетных (до 16 м) сталежелезобетонных перекрытий с наиболее выгодным соотношением прочности и массы;
- свобода планировки благодаря большим пролетам;
- возможность выдерживать большую ударную нагрузку благодаря высокому соотношению предела текучести и массы конструкции;
- минимальная стоимость стальных конструкций.

Исходя из перечисленных фактов и практики строительства, конструктивно-технологическая классификация высотных зданий включает три типа строительных систем: с металлическими несущими конструкциями, с монолитными и сборными железобетонными несущими конструкциями.

3. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

3.1. Высотное строительство в США

Родиной небоскребов стали США, что было обусловлено развитием экономики и градостроительства в этой стране. Градостроительство в США в XIX в. было очень интенсивным и осуществлялось на основе регулярной планировки по унифицированной схеме «шахматной доски», не считавшейся с природными условиями естественного рельефа и масштаба.

Со второй половины XIX в. начала меняться и специфика деловой жизни крупнейших городов, становившихся центрами управления и финансирования. Соответственно возникла необходимость формирования зданий банков и управлений (офисов), а высокая стоимость земли, реклама и утверждение престижа диктовали увеличение их этажности.

Тип здания офиса стал впервые складываться в Чикаго с 1880 г. при интенсивной новой застройке города после практически уничтожившего его большого пожара 1871 г.

Техническими предпосылками к созданию небоскреба послужили изобретение инженером Э.Отисом лифта (1857 г.) и производство стального проката с последующим созданием и широким внедрением конструкций стального каркаса, стимулировавшего переход от стеновой конструктивной системы к каркасной.

Первые офисы высотой более 10 этажей и термин «небоскреб» применительно к ним возникли в Чикаго в 1891 г. В последующее

десятилетие строительство высоких офисов получило развитие в Нью-Йорке, где в 1907 г. было построено самое высокое к тому времени здание в мире - 47-этажный Зингер-билдинг. Своей высотой (207 м.) оно превзошло египетские пирамиды и готические соборы. В последующие десятилетия строительство небоскребов интенсивно продолжилось в большинстве крупных городов США. При этом сформировались приемы их группового размещения и преимущественно однофункциональное назначение с формированием делового центра города (даунтаун). В зависимости от природных условий даунтаун решается в виде концентрированного ядра («пучка» небоскребов) или линейно - вдоль берегов или автомагистрали.

К сожалению, несмотря на более чем столетний опыт строительства небоскребов, примеры гармоничного решения высотной застройки в практике США найти затруднительно. Это либо хаотичная плотная застройка южного Манхэттена в Нью-Йорке, продиктованная стоимостью земельных участков, либо дисгармония высотного даунтауна с плотно низкой застройкой города, как например, в Филадельфии. Композиционно удачно складывалась только застройка набережной Гудзона возле одиноко стоявших там с 1973 г. «башен-близнецов» мирового торгового центра – WTC, возвели комплекс из пяти 34—51 этажных башен Мирового финансового центра WFC. В целом же формированию современных градостроительных композиций препятствует жесткость заложенного в XIX в. генерального плана при очень высокой стоимости земли. Преодолеть их можно только за счет миллиардных инвестиций.

После Второй мировой войны утрата целостности и функциональный распад американских городов усугубился под совместным воздействием скоростных автодорог, роста парка индивидуальных автомобилей, пригородов и супермаркетов на границах городов. Наряду с этим возникают условия для совершенствования транспортно-дорожного обслуживания деловых центров. Их концентрированное размещение позволяет с наименьшими затратами обеспечить двух- трехуровневое решение дорог в зоне центра.

3.2. Высотное строительство в странах Европы

Европа стала на путь освоения высотного строительства гражданских зданий в конце 1950 - начале 1960 гг., так как первое послевоенное десятилетие было почти полностью отдано массовому экономичному жилищному строительству средней этажности. Оно должно было хотя бы

частично компенсировать колоссальные утраты жилищного фонда, нанесенные Второй мировой войной. Поэтому гармоничный синтез разрешения градостроительных проблем был временно вытеснен насущным массовым строительством экономичного жилья.

К 1960 гг. сложились основные идеи градостроительного развития в Европе, продиктованные ее интенсивной урбанизацией и получившие название концепции «интегрированного урбанизма». В целом они сводились к отказу от декларированного Афинской хартией функционального зонирования застройки в пользу формирования многофункциональной городской среды повышенной плотности. Этот путь обеспечивал трудовую занятость значительной части населения по месту жительства и полноценную жизнь города в течение суток. Предусматривалось развитие транспортных путей и разделение пешеходных и транспортных трасс.

Однако опыт внедрения высотного строительства в эти годы не был связан с общей концепцией градостроительства и оказался неудачным. Практиковались одиночное строительство высотных (в 30—50 этажей) башен в центральных районах столиц крупнейших городов, нарушающее гармонию и силуэт исторического архитектурного контекста городов.

В Париже возведение 58-этажной башни Мэн-Монпарнас (1973 г.) в центре исторической левобережной застройки города нанесло непоправимый ущерб силуэту города. Более удачным стало возведение 42-этажной башни «Креди-Лионне» и гостиницы «Меридиан» в Лионе, благодаря ее постановке на нижней отметке городского ландшафта и на границе между исторической и новой застройкой города.

К концу 1950-началу 1960 гг. относится и первый опыт создания высотного делового центра Милана в виде групп 20—30-этажных офисов, выполненных в интернациональном архитектурном стиле. Однако дальнейшего развития в европейской практике этот опыт не получил, за исключением компоновки застройки городков международных организаций. Так, намечавшиеся первоначально для возведения одного-двух зданий они в течение десятилетий превратились в районы специализированной офисной высотной застройки. Заслугой градостроителей стало отведение под застройку такими учреждениями окраинных территорий городов. Соответственно общественные организации получали возможность территориального развития, не мешая развитию самого города.

Этот принцип, примененный на рубеже 1920-1930 гг. при строительстве Дворца Лиги Наций в Женеве (на склоне пригородного виноградника),

позволил обеспечить развитие на окраине города целого современного комплекса. В нем помимо зданий ООН расположились офисы по здравоохранению, образованию, делам беженцев и др.

К 1960-1970 гг. складывается европейский подход к высотной застройке. Ее принципиальной особенностью стали комплексность и многофункциональность. Европейский путь ушел от неоправдавшей себя американской практики однофункциональной высотной застройки деловых центров городов, умиравших в уик-энд и в вечернее время. При этом многофункциональность европейских высотных центров базируется не на многофункциональности зданий небоскребов, а на сочетании однофункциональных высотных зданий с жилыми домами средней и повышенной этажности и малоэтажными зданиями инфраструктуры. Такой подход позволил полноценно решить каждый тип зданий в соответствии с их назначением и обеспечить многогранную жизнь районов в течение суток. Второй особенностью стал отвод земель под высотную застройку вне исторической зоны городов. Ее размещают на окраинах, на территориях устаревших промышленных районов или в зонах радикально разрушенных при военных бомбардировках.

Европейское высотное строительство 1970-2000 гг. подчинено общей градостроительной концепции интегрированного урбанизма. Наиболее ярко она проявилась в новой высотной застройке столичных городов, где проблемы урбанизации стоят особенно остро.

Поучителен в этом отношении опыт Парижа, Лондона и Берлина.

3.3. Высотное строительство в странах Азии

Высотное строительство в странах Азии получило интенсивное развитие в последние десятилетия XX века благодаря резкому экономическому скачку в странах Юго-Восточной Азии - Индонезии, Южной Корее и др. Специфический характер оно приобрело в городах-странах - Сингапуре и Гонконге в связи с их ролью международных финансовых центров Востока. Высотное строительство получает развитие в крупнейших городах Китая с 1990 гг., а в Японии - с 1970 гг. В первом его стимулировали успехи экономического развития во втором - наряду с экономическими, технические успехи в создании высотных сейсмостойких конструкций. Сочетание в застройке только высотных зданий различного назначения отмечается лишь в Гонконге и продиктовано географическими условиями. Город расположен на отличающихся крутым рельефом гористых склонах

полуострова и острова Гонконг в заливе Виктории Южно-Китайского моря. В связи с этим застройка располагается преимущественно на прибрежных участках территории, осуществляется исключительно плотной без инсоляционных ограничений и разрывов, с большой этажностью зданий любого назначения: жилых, офисных, гостиничных, лечебных.

Высотное строительство в Индонезии, Китае и Ю.Корее осуществляется преимущественно американскими строительными фирмами. Если в США строительство наиболее высоких зданий относится к 1970 гг. (100-115 этажей), а к концу XX в. преобладали новые объекты в 40-50 этажей, то в Юго-Восточной и Восточной Азии строительство сверхвысоких зданий осуществляется по сегодняшний день и рекордные по высоте сооружения в 445-450 м возведены в 1990-2005 г в Куала-Лунпуре, Шанхае, Тайбее.

В то же время, в градостроительном отношении это новое строительство остается односторонним: в этих городах продолжается практика создания деловых высотных центров, чуждая идеям интегрированного урбанизма.

Существенно иначе складывалось высотное строительство в Японии. Тяжелые инженерно-геологические условия страны и массовый переход на железобетонные и стальные конструкции после тысячелетий деревянного зодчества потребовали существенной интенсификации научных исследований, разработки соответствующих индивидуальных конструкций и методик их всесторонних испытаний. На этой основе сложились национальная практика проектирования и мощные национальные комплексные фирмы, ведущие разработки, испытания конструкций и капитальное строительство.

К отдельным направлениям проектирования однофункциональных высотных комплексов является курортно-туристическое строительство в наиболее привлекательных районах международного туризма. Обычно такая застройка проектируется ленточной, располагаясь вдоль прибрежной полосы. Высотные гостиницы составляют фронт застройки набережных Рио-де-Жанейро, Дубая и других туристических центров. В последнее десятилетие такие высотные гостиницы вторгаются даже в исторические районы.

Смена тысячелетия в 2001 г. вызвала творческую реакцию ряда выдающихся архитекторов.

Для московской практики из большинства проанализированных примеров представляется наиболее ценным опыт градостроителей европейских столиц и в первую очередь:

- последовательная концентрация производственных сил на крайне ограниченных участках;
- подчинение проектирования застройки принципам интегрированного урбанизма;
- комплексностью застройки и размещением транспортных сетей в нескольких уровнях;
- обеспечение комплексности застройки за счет сочетания объектов разного функционального назначения в зданиях, объемно-планировочное решение которых наиболее лаконично отвечает их функции.

Это означает не создание многофункциональных высоток, а сочетание в комплексной застройке разных зданий для разных функций;

- сочетание в застройке жилых зданий с широкой номенклатурой зданий другого назначения (офисы, общественное обслуживание, торговля, развлечения и спорт) создает обширный круг рабочих мест для большей части населения комплекса.

Применительно к Москве мировой опыт позволяет считать целесообразным освоение не 60 или 200 строительных площадок с возведением на них по 1-3 высотных многофункциональных объектов, а концентрацию застройки на немногочисленных участках срединно-окраинной зоны столицы. При этом такие комплексы должны получить существенное социальное и композиционное значение.

Масштабность комплексной застройки позволяет полноценно решить не только архитектурные и функционально-конструктивные, но и задачи эстетизации среды за счет привлечения архитекторов-ландшафтников, художников, дендрологов.

Концентрация застройки в центрах округов, связав инвесторов, попутно может способствовать защите зеленых клиньев между округами от продолжающихся хищнических поползновений тех же инвесторов на их застройку.

В конце апреля 2006 г. Градостроительный совет Москвы принял радикальную концепцию создания нового административно-жилого района столицы. Он будет простираться на 1000 га от Красной Пресни вверх по течению реки, включив Московский международный деловой центр (ММДЦ).

В районе намечено возвести общественные и офисные здания общей площадью до 7,9 млн. кв. м и жилище - 8,64 млн. кв. м.

Концепция предполагает вывод с территории района 80 устаревших предприятий, благоустройство и озеленение, включая набережную, занятую сейчас складами и гаражами, колоссальный объем дорожно-транспортного строительства с возведением трех новых автомобильных мостов через Москва-реку и широкое освоение подземного пространства.

На узловых точках территории будут размещены акцентные высотные объекты, включая 600-метровую башню арх. Н. Фостера в излучине реки. В то же время жилая застройка получит «гуманную» высоту до 10 этажей и послужит архитектурным фоном для уникальных объектов. Расселение в новых жилых домах свыше 130 тыс. человек при наличии большого объема офисных и общественных учреждений позволит обеспечить большинству из них трудоустройство по месту жительства. Предлагаемый объем работ предварительно оценивается в 100 млрд. долларов.

4. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

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 выразительного 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 40x40, 50x50, 40x60 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 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.

На выбор пропорций высотных башен оказывают непосредственное влияние также нормативные ограничения горизонтальных перемещений верха здания с учетом крена фундаментов в зависимости от его высоты (H). Они должны составлять для зданий высотой до 150 м не более $1/500H$, свыше 250 - $1/1000H$, 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.);
- устройства горизонтальных пожарных отсеков для временного пребывания населения.

Устройство горизонтальных жесткостных конструкций (ростверков), необходимо для обеспечения совместности перемещений всех вертикальных несущих элементов. Для размещения ростверковых конструкций обычно отводятся горизонтальные прослойки здания высотой в этаж, исключающие 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 несгораемых конструкций с высокими пределами огнестойкости, устройством незадымляемых лестниц и лифтовых шахт, специальных систем дымоудаления.

Здания делят на вертикальные и горизонтальные пожарные отсеки: по вертикали -противопожарными перекрытиями, по горизонтали - стенами. Предел огнестойкости противопожарных преград должен (по МГСН 4.19-2005) составлять в зданиях высотой до 100 м - 3 часа, более 100 м - 4 часа. 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.

С учетом отмеченных выше характерных величинах планов этажей башенных высотных зданий устройство отсеков по протяженности в них неактуально. Наиболее существенно 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 безопасности (незадымляемости) инженерными средствами: подачей наружного воздуха в лестничные клетки и ведущие к ним тамбуры-шлюзы за счет приточной вентиляции с подпором.

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

Помимо общих особенностей проектирования высотных зданий, радикальное влияние на их объемно-планировочные решения естественно оказывает их функция: офисная, гостиничная, жилая, многофункциональная.

4.1. Здания офисов.

Здания офисов составляют преобладающую группу сооружений в высотном строительстве. Именно для размещения аппарата управления и банков сформировался высотный тип здания в конце XIX в. Планировочная структура таких зданий постепенно изменялась от жесткой (одно- или двухкоридорной) к гибкой, утвердившейся на длительный срок (с конца 1950 по 1990 гг.)

Различие между жесткой и гибкой планировками состоит в стационарной фиксации пространства горизонтальных коммуникаций (коридоров, холлов, галерей) в зданиях с жесткой планировкой при допущении перестановки сборно-разборных перегородок между отдельными кабинетами.

В зданиях гибкой планировки жестко фиксировано только размещение узлов вертикальных коммуникаций и санитарных помещений. Все остальное пространство этажа делят лишь расстановкой мебели, фиксирующей размещение отдельных групп служащих. Иногда в пространстве этажа выделяют легкими перегородками несколько небольших кабинетов для руководства.

Расчленение пространства этажа озеленением определило возникновение термина «ландшафтное бюро» для офисов с гибкой планировкой. Основаниями для широкого применения гибкой планировки в высотных офисах за рубежом служили упрощение сдачи таких помещений в аренду (полностью или этажами) и простота перекомпоновки рабочих мест в процессе эксплуатации или при реорганизации системы управления. Возможность применения гибкой планировки определялась отсутствием в нормах проектирования большинства стран требований к естественному

освещению рабочих мест и противопожарных ограничений к величинам площадей рабочих залов и помещений. Необходимые параметры микроклимата - по освещенности, температурно-влажностному режиму, скорости движения воздуха, акустическому режиму - обеспечивались только инженерно-техническими средствами (искусственное освещение, кондиционирование воздуха, звукоизоляция, звукопоглощение и пр.).

Внедрение планировок по типу «ландшафтного бюро» происходило в 1960-е гг. одновременно с изобретением каркасно-ствольной конструктивной системы: планировочная схема с центральным расположением узла вертикальных коммуникаций и конструктивная - с центральным расположением ствола жесткости и колонн только вдоль наружных стен - совпали, что способствовало широкому распространению «ландшафтных бюро». Постепенное сокращение объема применения «ландшафтных бюро» стало происходить к концу 1980 гг. по организационным и экономическим причинам. Начались протесты профсоюзов служащих. Они восстали против физиологически неблагоприятного воздействия искусственной воздушной, акустической и световой среды и психологически угнетающих условий работы в одном помещении с десятками и сотнями служащих. Эксплуатационные расходы в таких зданиях велики: около 40 процентов энергозатрат по зданию идет на практически постоянное искусственное освещение большинства рабочих мест, кондиционирование воздуха, возрастают затраты на устройство звукопоглощающей отделки.

Учет этих требований сказался к концу XX в. постепенным изменением планировочных решений высотных офисов за счет устройства атриумов. Наиболее радикально они отразились в проекте коммерческого банка во Франкфурте-на-Майне, возведенного в 1997 г. по проекту Н. Фостера. Автор назвал свое произведение «первым экологически чистым офисом» в мировой практике. Основаниями для такого утверждения послужили: полноценное естественное освещение рабочих мест при введении атриума, естественная аэрация рабочих мест через атриум, введение в структуру планировки отдельных этажей зимних садов в качестве мест психологической разгрузки и зон поступления приточного наружного воздуха для аэрации рабочих помещений.

Однако идея «экологически чистого офиса» внедряется медленно. «Ландшафтное бюро» в силу простоты решения плана и сдачи в аренду продолжают возводить в различных странах от Китая до Австралии и Мексики даже в начале XXI века.

Более широкое распространение получает комбинированная планировка рабочих этажей офисов. Ее внедрению способствовало также развитие оргтехники. Рабочие места для углубленной индивидуальной работы размещают в одно-двухместных кабинетах, расположенных вдоль наружных стен, и оборудуют компьютерами. Глубина таких кабинетов не велика (4,5-6,0 м), что при жесткой планировке с одним коридором, резко снижает экономичность планировочного решения, а при большой этажности не обеспечивает устойчивости здания.

В связи с этим при комбинированной планировке пространство между расположенными вдоль фасадов кабинетами расширяют, размещая в нем множительную технику, шкафы-файлохранилища, зоны для проведения совещаний, горизонтальные коммуникации. Естественное освещение этого пространства отчасти обеспечивает применение светопрозрачных дверей и продольных перегородок кабинетов.

4.2. Жилые здания.

Жилые высотные здания составляют в общем объеме высотного строительства незначительную часть, их высота в пределах от 30 до 70 этажей (при преобладании 30-40-этажных). Причины - функционально-технические и отчасти социальные. Основным функциональным требованием в проектировании жилищ является необходимость естественного освещения всех комнат квартиры при их глубине до 6 м. Это обстоятельство определяет малую ширину корпуса жилых зданий, что входит в противоречие с требованиями развития ширины здания для обеспечения его устойчивости при ветровых воздействиях, либо приводит к неэффективному использованию пространства здания (при широком корпусе).

В связи с присущим широкой практике компактным размещением высотных объектов в деловых центрах городов включение высотных жилых зданий в эту застройку не достаточно удобно и престижно.

4.3. Гостиницы.

Гостиничные комплексы строят высотными чаще, чем жилые дома, и располагают их не только в деловых центрах, но и в зонах транспортных узлов (вокзалов, аэропортов) и в привлекательных в туристическом отношении районах.

Объемно-планировочное решение гостиниц подчинено общему для высотного строительства требованию компактности формы плана - треугольного, прямоугольного, овального, круглого. В последнем применяют радиально-центричное или ортогональное размещение номеров. Однако в связи с тем, что компактная форма даже при большой этажности не дает возможности резко (до 800-1000 мест) повысить вместимость гостиниц, наряду с компактной получили распространение узловая (с отходящими от вертикального транспортного узла тремя-четырьмя «лучами») и атриумная схемы планировки.

Атриумный тип гостиницы один из самых древних, ведущий свою историю от «постоялых дворов», неожиданно возродился в последней трети XX в. Американский архитектор Д. Портмен применил эту планировку к многоэтажным и высотным объектам. После успеха таких отелей в городах США их строительство получило развитие в крупных городах Европы. В Москве первым был построен атриумный отель Центра международной торговли на Краснопресненской набережной. I

Быстрое распространение атриумной планировочной схемы связано с ее архитектурными, техническими и экономическими преимуществами. Она позволила престижно и выразительно решить архитектурно-пространственную организацию здания. При этом создавалось представительное и удобное общее пространство крытого атриума, увеличивалась вместимость гостиницы, обеспечивалась экономия энергозатрат. Высота построенных к настоящему времени атриумных гостиниц приближается к 50 этажам.

4.4. Многофункциональные высотные здания.

Многофункциональные высотные здания стали формироваться с начала XX в. Однако наибольшее распространение они получили в середине XX в.

Классическим примером многофункционального сооружения, стало здание «ПанАм» (Пан-Америка-билдинг), построенное в 1958 г. в Нью-Йорке по проекту В. Гропиуса. Под зданием располагалась узловая станция на пересечении двух линий метрополитен на, на крыше - вертолетная площадка, а между верхней и нижней отметками расположились помещения торговли, офисов, гостиниц и т.п. Рекорд высоты и многофункциональности «ПанАм» был перекрыт в 1969 г. сооружением башенного здания Джон Хинкок-билдинг в Чикаго (арх. Б. Грехем, инж. Ф. Кан) высотой 344 м.

В здании предусмотрены помещения торговли, паркинги, офисы, квартиры, рестораны, обсерватория, телевизионные студии и антенна. Башня имеет форму усеченной пирамиды с размерами в основании 40х60 м. В связи с этим размещение жилой зоны в верхней суженной части пирамиды обосновано, так как позволяет избежать неэкономичной планировки квартир большими подсобными площадями, не имеющими естественного освещения. Сами же квартиры весьма скромной планировки, преимущественно однокомнатные, что характерно для жилища в высотных домах делового центра городов.

К концу XX в. число функций в высотных зданиях сокращается. Растет число однофункциональных зданий - офисов или отелей, вторая функция которых (торговля и развлечения), концентрируется только в первых этажах. Характерным остается такое сочетание двух функций. Чаще всего это сочетание по высоте гостиниц и офисов при расположении жилых номеров на верхних отметках. Хотя иногда встречается и обратное решение. Обязательным является размещение между разными функциональными зонами технического этажа. До настоящего времени наряду с этими основными схемами сочетаний функций встречаются и индивидуальные: включение клубов или конференц-залов на нижних отметках.

Уникальным остается функциональное расчленение здания на конторы и квартиры по всей высоте сооружения. Такое решение было реализовано арх. Ф.-Л. Райтом в «башне Прайса» в г. Бартесвилл (Оклахома). Оно обеспечило индивидуальность облика здания и изоляцию жилой зоны от офисной благодаря изолированным входам и лифтам.

Однако на протяжении последующих 50 лет прием функционального зонирования по вертикали не получил развития.

Складские помещения и паркинги размещают ниже уровня нулевой планировочной отметки. Однако в отдельных случаях под парковку отводят несколько надземных этажей здания, либо закладывают подземный паркинг на смежной территории.

Рассмотрение международного опыта свидетельствует о преимущественном формировании одно- или двухфункциональных высотных зданий. Многофункциональное решение встречается преимущественно в единичных, предельно высоких зданиях.

Жилыми высотные здания строят редко, главным образом из-за несовпадения функциональных и конструктивных требований к их габаритам.

Период относительно широкого строительства особо высоких (более 60 этажей) жилых домов и комплексов в практике США завершен к концу 1960 гг., а в Европе к 1970 гг.

Наиболее динамичным было развитие объемно-планировочных решений самого распространенного типа высотных зданий - офисов: от коридорной структуры к «ландшафтному бюро», к комбинированной системе и, наконец, к «экологически чистому решению атриумных зданий. Последние заслуживают наибольшего внимания отечественных проектировщиков.

5. КОНСТРУКЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Интенсивные ветровые воздействия определяют выбор общей формы здания. Наиболее часто применяется башенный тип, с повышенной устойчивостью в обоих направлениях благодаря развитому поперечному сечению и обтекаемой объемной форме (цилиндрической, пирамидальной, призматической со скругленными углами и пр.), способствующей уменьшению аэродинамического коэффициента при определении расчетных усилий от ветровых воздействий. Наряду с этим сохраняется применение четких призматических форм. Ветровые воздействия, сопровождающиеся ускорениями колебаний сооружений при динамических порывах ветра, могут вызвать нарушения нормальных условий эксплуатации в помещениях верхних этажей высотных зданий.

При этом могут возникнуть как нарушения стабильности обстановки, так и неприятные физиологические ощущения у людей, живущих или работающих в здании. Во избежание таких дискомфортных условий выявлены и количественно оценены границы комфортности и стадии дискомфортного пребывания в помещении в зависимости от величины ускорения колебаний перекрытий под воздействием пульсационной составляющей ветровой нагрузки в % от ускорения силы тяжести.

В соответствии с характеристиками в МГСН 4.19-2005 регламентирована практически неощутимая величина ускорения колебаний - $0,08 \text{ м/с}^2$. 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. Основополагающими при разработке конструктивного решения высотного здания являются выбор конструктивной системы и

материала несущих конструкций, наряду с решением отдельных конструктивных элементов, обеспечивающих, комплексную безопасность эксплуатации высотных зданий.

Большие открытые пространства внутри здания, балки большого пролета, внутренние перегородки и навесные фасады, большая высота здания существенно уменьшили несущую способность. Поэтому учет горизонтальных воздействий на здание становится одним из основополагающих факторов при расчете здания на прочность.

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.

За рубежом 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. Проведенные Массачусетсом технологическим институтом исследования в аэродинамической трубе показали, что наибольшее давление ветра наблюдается в центре вертикальной поверхности с наветренной стороны, где движение ветра практически прекращается, и постепенно уменьшается по мере возрастания скорости потока в направлении верха здания. Результаты, полученные при испытании в аэродинамической трубе, переносятся на реальный объект с различными коэффициентами точности.

Наличие арочного проема в здании создает возможность перемещения воздушного потока с высоким давлением в заветренную сторону здания, где преобладает зона низкого давления. При этом скорость ветра под аркой и вблизи нее в два раза превышает скорость ветра на исследуемой территории.

При воздействии ветра на здание, помимо прямого ветрового потока, возникают потоки повышенной скорости - турбулентные потоки и завихрение воздуха. Вихри с высокой скоростью вызывают круговые

восходящие потоки и всасывающие струи вблизи здания, из-за чего появляются небольшие ощущаемые колебания здания. Кроме колебаний при завихрении возникают неприятные звуки от перекоса конструкций шахт лифтов, от проникания таких потоков через щели в окнах, а также "завывание" вокруг здания. Такие колебания отрицательно воспринимаются людьми и поэтому должны учитываться при проектировании высотных зданий.

5.1. Конструктивные системы.

Конструктивная система представляет собой взаимосвязанную совокупность вертикальных и горизонтальных несущих конструкций здания, которые совместно обеспечивают его прочность, жесткость и устойчивость. Горизонтальные конструкции - перекрытия и покрытия здания - воспринимают приходящиеся на них вертикальные и горизонтальные нагрузки и воздействия, передавая их поэтажно на вертикальные несущие конструкции. Последние, в свою очередь, передают эти нагрузки и воздействия через фундаменты основанию.

Горизонтальные несущие конструкции высотных зданий, как правило, однотипны, и обычно представляют собой жесткий несгораемый диск - железобетонный (монолитный, сборно-монолитный, сборный) либо сталежелезобетонный.

Вертикальные несущие конструкции более разнообразны. Различают стержневые (каркасные) несущие конструкции, плоскостные (стеновые, диафрагмовые), внутренние объемно-пространственные стержни полого сечения на высоту здания (стволы жесткости), объемно-пространственные наружные конструкции на высоту здания в виде тонкостенной оболочки замкнутого сечения. Соответственно примененному виду вертикальных несущих конструкций различают четыре основные конструктивные системы высотных зданий - каркасную (рамную), стеновую (бескаркасную, диафрагмовую), ствольную и оболочковую.

Основные системы ориентированы на восприятие всех силовых воздействий одним типом несущих элементов. Так, например, при стержневых конструкциях узлы сопряжения колонн с ригелями должны быть жесткими (рамными) в обоих направлениях, чтобы обеспечить восприятие вертикальных и горизонтальных воздействий.

Наряду с основными, широко применяют и комбинированные конструктивные системы. В этих системах вертикальные несущие конструкции комбинируют, сочетая разные виды элементов. К их числу

относятся системы: каркасно-диафрагмовая со связями в виде стен - диафрагм жесткости, с неполным каркасом (несущие наружные стены и внутренний каркас), каркасно-ствольная, ствольно-стенная, ствольно-оболочковая и др.

В комбинированной системе могут сочетаться несколько типов вертикальных несущих элементов (плоскостных, стержневых, объемно-пространственных) и схем их работы. При таких сочетаниях полностью или частично дифференцируется восприятие нагрузок и воздействий (например, горизонтальных - стенами жесткости, а вертикальных - каркасом). Соответственно количество возможных вариантов комбинированных систем весьма обширно.

Стенная система на протяжении столетий была основной для зданий любого назначения, в высотном строительстве применяется редко и преимущественно для жилых зданий и гостиниц. Самое высокое из построенных зданий стеновой системы - 47-этажный жилой дом «Конкордия Хаус» в Кёльне имеет поперечно-стенную конструктивную систему (шаг стен 4,5 м) и выполнено с монолитными железобетонными несущими внутренними стенами и перекрытиями. Малый объем использования стеновой системы и ориентация на применение ее только в жилище можно объяснить тривиальным восприятием системы в поперечно-стенном варианте с сопутствующими ему ограничениями свободы планировки.

5.2. Конструктивные элементы.

5.2.1. 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. Помимо этого, изыскания дают основания для прогнозирования вероятности развития опасных процессов в основании (карстово-суффозных, оползневых и др.). Неблагоприятный прогноз может служить основанием для отказа от выбранной площадки строительства по требованиям безопасности или из-за высокой стоимости мероприятий по понижению интенсивности влияния этих процессов.

Изыскания позволяют выявить возможное влияние строительства высотного здания на окружающую застройку: в первом периоде - при эскаляции 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.

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. Глубина заложения таких фундаментов в соответствии с грунтовыми условиями может составлять до 30-40 м.

В любых случаях, при проектировании высотных зданий следует обеспечивать оптимальные условия взаимодействия здания с основанием за счет объемно-планировочных и конструктивных решений.

В сложных грунтовых условиях на большей части территории Москвы, выбор конструкций фундаментов всегда будет представлять сложную индивидуальную инженерную задачу. В связи с этим можно высказать лишь отдельные предположения о применимости тех или иных конструкций. Велика вероятность, что конструкции ленточных фундаментов или из висячих свай не найдут применения в связи с малой несущей способностью и высокой деформативностью московских грунтов. Велика вероятность применения железобетонных коробчатых фундаментов. Впервые коробчатая железобетонная конструкция фундаментов общей высотой 7 м. была разработана инж. Джишкариани и Никитиным для главного здания МГУ на Воробьевых горах и оправдала себя в процессе полувековой эксплуатации. Такая конструкция, причем высотой в несколько этажей, позволит решить и целый ряд функциональных задач по размещению в подполье

вспомогательных, служебных помещений, оборудования инженерно-технических систем.

Столь же вероятна для ряда площадок в Москве конструкция фундамента в виде единой мощной плиты толщиной до 3 м и более, способствующая в силу своей жесткости компенсации неравномерных деформаций основания. 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 буронабивными опорами и превратиться в свайно-плитный фундамент, повышающий взаимодействие здания с основанием. Однако применение такого конструктивного варианта допустимо лишь при отсутствии в основании высоко расположенных водоносных пластов.

5.2.2. Надземные конструкции высотных зданий.

5.2.2.1. Несущие конструкции.

Конструкции внутренних стен и колонн высотных зданий по существу технического решения мало отличаются от применяемых в зданиях высотой до 75 м. Наиболее существенное отличие заключается в увеличении их сечений как по требованиям увеличения несущей способности, так и по резко возросшим требованиям к пределу огнестойкости (до REI 180 в зданиях высотой до 100 м и до REI240 в более высоких зданиях).

Соответственно высоким требованиям к несущей способности вертикальных несущих конструкций для них 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 пределах 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.

За счет вертикального и горизонтального обжатия бетонного ядра, несущая способность колонны увеличивается вдвое (по сравнению с железобетонной из бетона того же класса) с соответствующим уменьшением размеров поперечного сечения.

Колонны из трубобетона широко внедрены в строительство высотных зданий преимущественно в Юго-Восточной и Восточной Азии. Высокие прочностные свойства трубобетонных колонн позволяют пересмотреть рекомендации по выбору конструктивных систем. 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 в построенных в течение последнего десятилетия высотных зданий в Китае колеблется в зависимости от величины нагрузки от 700 до 1600 мм при классе бетона ядра от В35 до В80.

Менее отработанными представляются конструкции стыков колонн с балками, требующими как заводской приварки опорного стального кольца к трубе, так и опорных консолей («бычья нога»), требующих для их анкеровки прорезей в трубе и последующей сварки.

Стволы жесткости представляют собой наиболее специфичную для высотного строительства внутреннюю вертикальную несущую конструкцию. Она присуща большинству высотных зданий различных конструктивных систем: ствольных, каркасно-ствольных, ствольно-стеновых и оболочково-ствольных. Применяется в различных вариантах планировочного решения здания.

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).

В конструктивно-планировочном отношении удачна относительно редко принимаемая конструкция ствола открытого профиля, например крестообразного сечения.

Она исключает трудоемкое и металлоемкое устройство многочисленных надпроемных перемычек, необходимых в стволах закрытого сечения (двери в лифтовый холл, в лестничные клетки и пр.), и упрощает установку лифтов. Ограничение в их применении оправдано только 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. Исключения из этого правила встречаются крайне редко, когда ствол имеет не только несущие, но и архитектурно-композиционные функции.

Наиболее яркий пример ствольного здания со стальными стволами здание Китайского банка в Гонконге, построенного в стиле «хай-тек» арх.

Н.Фостером в 1986 г. Конструктивную систему здания образуют восемь стальных стволов, расположенных по четыре у торцов здания и опертые на них (через 5-8 этажей) однопролетные двухконсольные фермы, к которым подвешены междуэтажные перекрытия.

5.2.2.2. Перекрытия.

Конструктивные решения перекрытий подчинены требованиям пожарной безопасности, обеспечения их прочности и минимальной 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. В зарубежной практике основным вариантом перекрытия является сталежелезобетонная конструкция из стальных балок и монолитной железобетонной плиты по профилированному стальному настилу, который служит одновременно оставляемой опалубкой и отчасти арматурой плиты. Этот вариант конструкции перекрытия, как правило, проектируют с подвесным потолком, который скрывает в интерьере стальные балки и создает пространство для разводки многочисленных коммуникаций - электрических, вентиляционных и др. А сам потолок может способствовать улучшению акустического режима помещения при выполнении его из звукопоглощающих материалов. В отечественной практике, эта конструкция перекрытий широко применяется в монолитном домостроении. Однако в отечественных условиях складывается неблагоприятная обстановка для расширенного внедрения сталежелезобетонной конструкции перекрытий в связи с предусмотренным МГСН 4.19-2005 требованием увеличения предела огнестойкости перекрытий в зданиях выше 100 м до REI 240. Это потребует омоноличивания стальных балок. Не способствует таким высоким противопожарным требованиям также система стальных подвесок и каркаса подвесных потолков.

Необходимо отметить, что противопожарные требования к перекрытиям в МГСН 4.19-2005 существенно жестче, чем в зарубежных нормах и предъявляют одинаковые требования к пределу огнестойкости горизонтальных и вертикальных несущих конструкций. В то же время опасность прогрессирующего обрушения здания сопряжена именно с пределом огнестойкости стен и колонн, а не перекрытий, поскольку именно стены и колонны являются ключевыми элементами конструктивной системы. Очевидно, при переходе МГСН 4.19-2005 из категории временного в постоянно действующий нормативный документ требования к пределу огнестойкости отдельных несущих конструкций будут дифференцированы.

5.2.2.3. Наружные стены.

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.

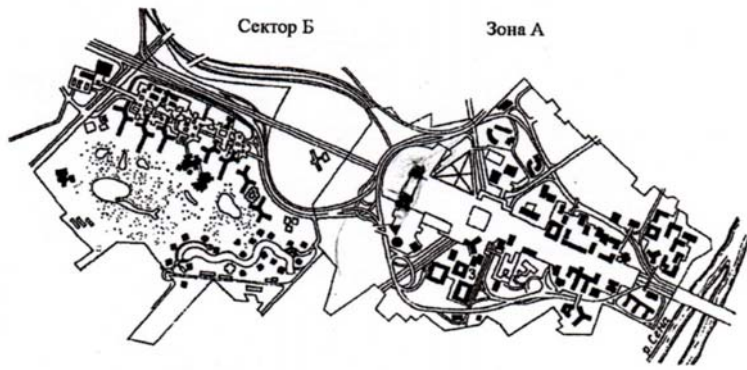
Назначение тепловой защиты для глухой части наружных стен дифференцировано в зависимости от их высоты: в зданиях высотой до 150 м величина приведенного сопротивления теплопередаче определяется по методике СНиП 23.02-2003, для более высоких — ее увеличивают на 8%.

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.

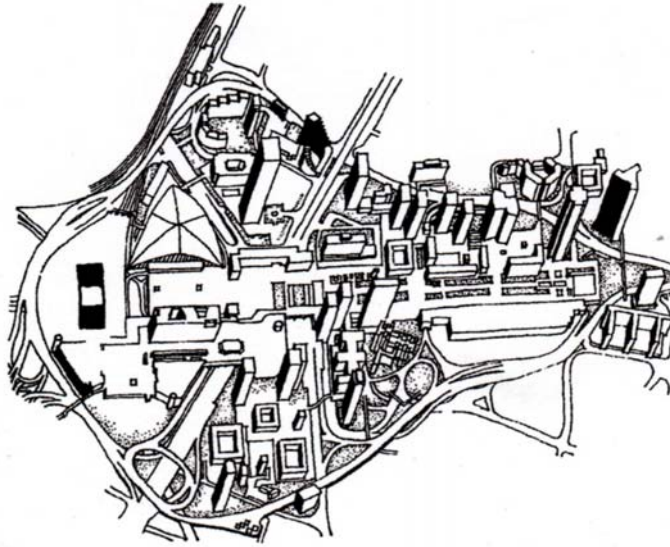
Несущие стены участвуют в работе конструктивной системы здания на все виды силовых воздействий и воспринимают переменные по высоте здания ветровые нагрузки, включая их пульсационную составляющую.

Родоначалницей оболочковой стеновой несущей конструкции является стальная безраскосная пространственная многоэтажная многопролетная рама (решетка) из сварных стержней коробчатого сечения, примененная в зданиях-близнецах WTC в Нью-Йорке.



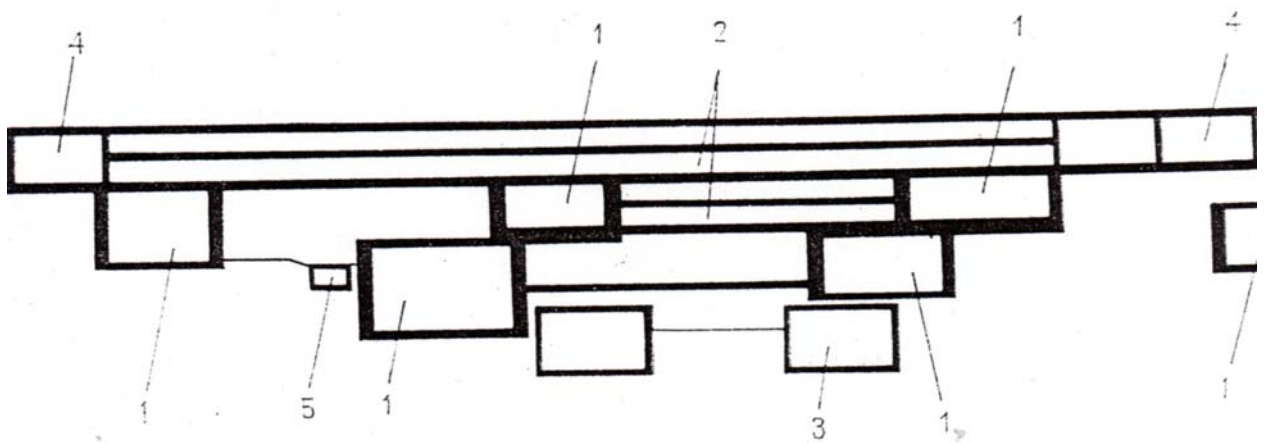


а
б
в



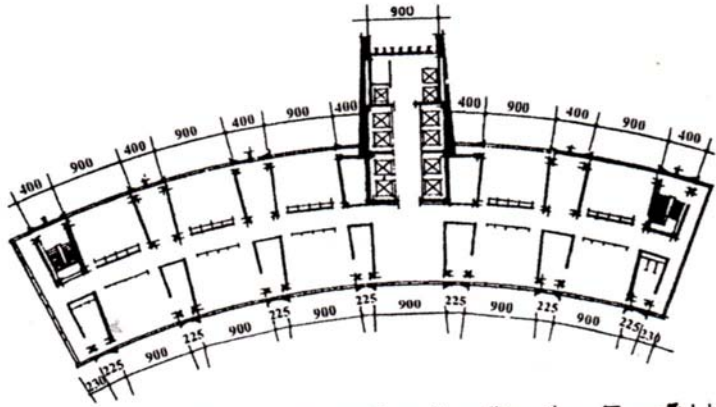
ИСКУССТВЕННАЯ ПЛАТФОРМА

1 — автодороги; 2 — автостоянки; 3 — метро; 4 — автобусы; 5 — техническая галерея

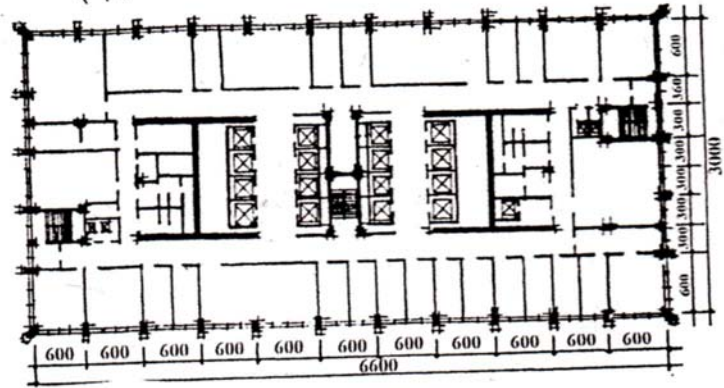




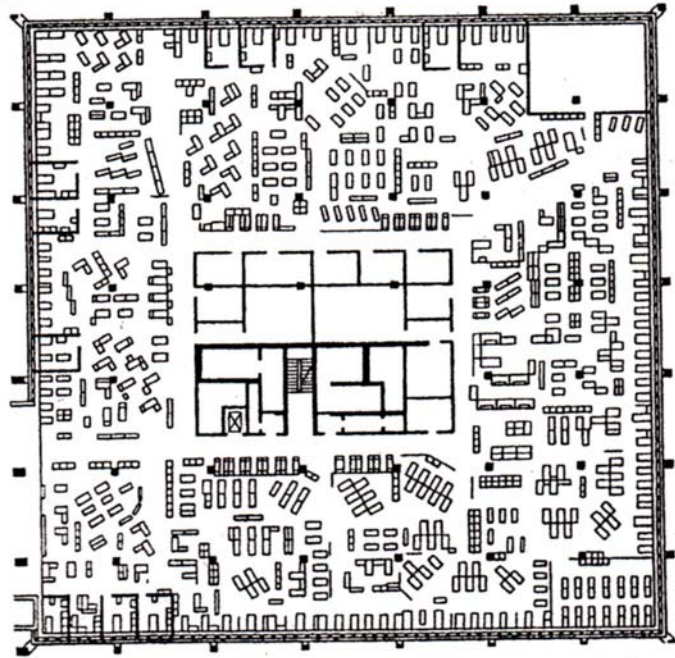
a



б



в



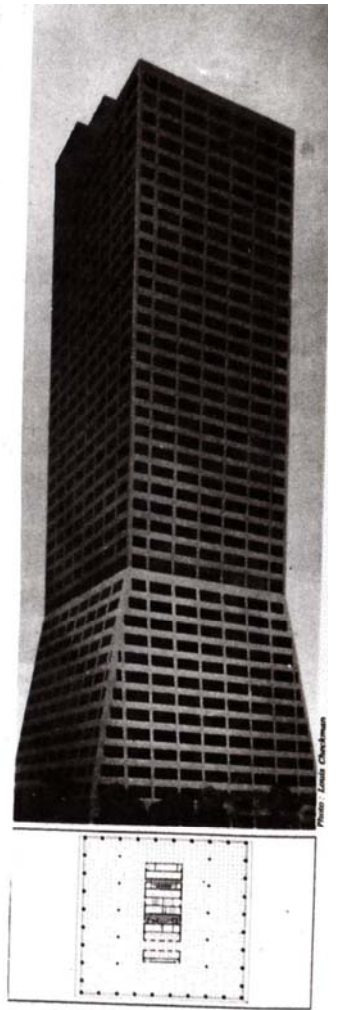
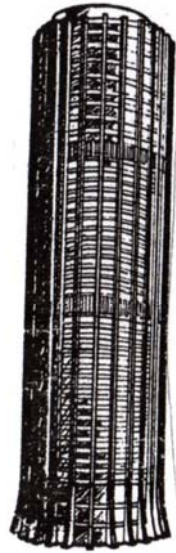
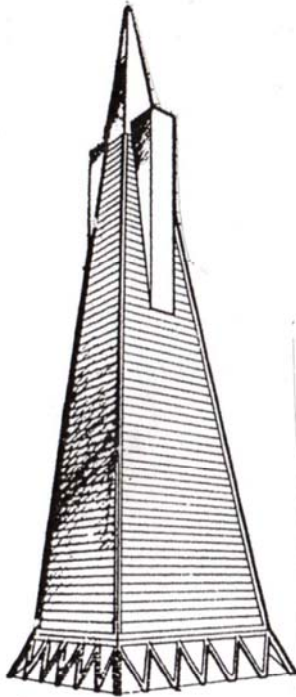
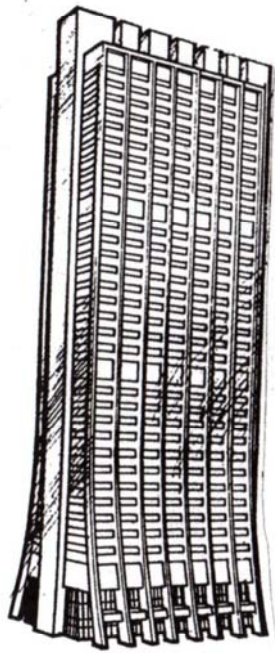
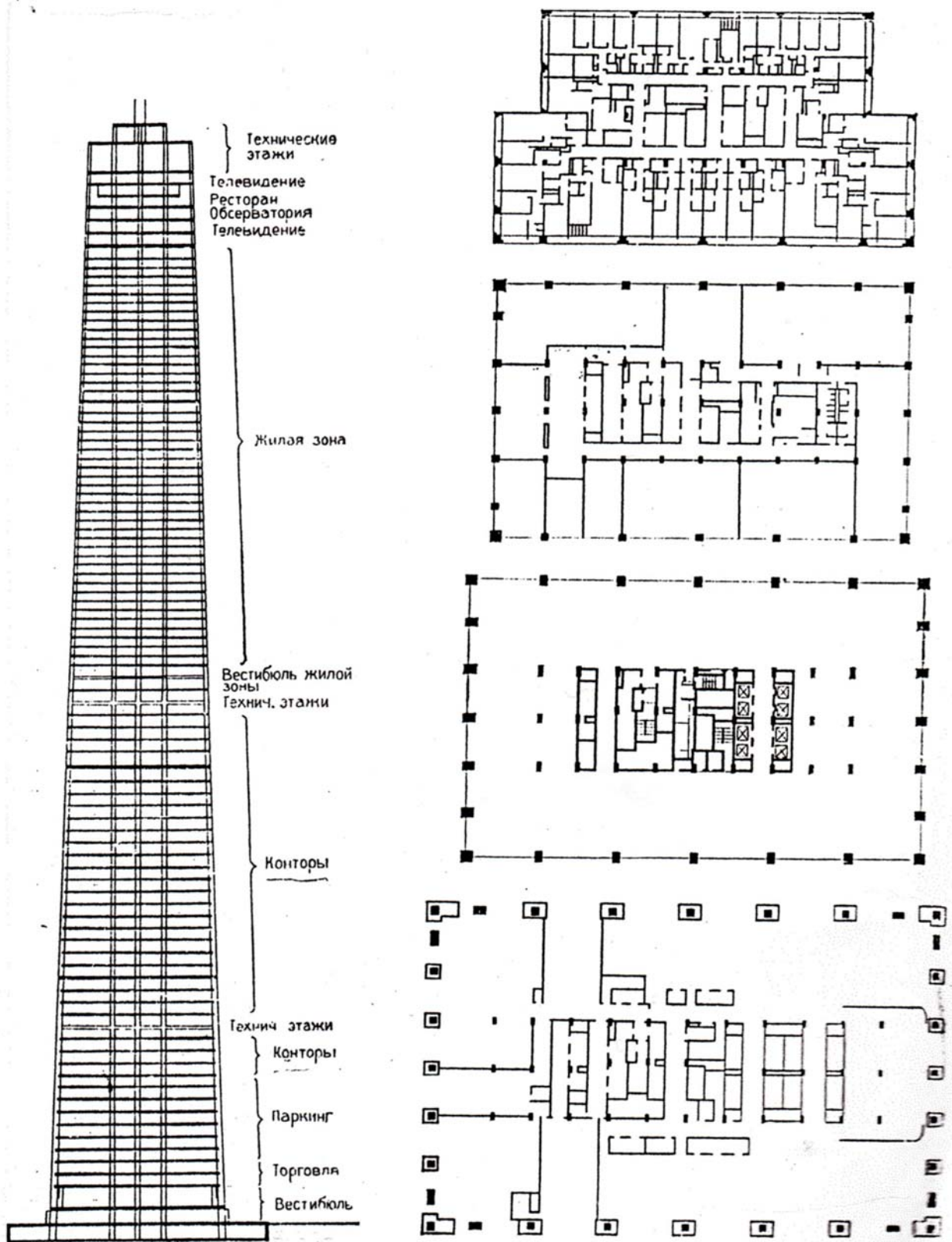
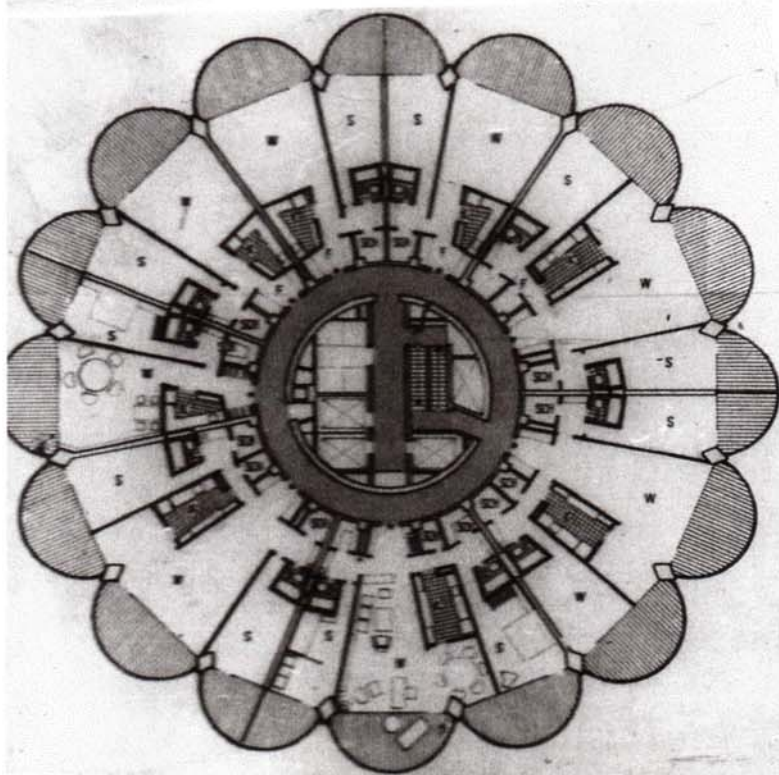
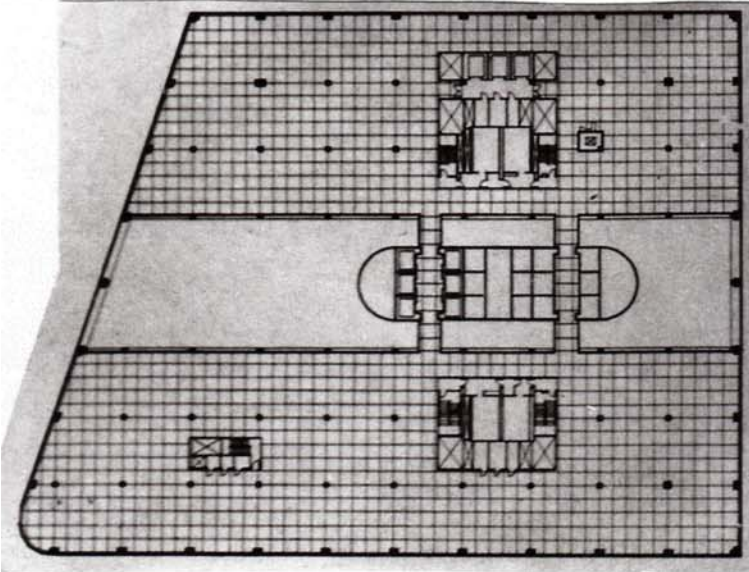
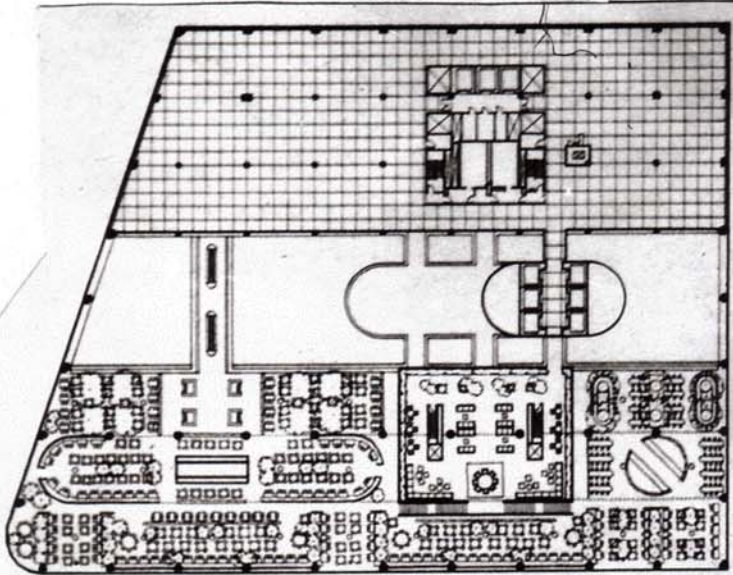
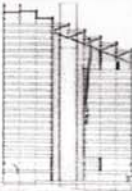
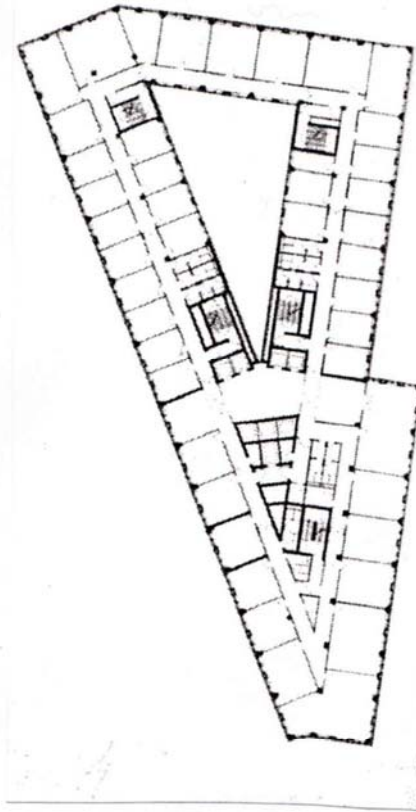


Fig. 4

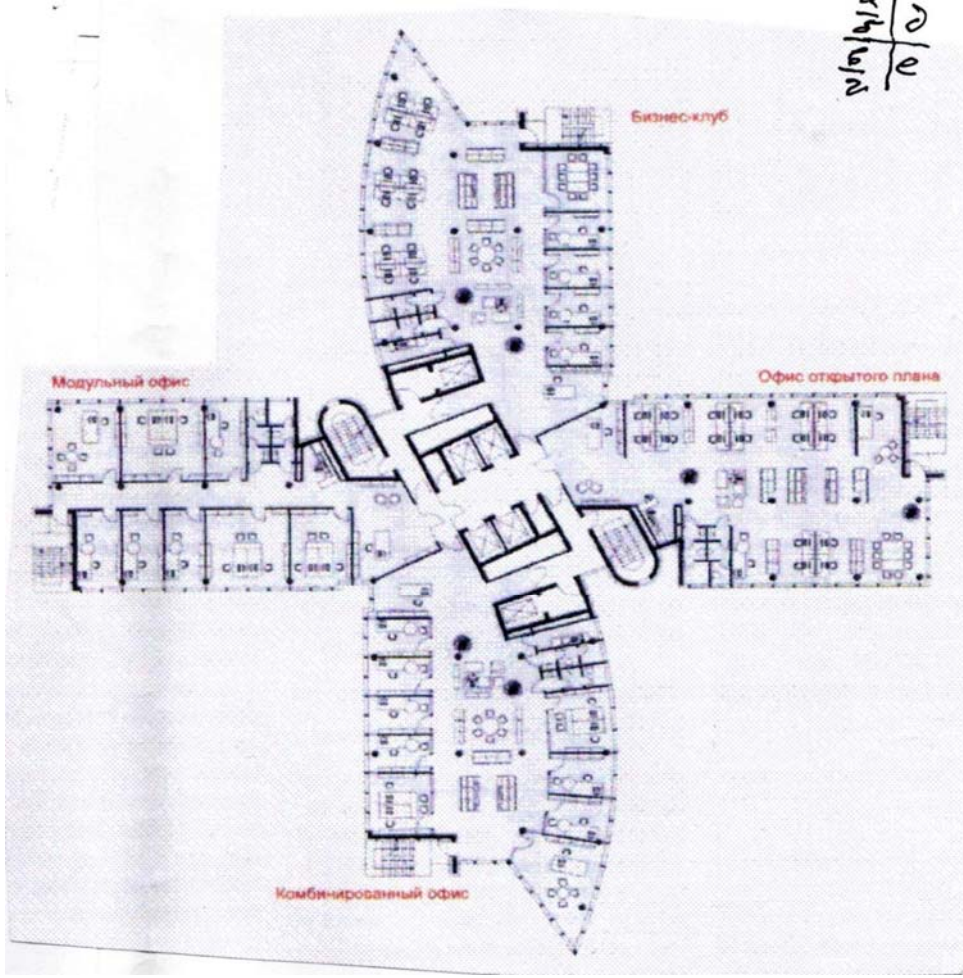


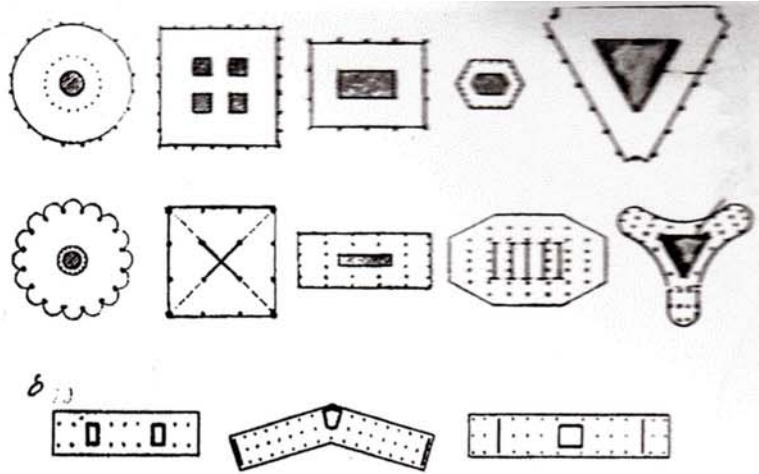




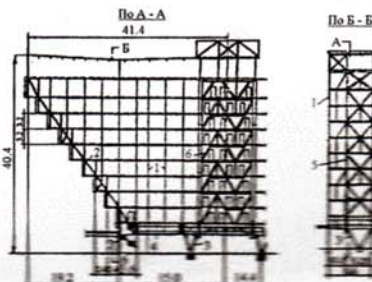
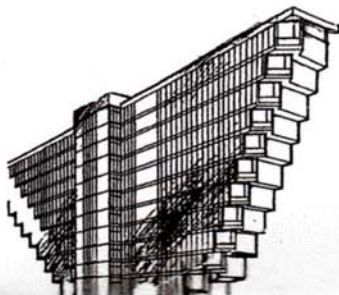
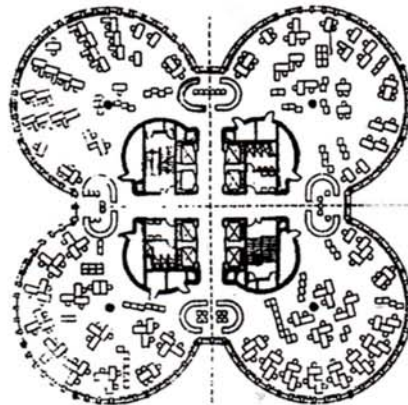
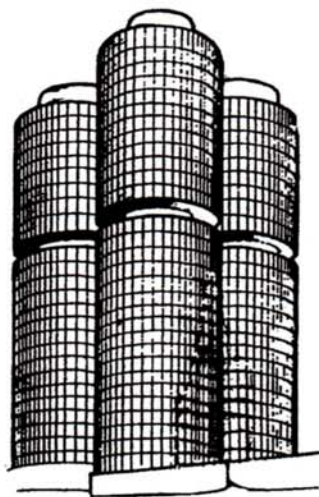
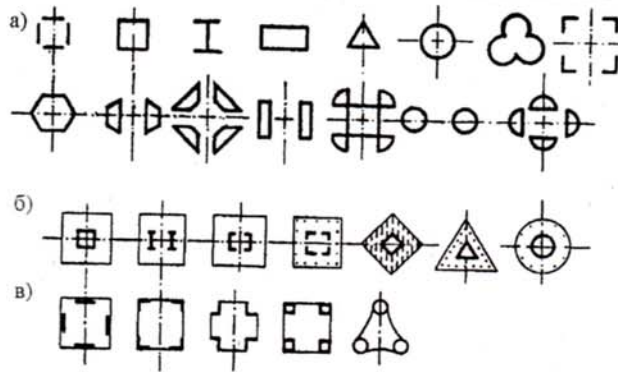


2/2
2/1/1/2/2

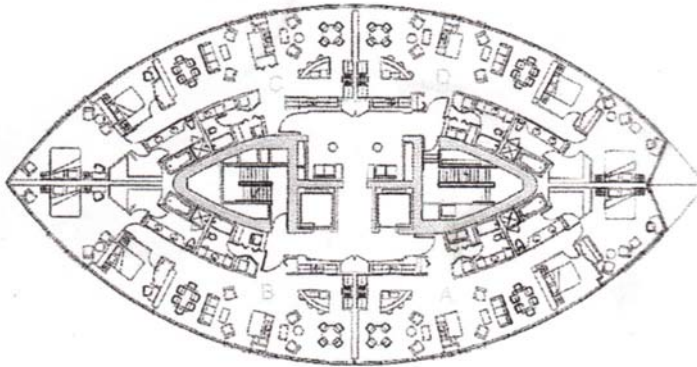




$\frac{A}{\frac{B}{\frac{B}{\Gamma}}}$



One Wall Centre. Вид с юго-запада



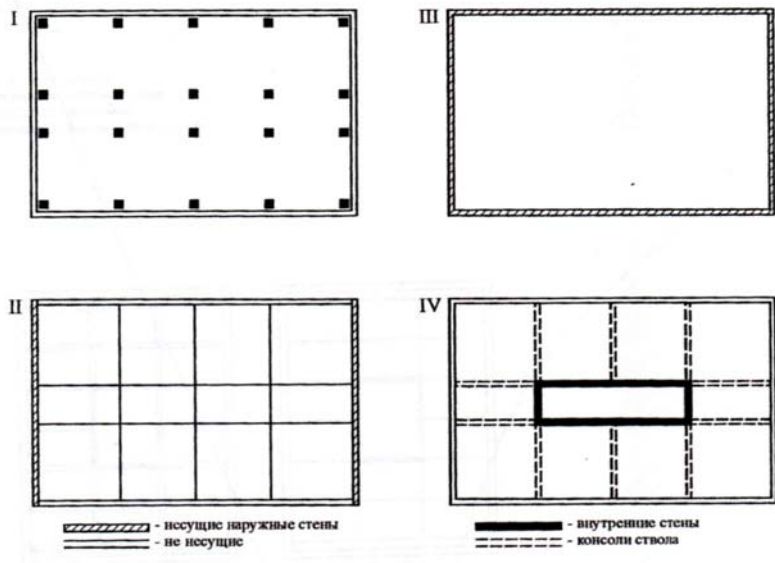


Рис. 9. Основные конструктивные системы высотных зданий:
 I - рамная, II - диафрагмовая, III - оболочковая, IV - ствольная

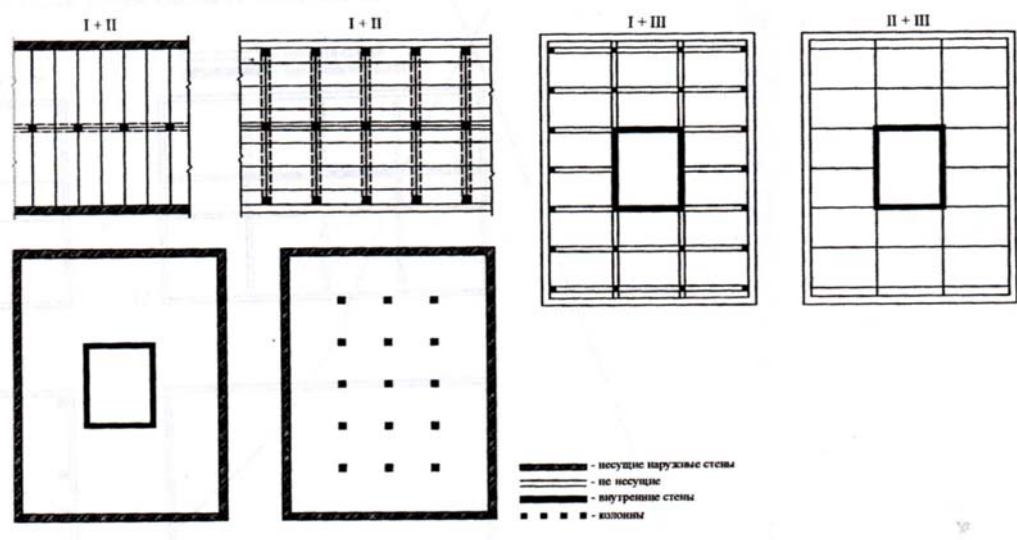
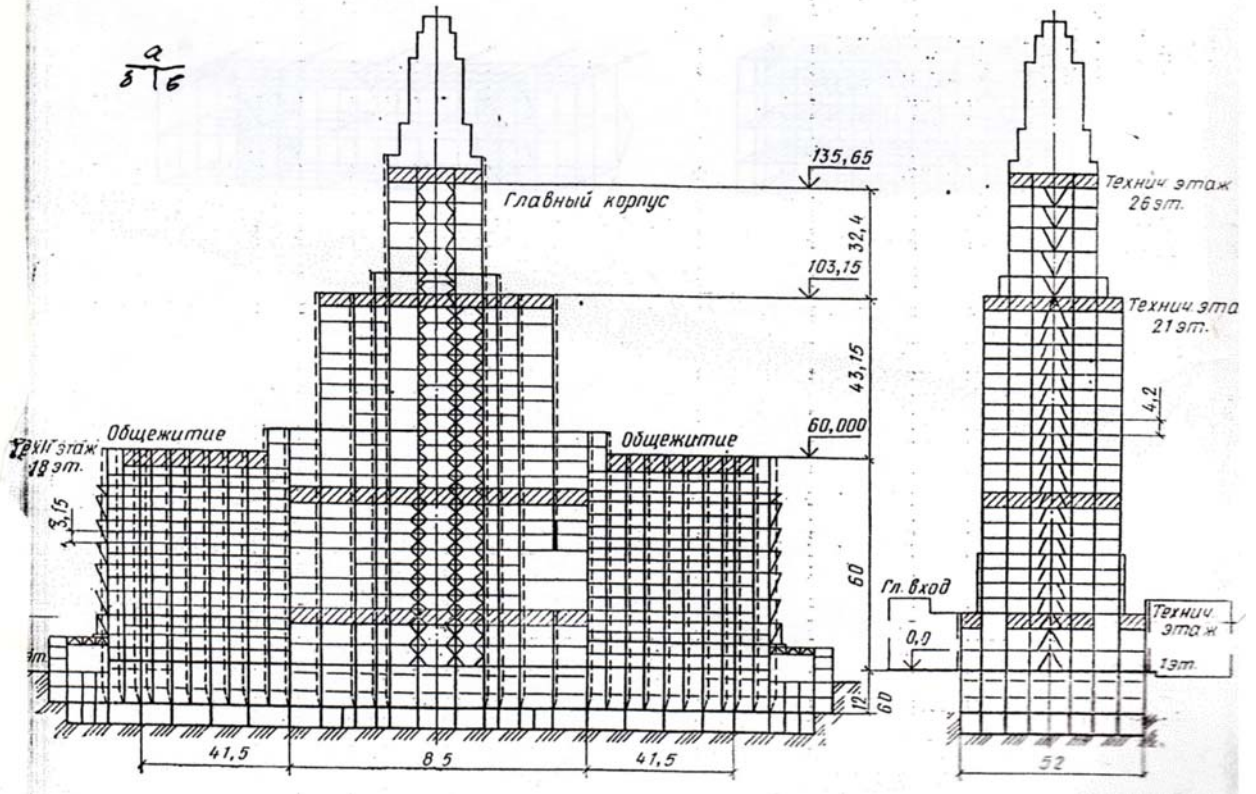
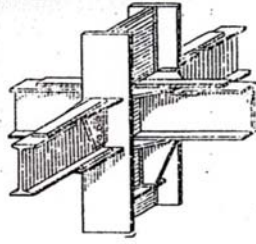
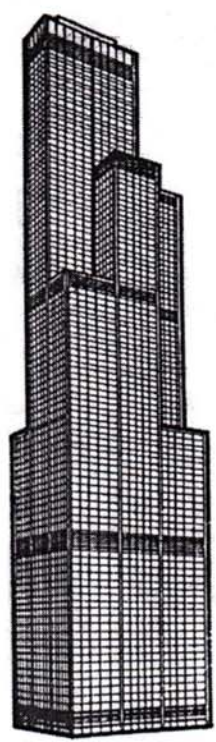
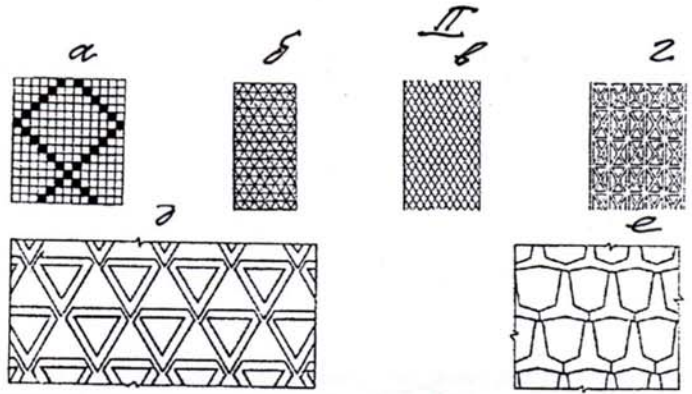
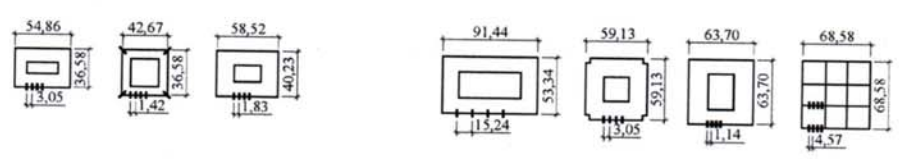
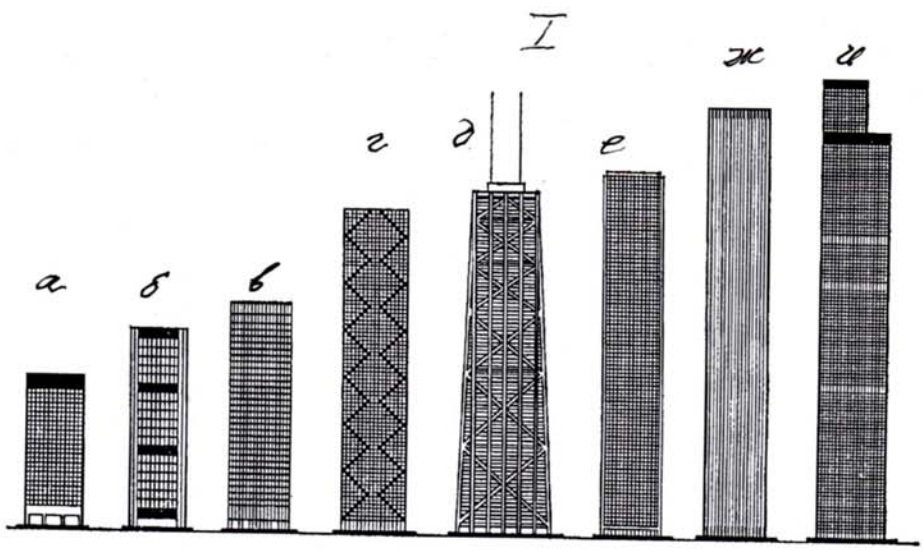
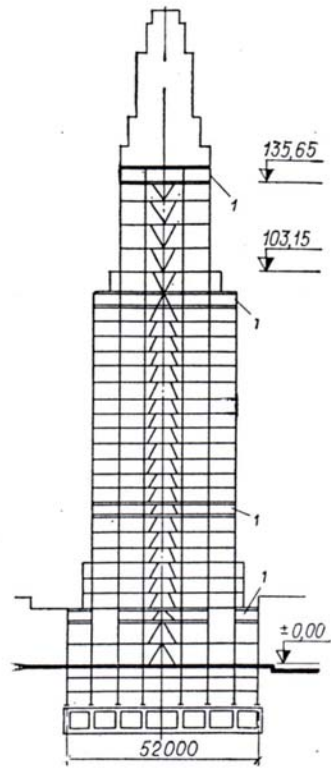


Рис. 10. Комбинированные конструктивные системы: I+II - каркасно-стеновые (диафрагмовые),
 I+III - каркасно-оболочковая, II+III - ствольно-стеновая, III+IV - оболочково-ствольная,
 III+I - оболочково-каркасная

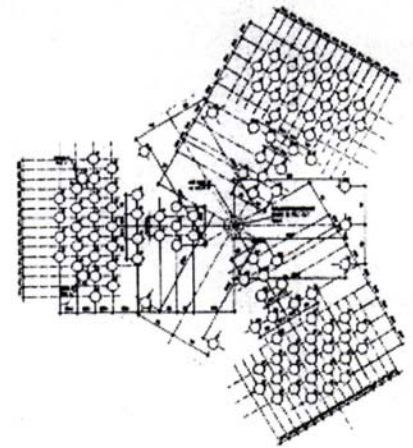
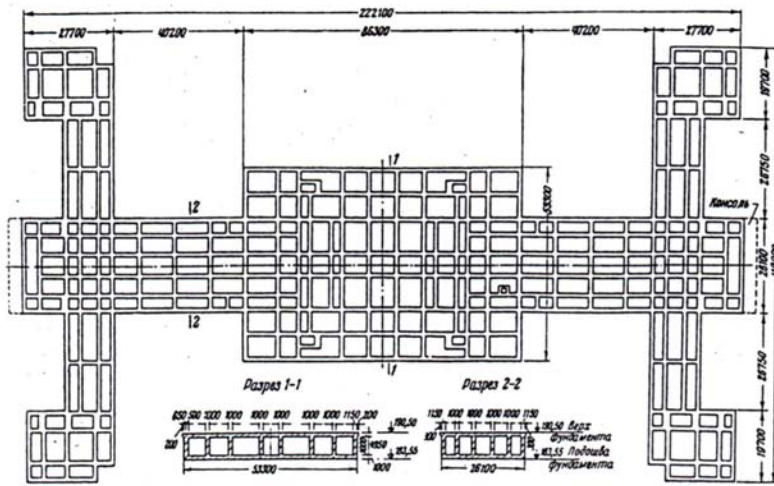
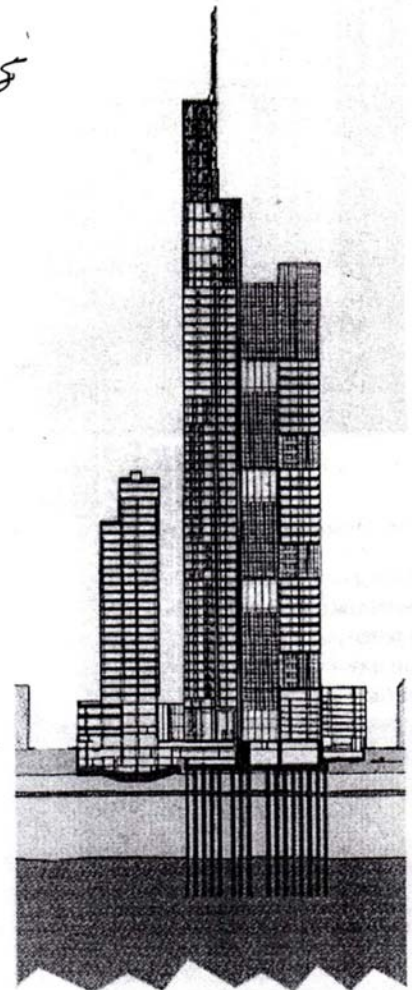




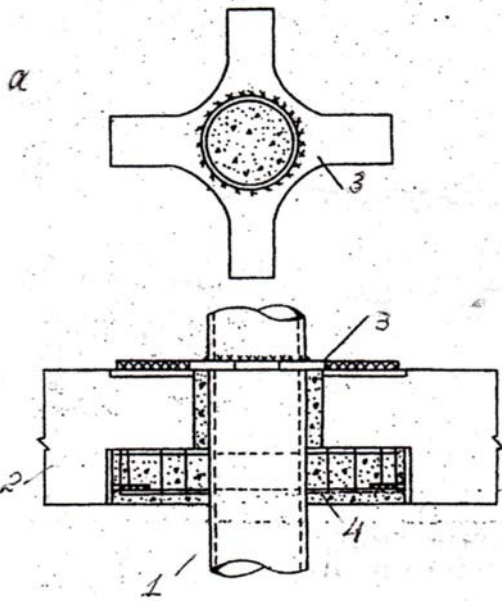
a



5







b

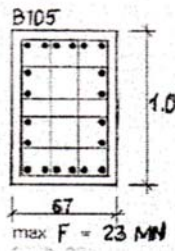
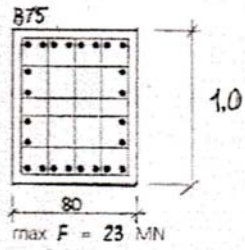
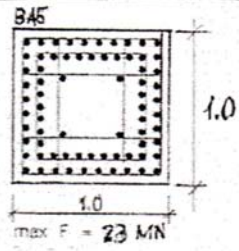
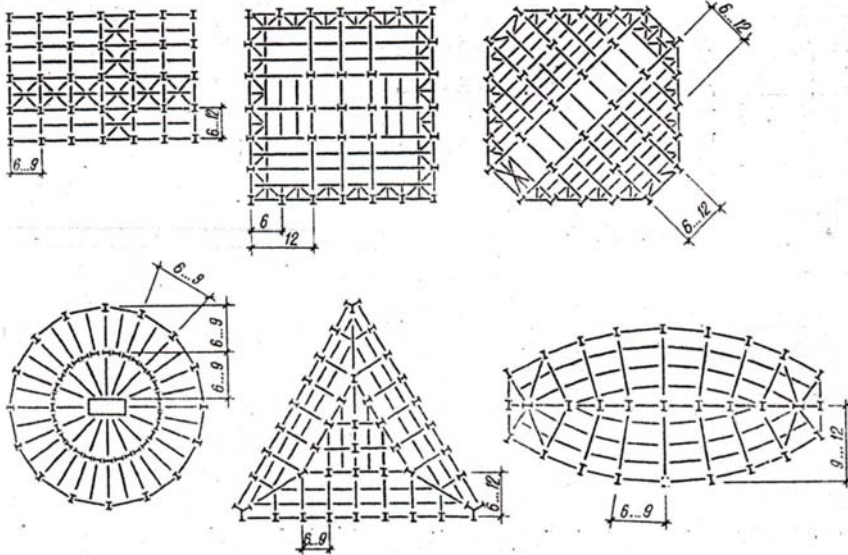
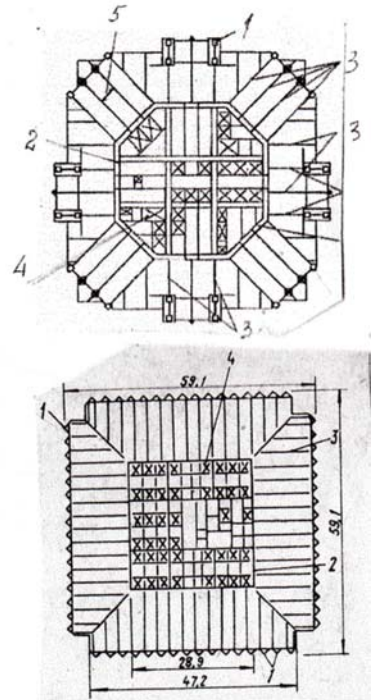


Рис. 4.24

A



B



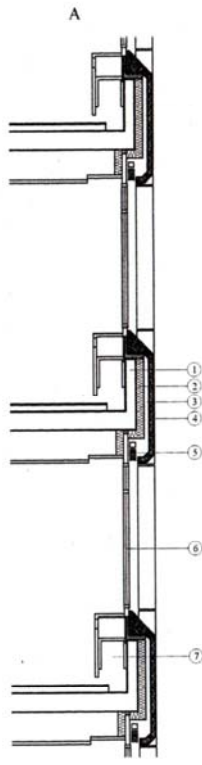


Рис. 18

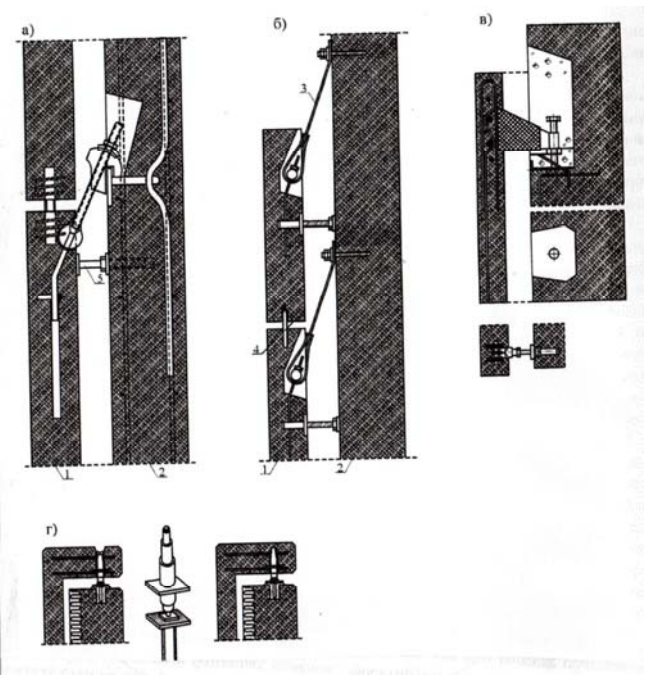
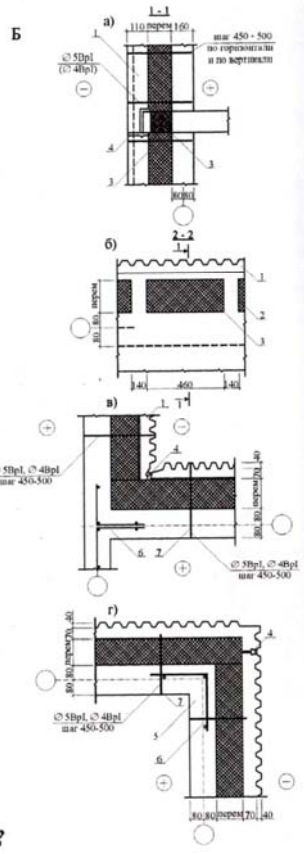


Рис. 19

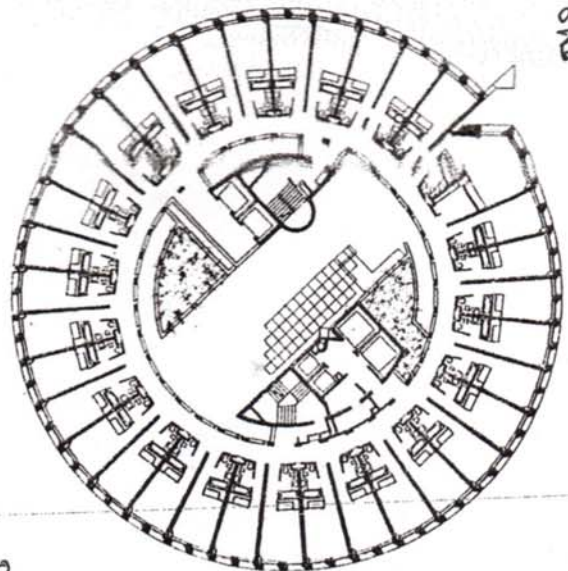
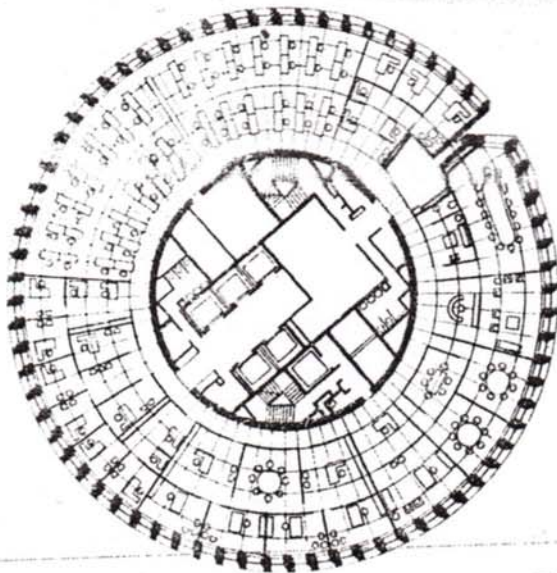
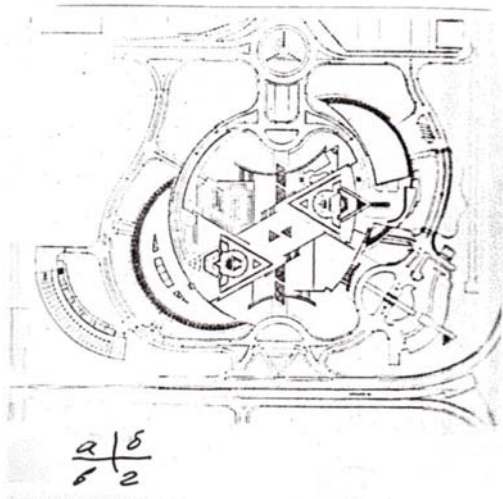
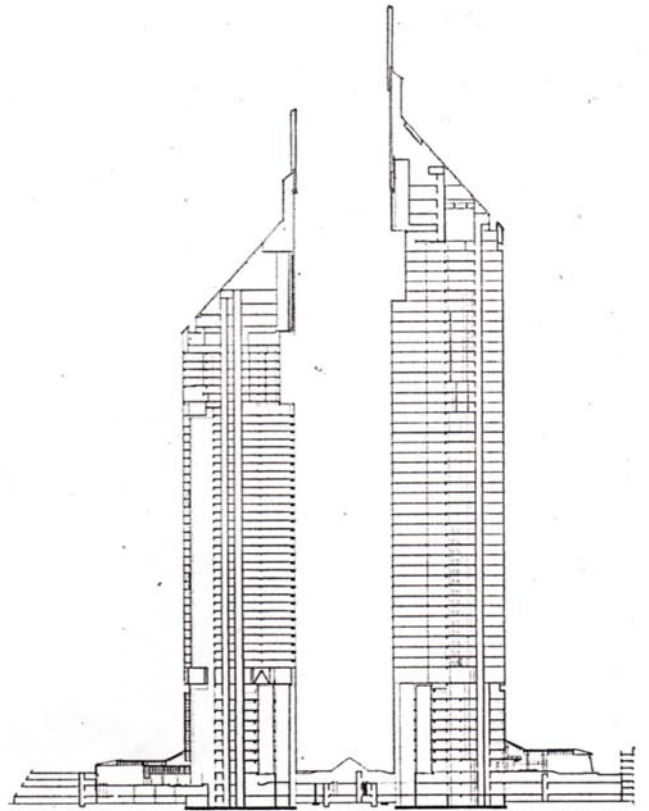


Рис 20



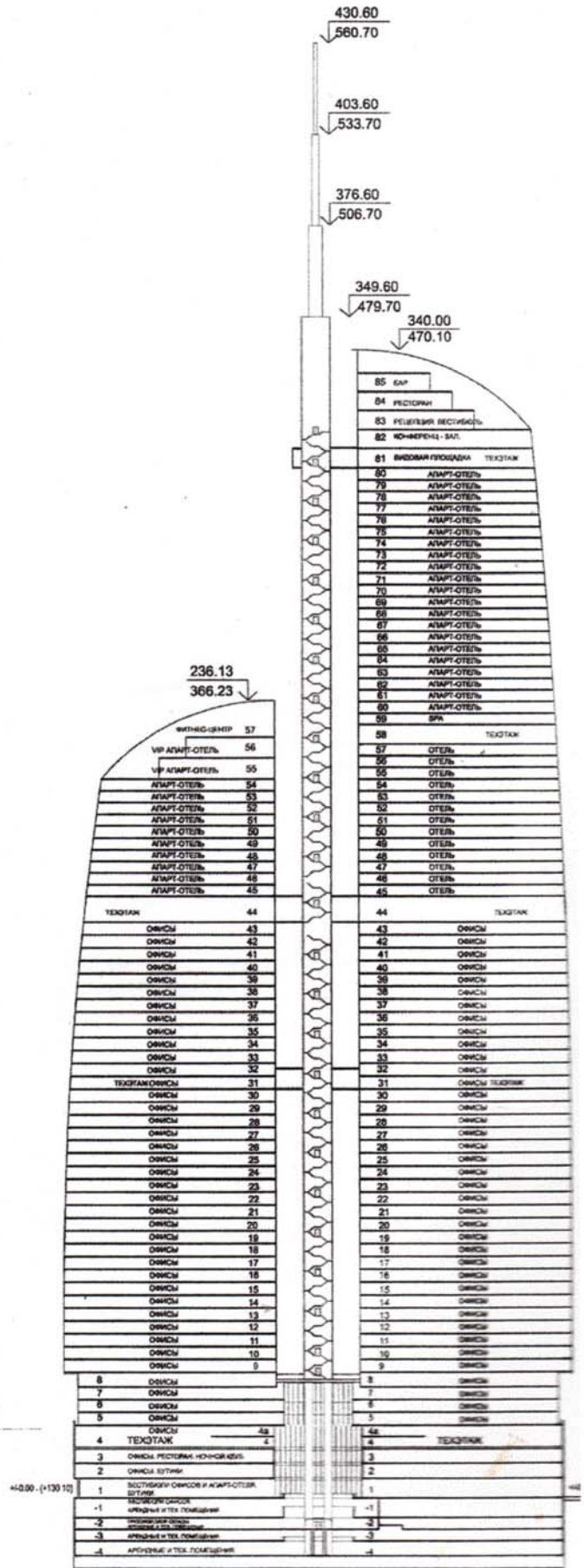
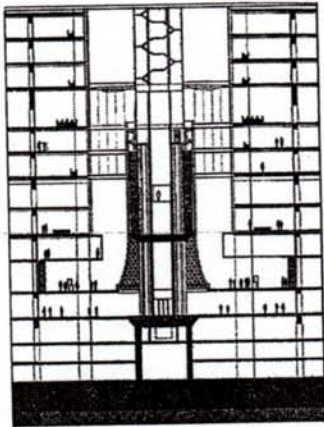
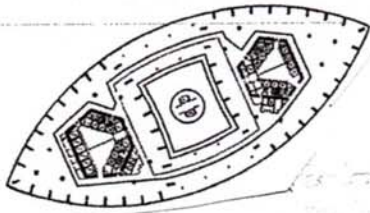
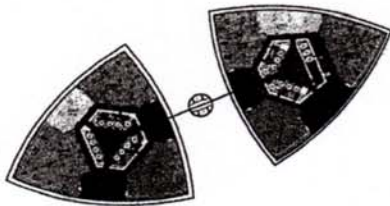


Рис. 23



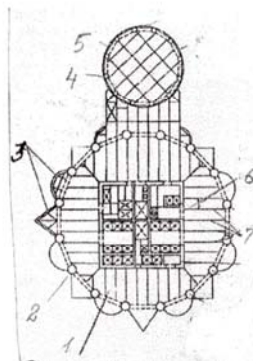
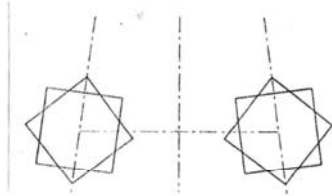
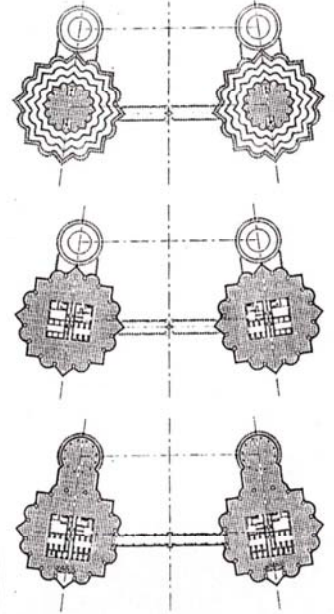
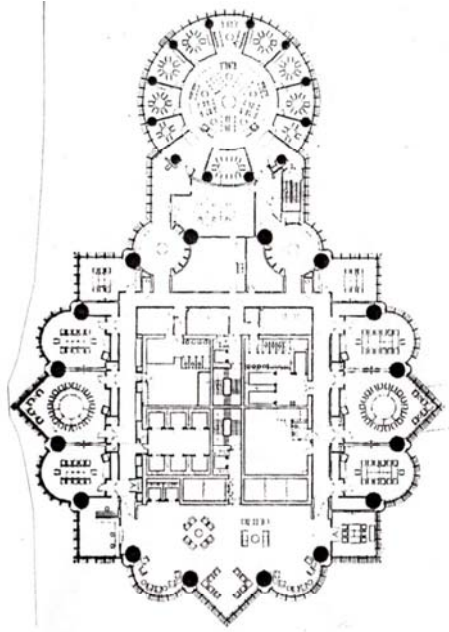
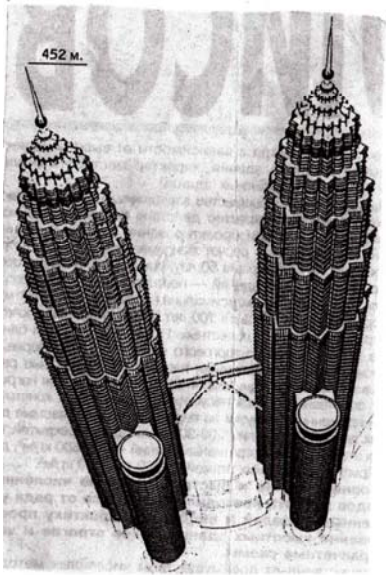
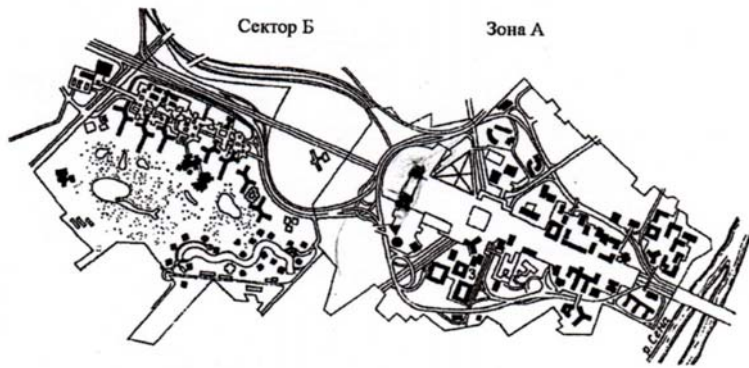


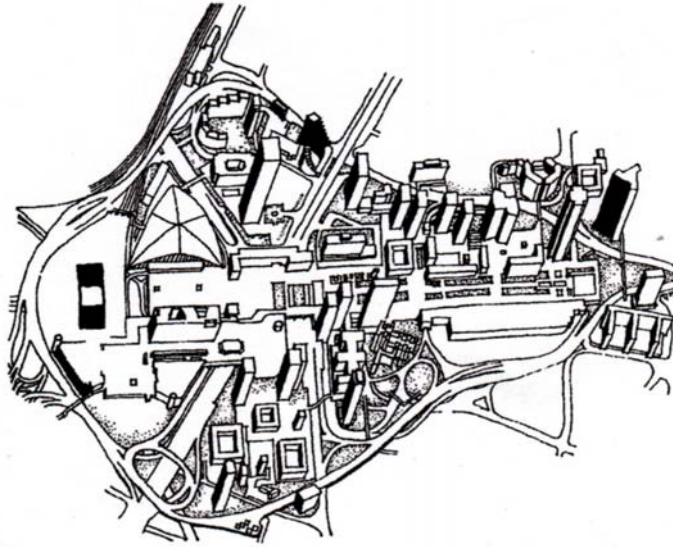
Рис. 24

a	b	2
8	e	e
		κ



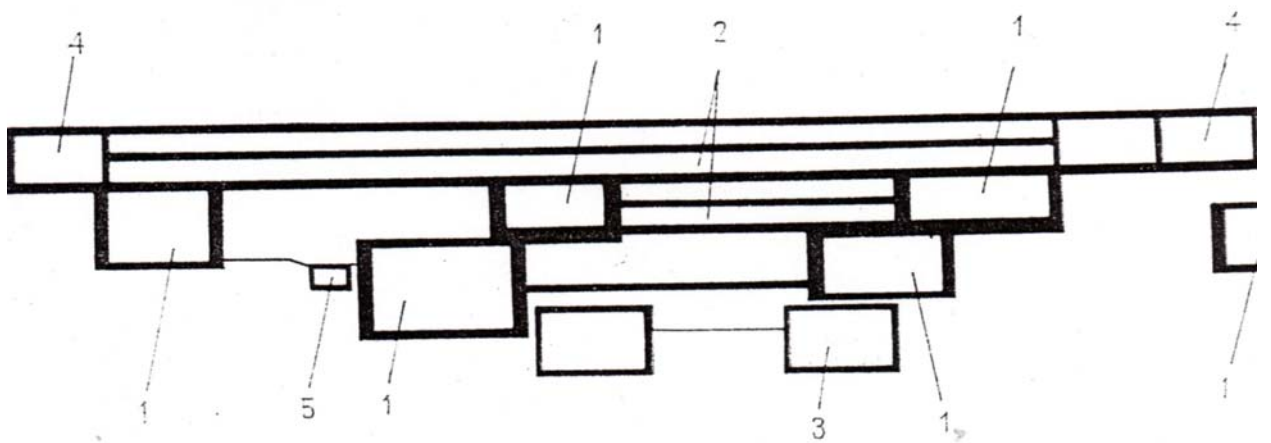


а
б
в

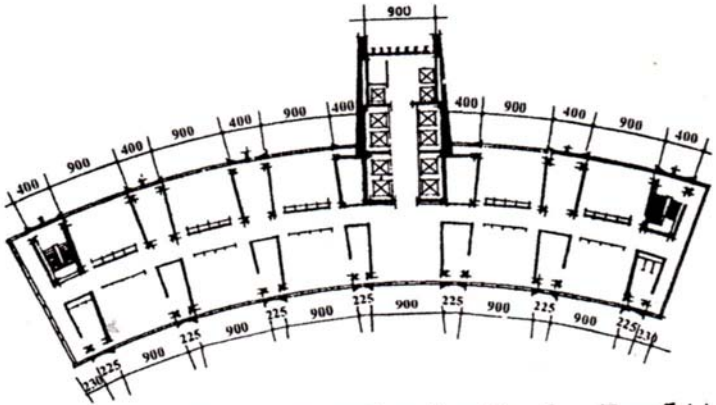


ИСКУССТВЕННАЯ ПЛАТФОРМА

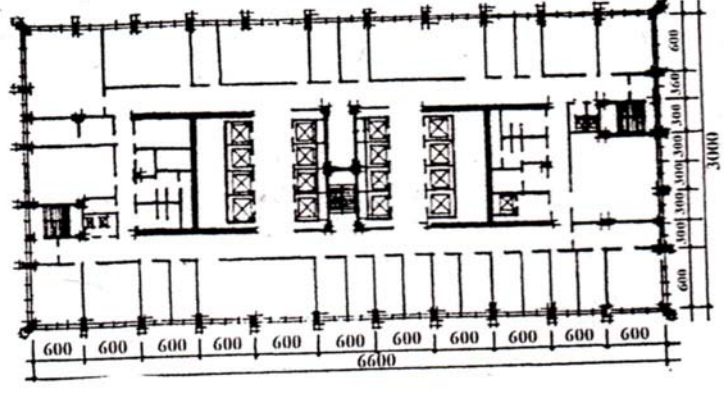
1 — автодороги; 2 — автостоянки; 3 — метро; 4 — автобусы; 5 — техническая галерея



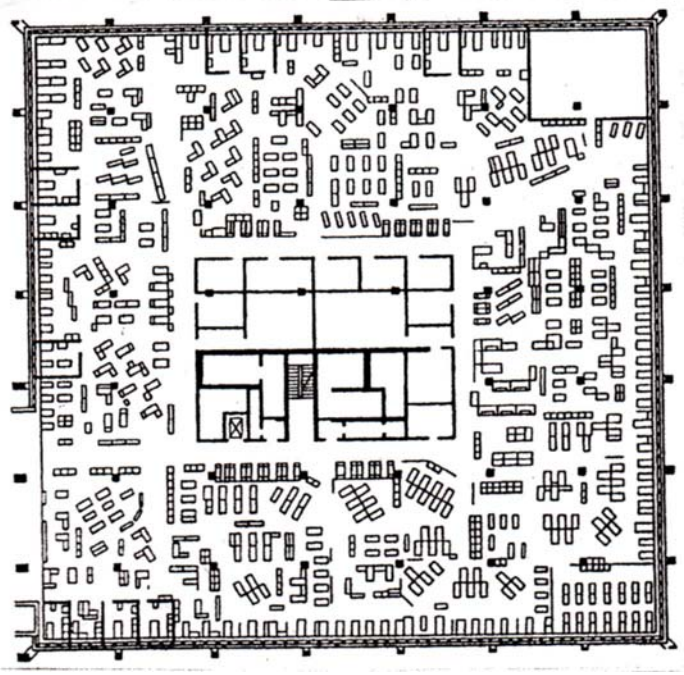




a



b



c

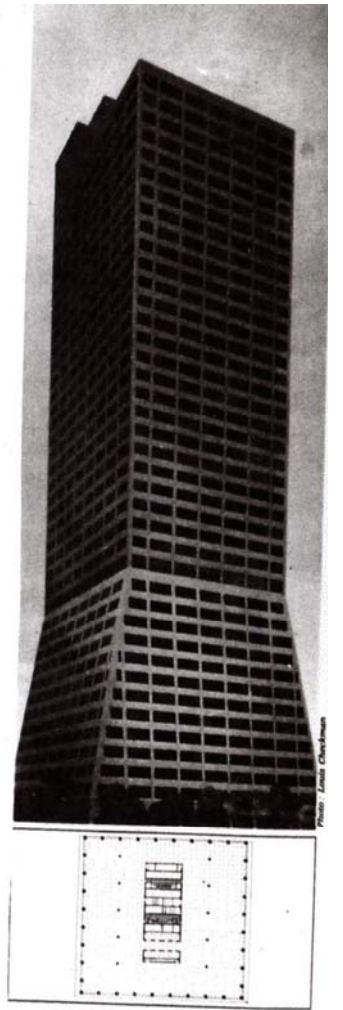
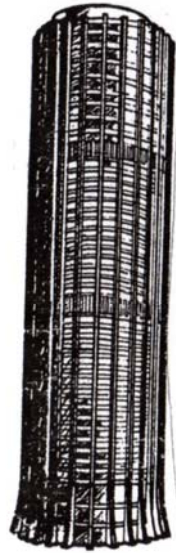
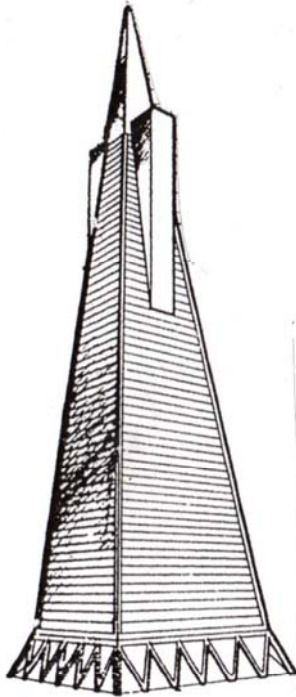
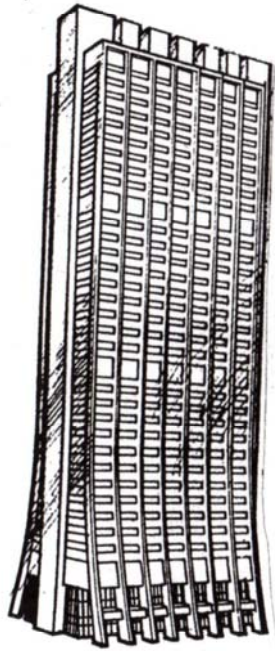
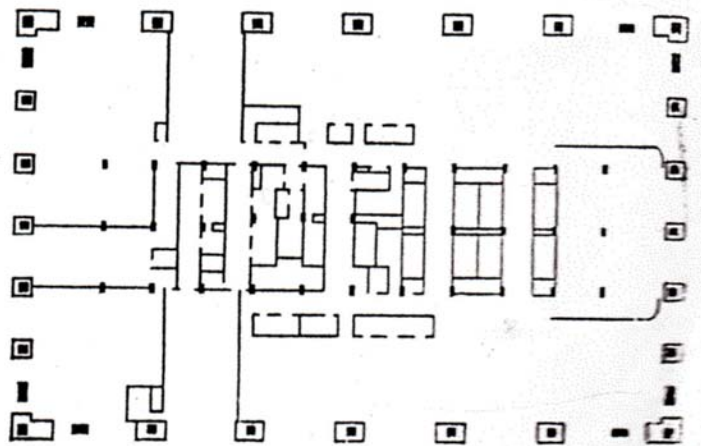
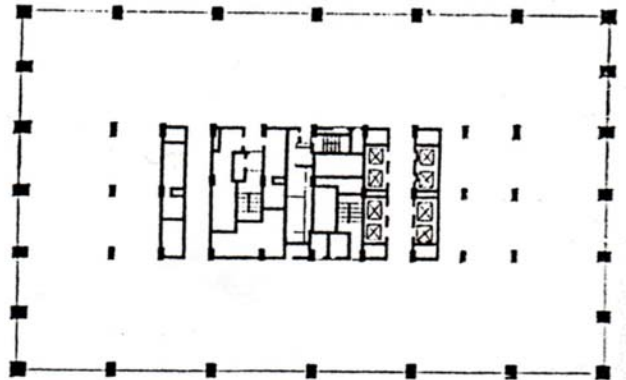
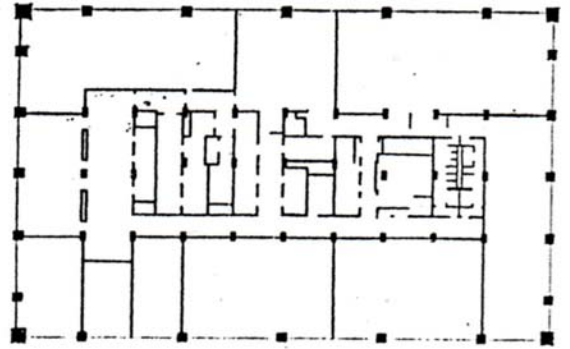
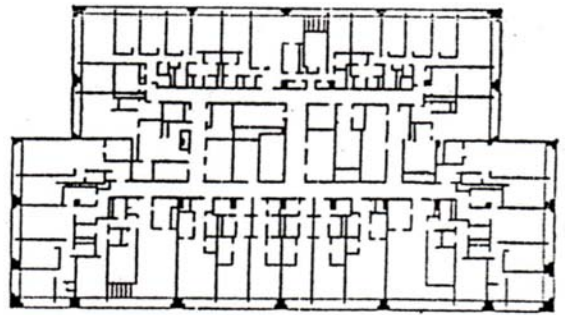
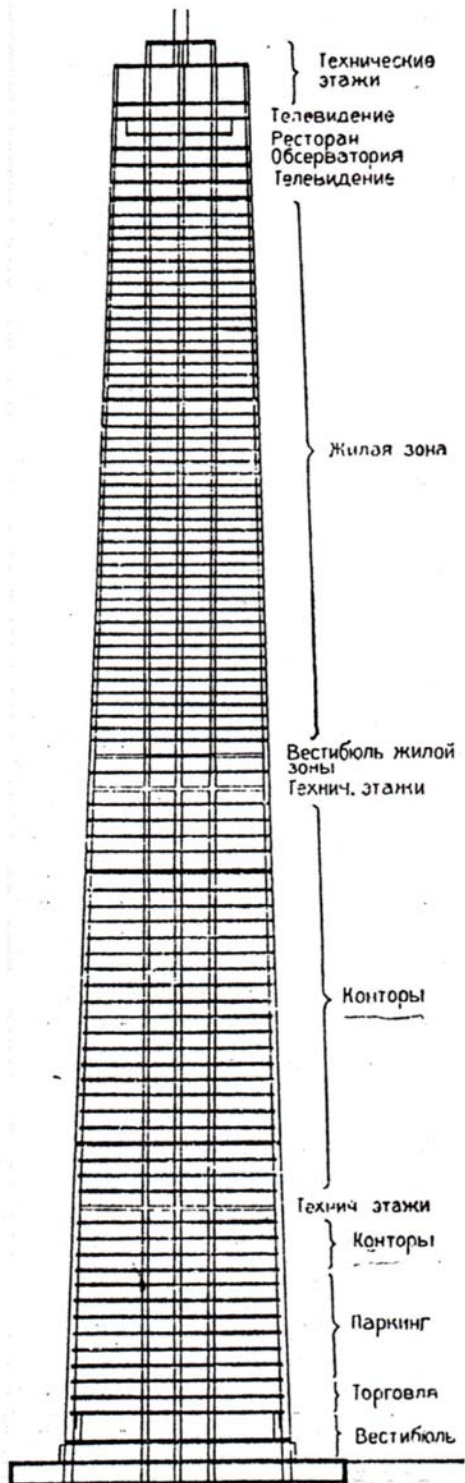
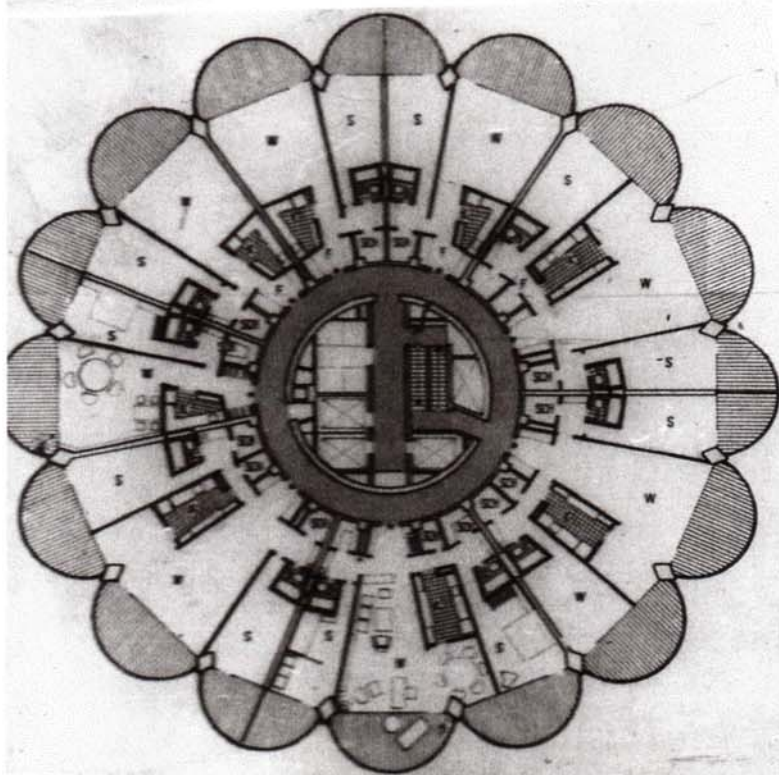
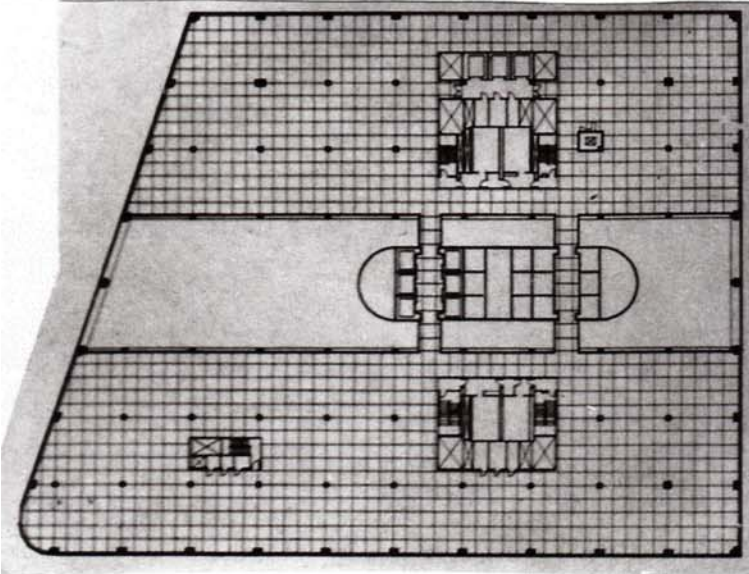
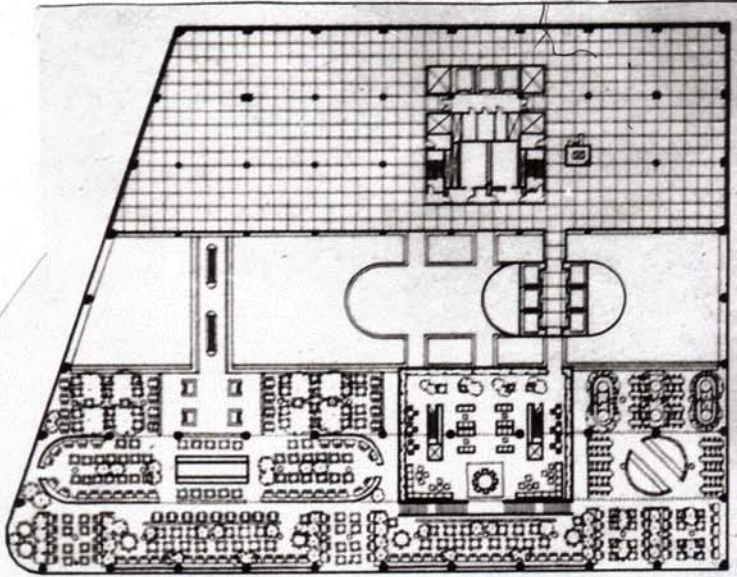
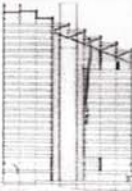
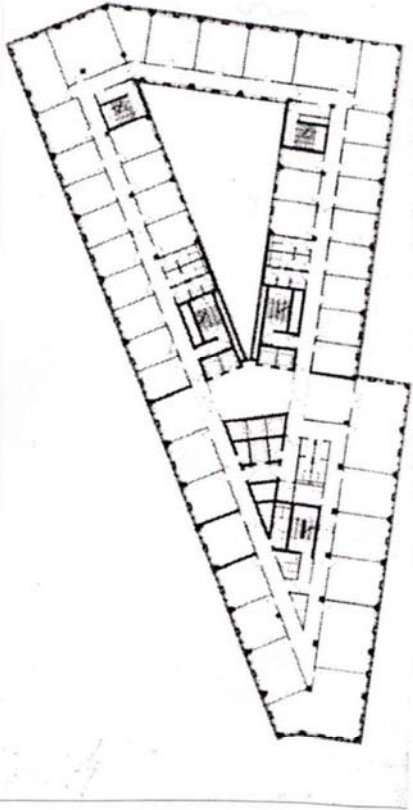


Fig. 4

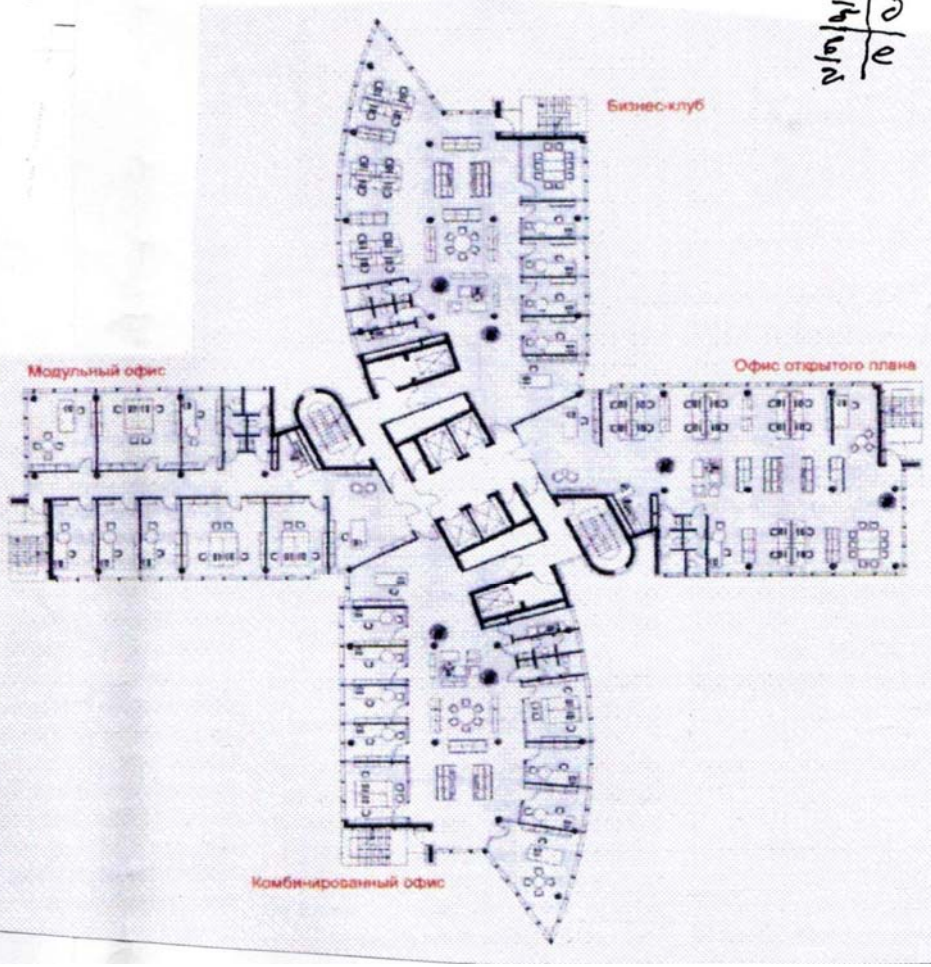


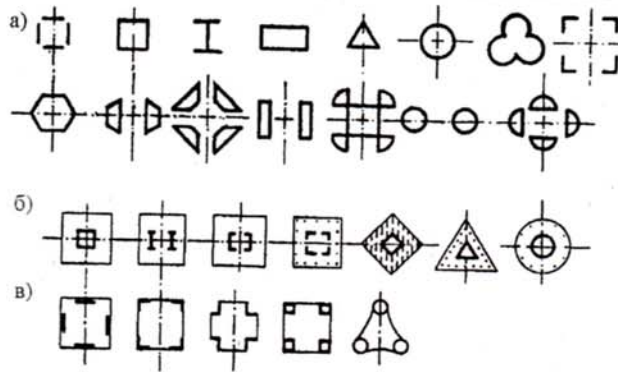
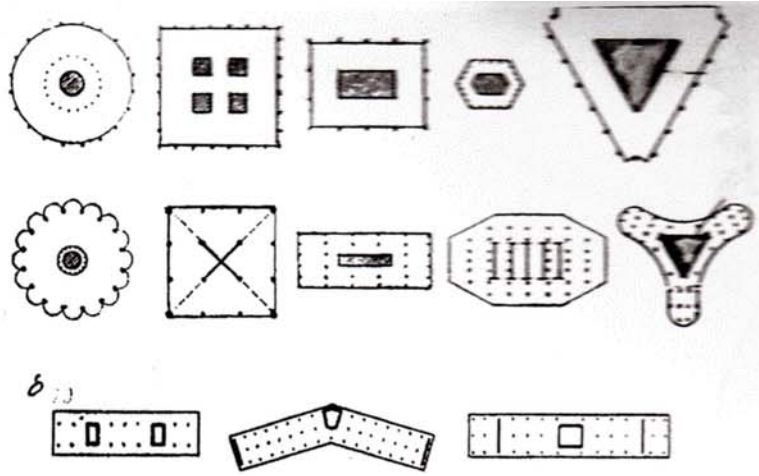




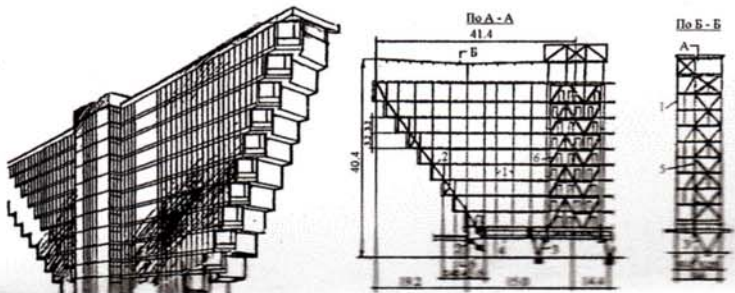
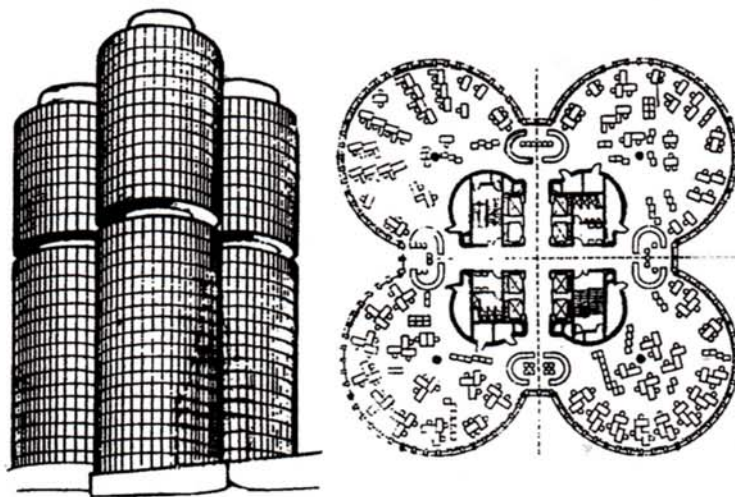


2/2
2/1/2/2

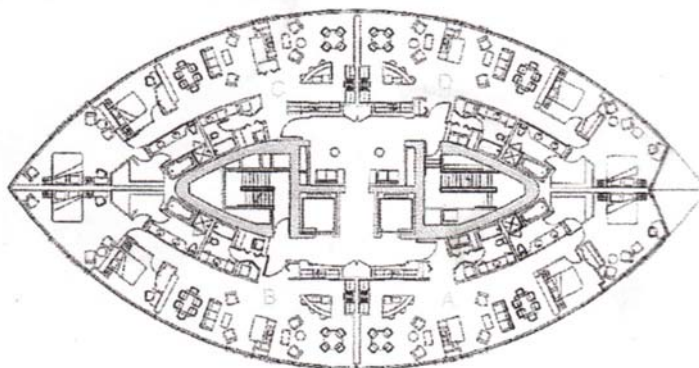
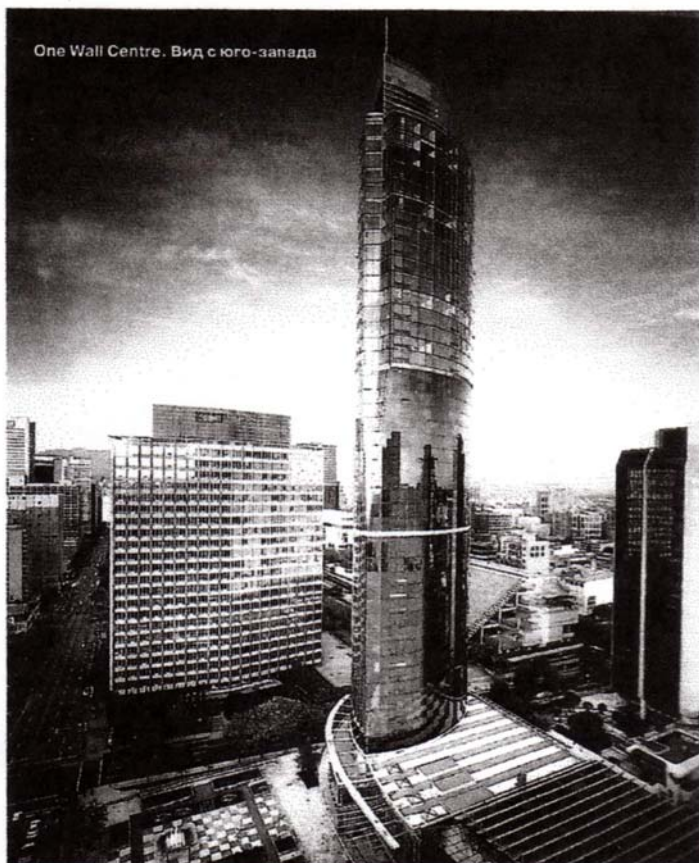




A
B
B
r



One Wall Centre. Вид с юго-запада



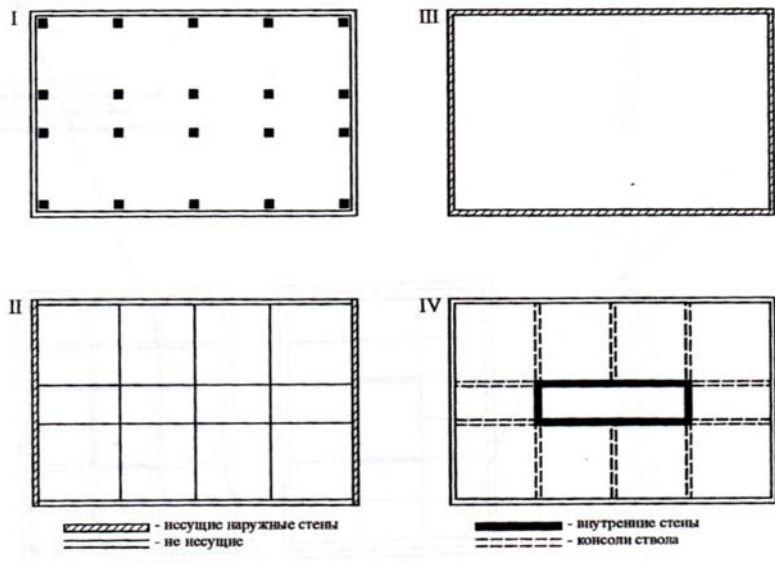


Рис. 9. Основные конструктивные системы высотных зданий:
 I - рамная, II - диафрагмовая, III - оболочковая, IV - ствольная

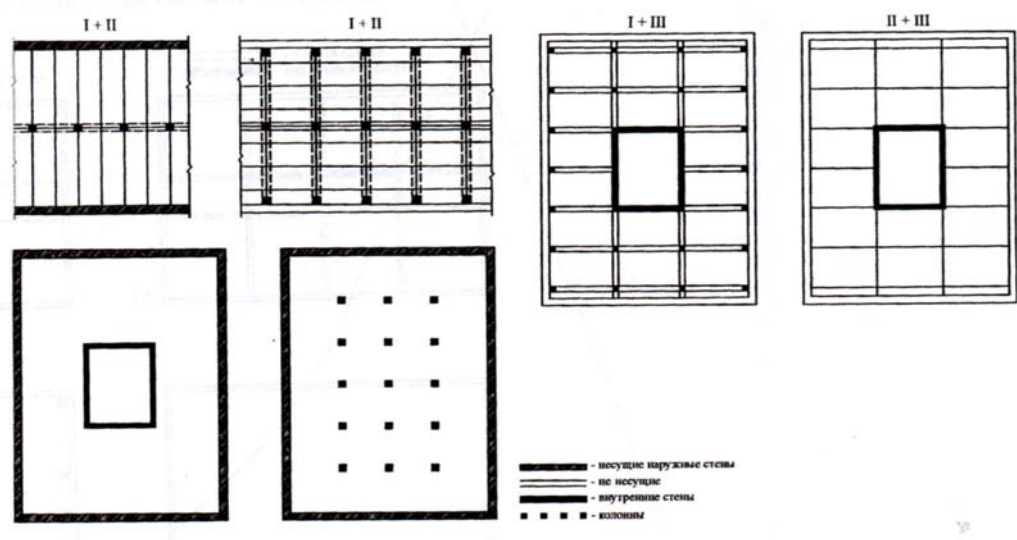
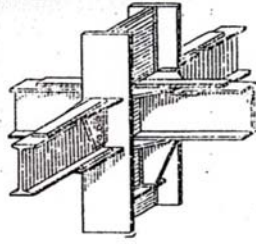
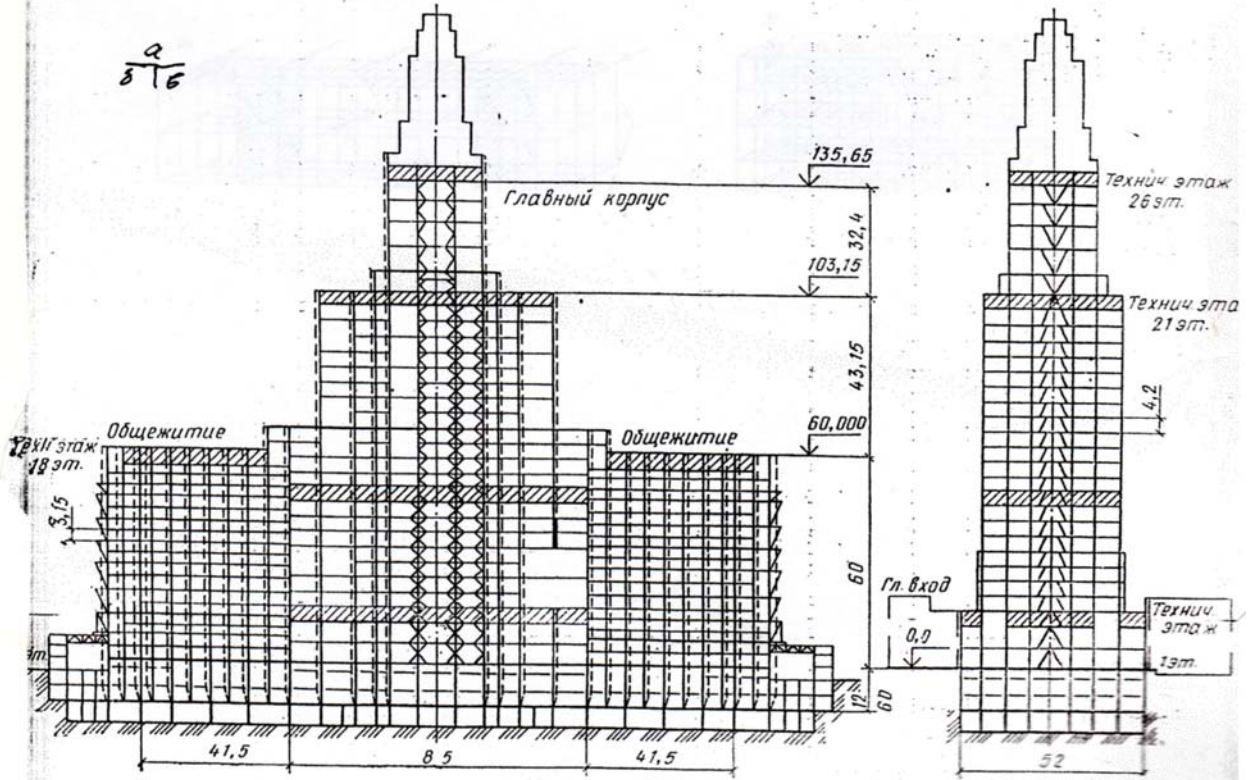
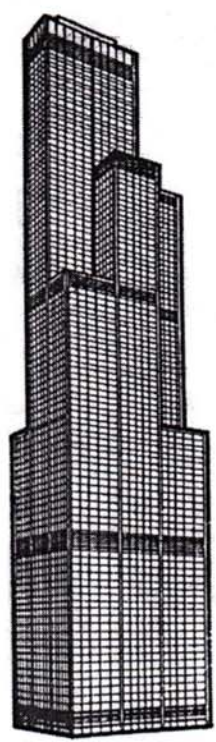
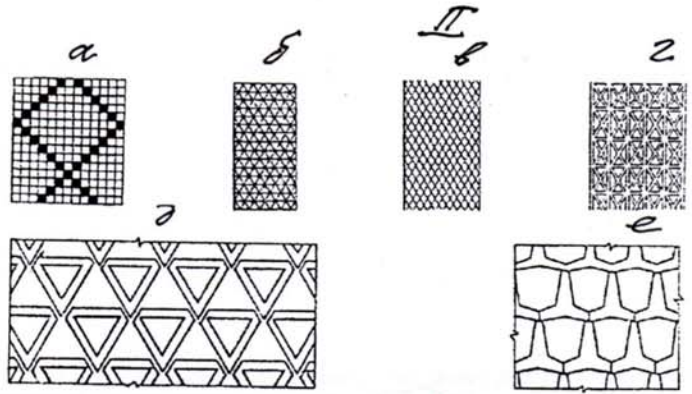
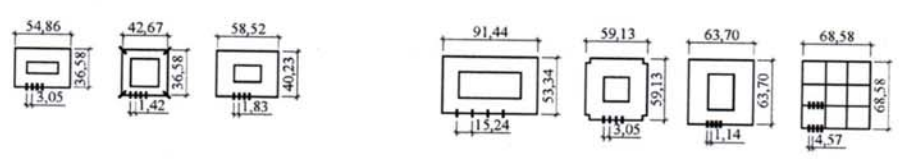
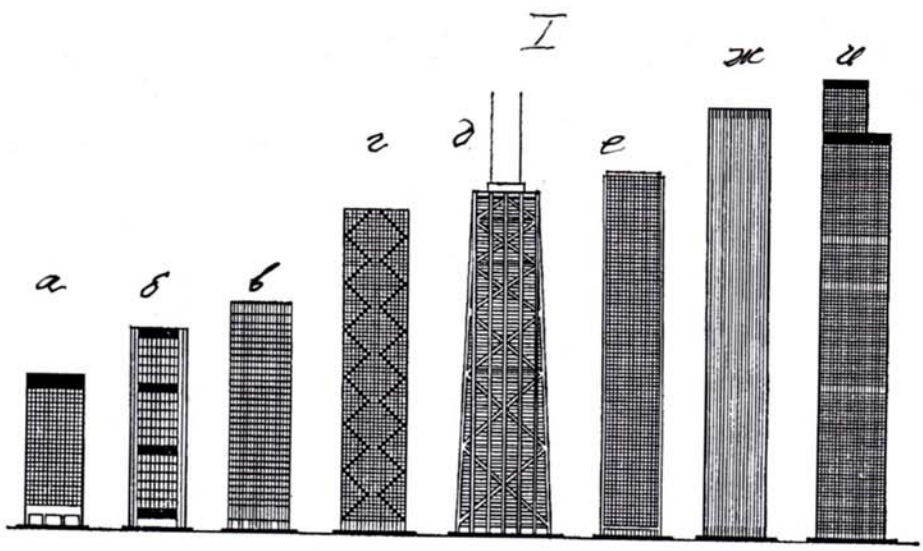


Рис. 10. Комбинированные конструктивные системы: I+II - каркасно-стеновые (диафрагмовые),
 I+III - каркасно-ствольная, II+III - ствольно-стеновая, III+IV - оболочково-ствольная,
 III+I - оболочково-каркасная

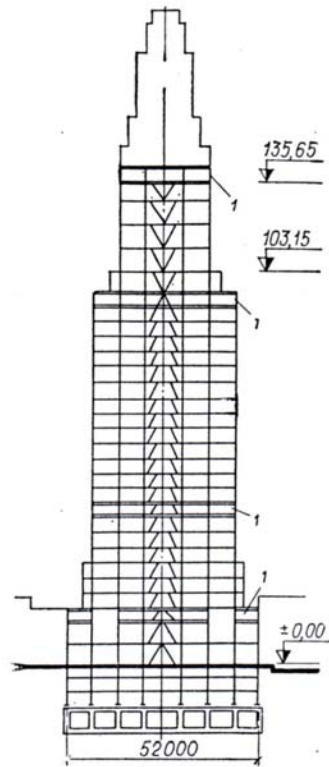


$\frac{a}{b}$
3/6

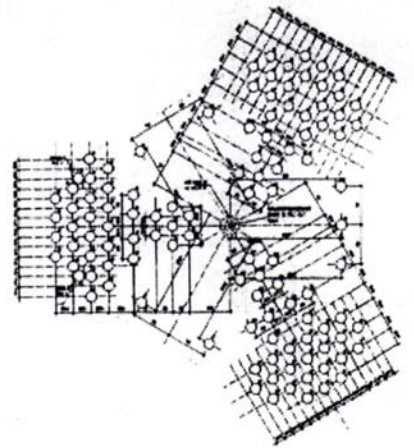
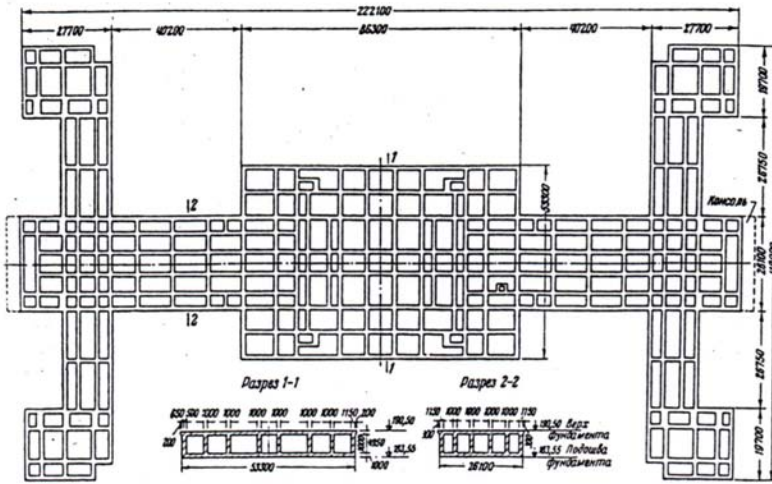
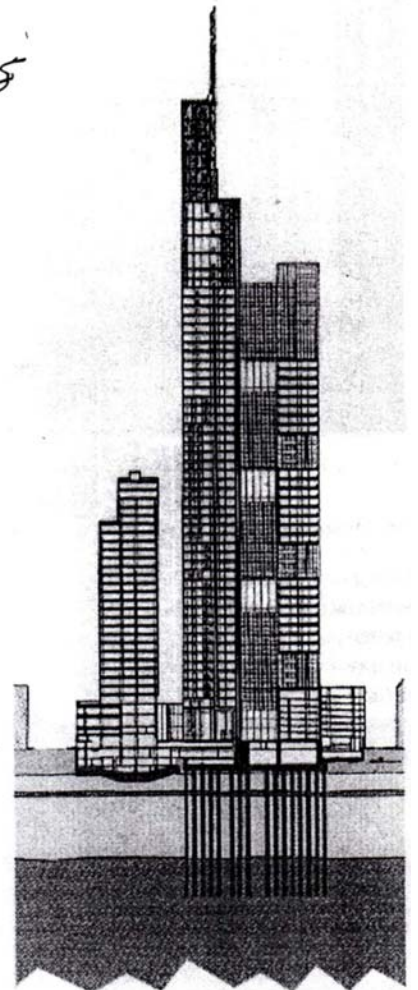




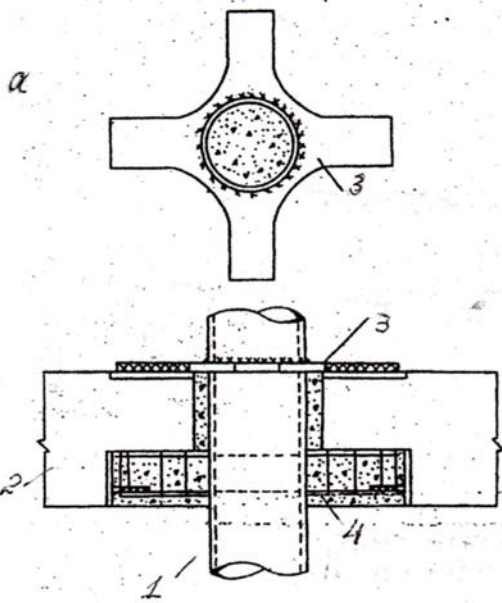
а



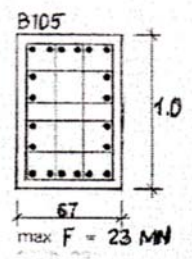
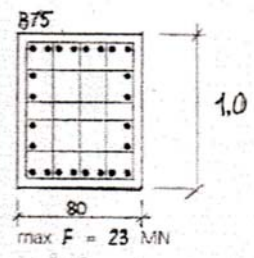
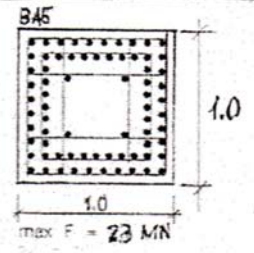
б





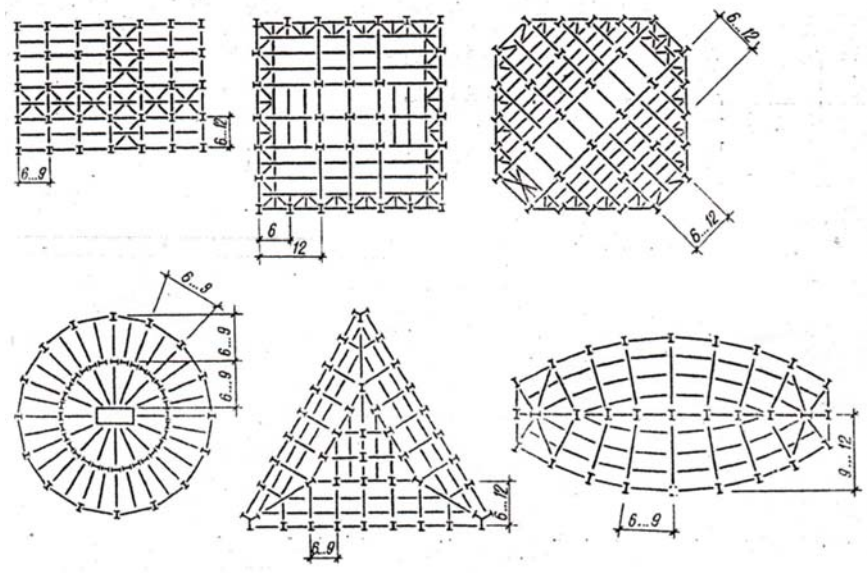


b

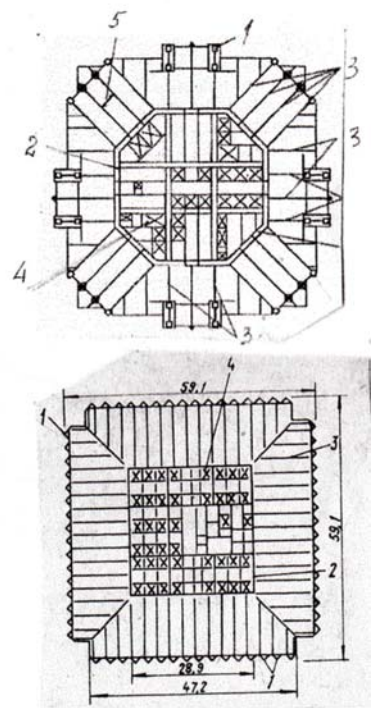


Pr. 4.24

A



B



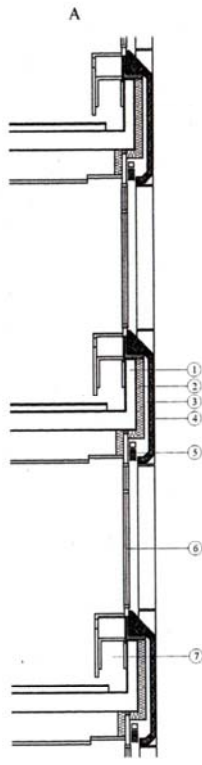


Рис. 18

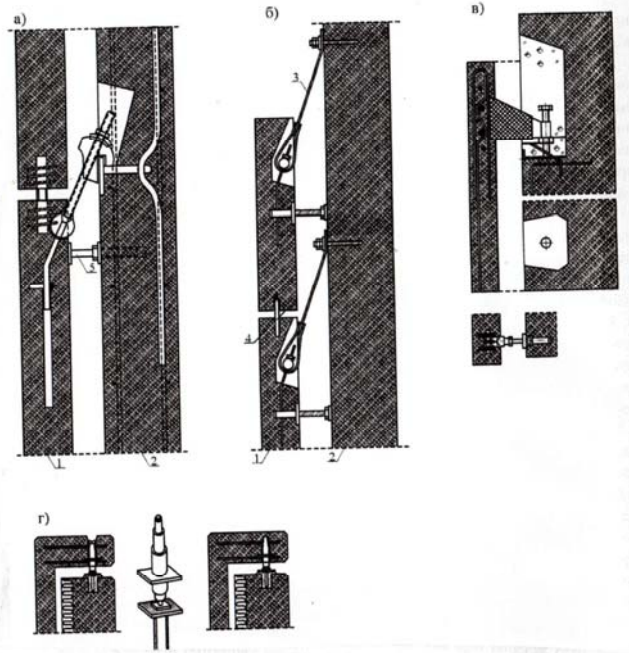
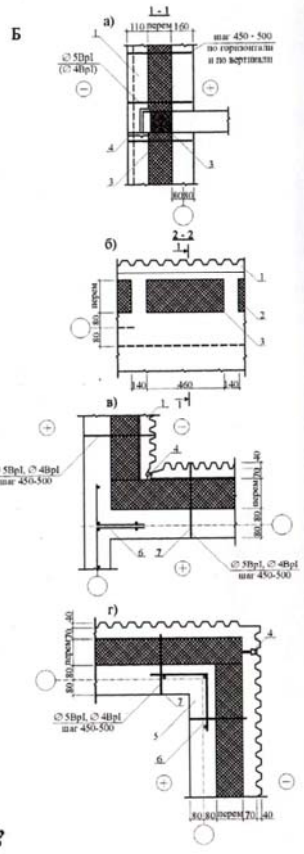
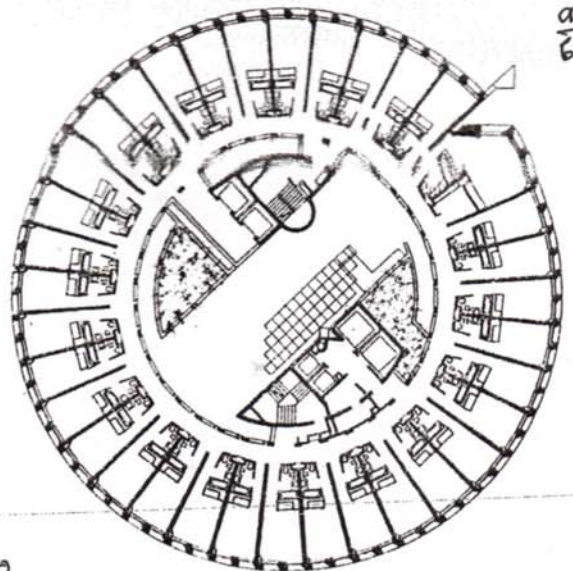
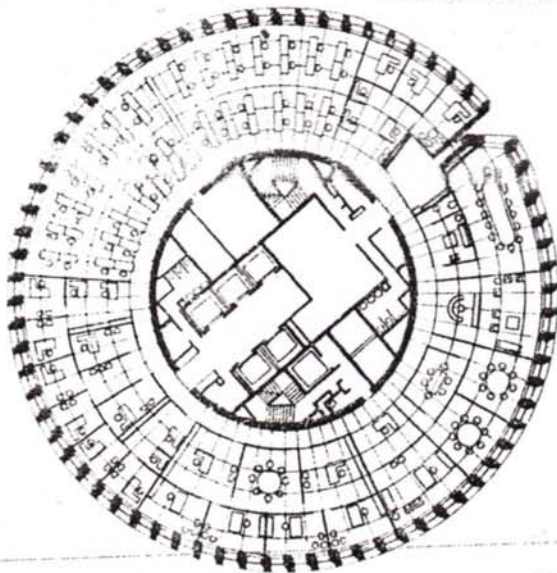
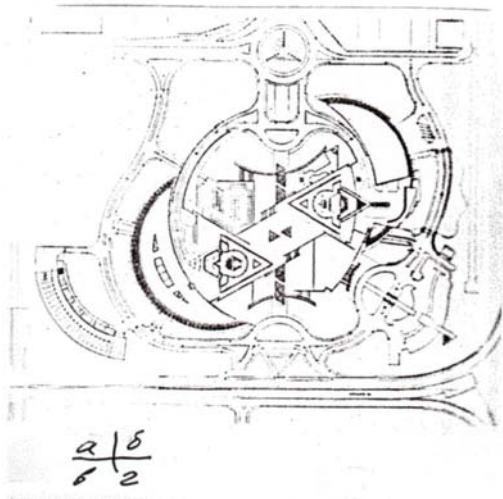
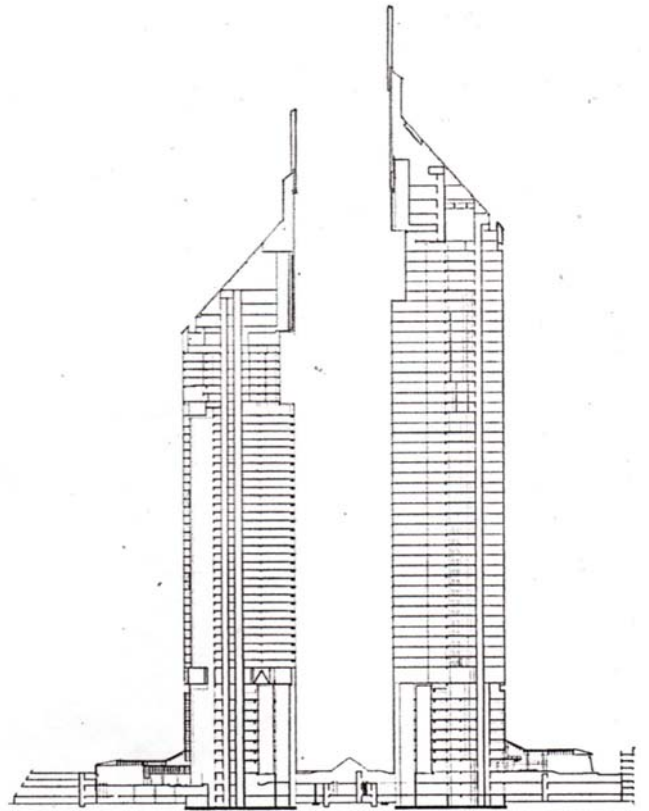


Рис. 19



$\frac{a}{b} \frac{\delta}{z}$

Рис 20



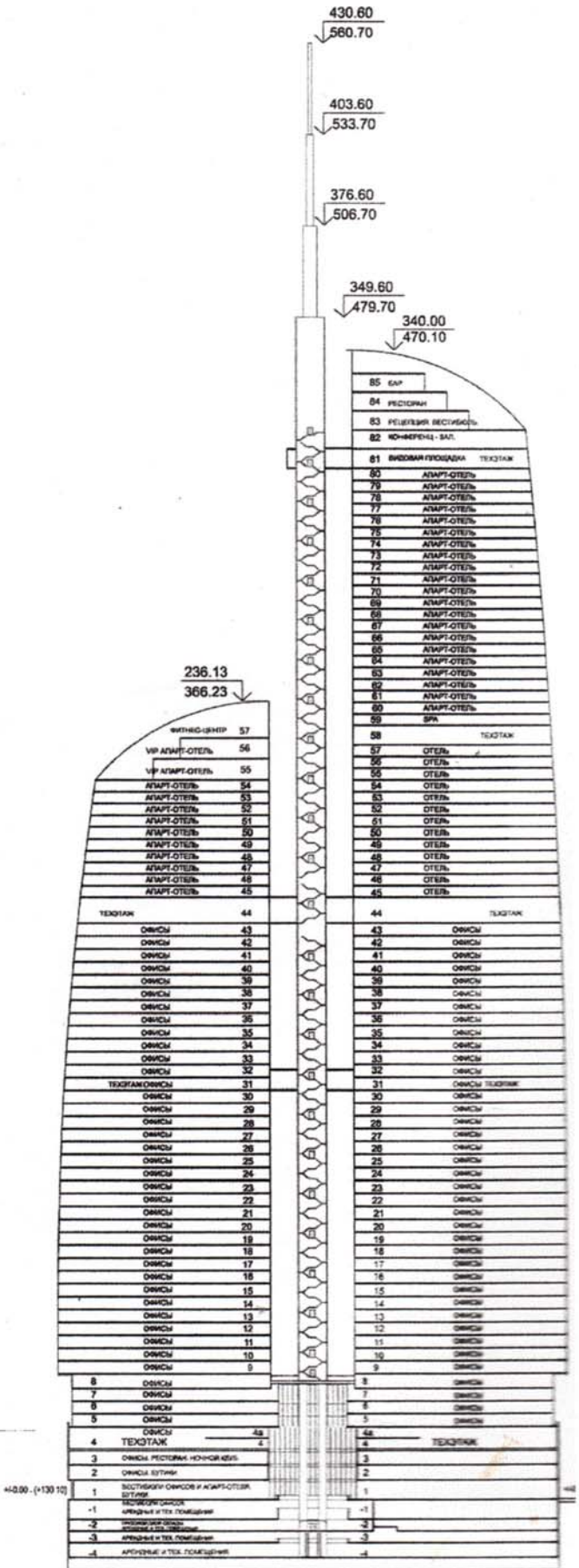
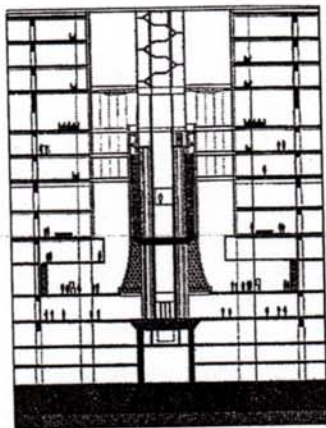
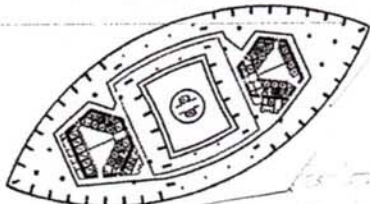
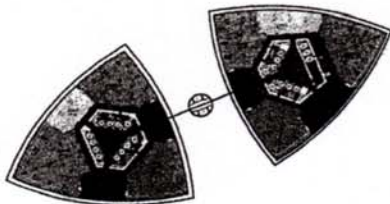


Рис. 23



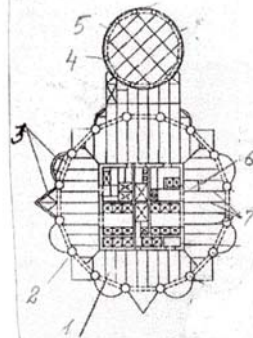
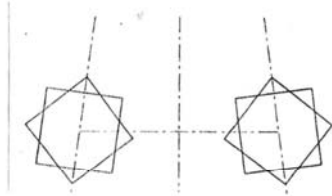
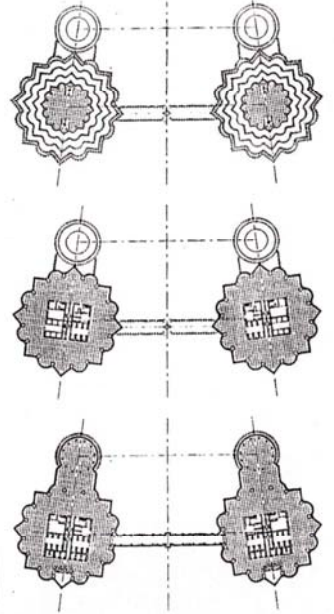
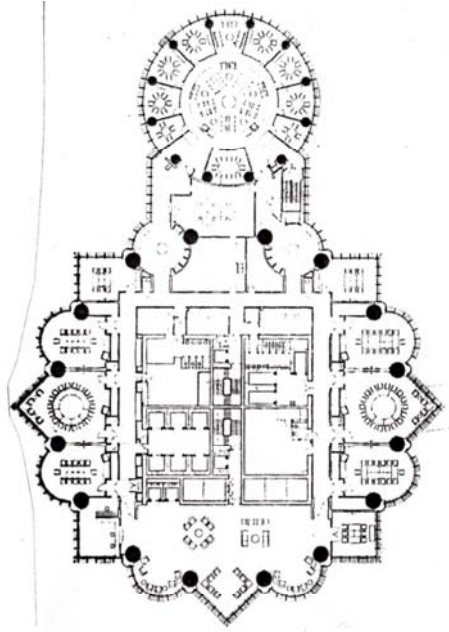
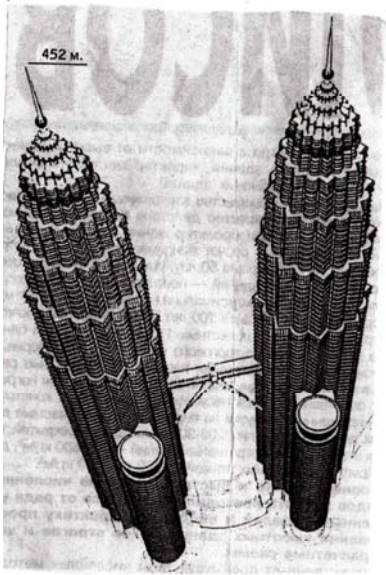


Рис. 24

a	b	2
8	e	e
		κ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Ассоциация московских вузов

Московский Государственный Строительный Университет

Кафедра Высотного строительства

Конспект лекций по курсу:
«Архитектурно-конструктивные и градостроительные проблемы проектирования высотных зданий»

Конспект подготовил проф.
Проф.

Т.Г. Маклакова
Сенин Н.И.

Москва 2009г.

Содержание

1. ВВЕДЕНИЕ.....	3
2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	4
3. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	6
3.1. Высотное строительство в США.....	6
3.2. Высотное строительство в странах Европы.....	7
3.3. Высотное строительство в странах Азии.....	9
4. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	12
4.1. Здания офисов.....	15
4.2. Жилые здания.	17
4.3. Гостиницы.....	17
4.4. Многофункциональные высотные здания.....	18
5. КОНСТРУКЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	20
5.1. Конструктивные системы.....	22
5.2. Конструктивные элементы.....	23
5.2.1. Подземные конструкции высотных зданий.....	23
5.2.2. Надземные конструкции высотных зданий.....	25
5.2.2.1. Несущие конструкции.....	25
5.2.2.2. Перекрытия.....	27
5.2.2.3. Наружные стены.	28

1. ВВЕДЕНИЕ

Высотное строительство сформировалось на рубеже XIX-XX вв. в США. Во второй половине XX в. перешагнуло Атлантический океан и получило развитие в Европе. А с последней трети XX в. распространилось на крупнейшие города всех континентов - Австралии, Африки и особенно активно на города Юго-Восточной Азии.

Формирование современной высотной городской застройки сопряжено с особенностями постиндустриального общественного развития, при котором производительные функции крупнейших городов сокращаются, а управленческие и финансовые - возрастают. Это обстоятельство определило тот факт, что ведущим типом высотного здания стал офис. Это подтверждается количественно объемами строительства зданий офисов в крупнейших городах.

В различных городах и странах, характерен различный в подход к решению градостроительных задач - размещению, функции, составу и транспортному обслуживанию районов высотной застройки.

Конструктивные решения высотных зданий приобрели радикальные изменения с 1960 гг. в связи с изобретением и внедрением ствольных и оболочковых конструктивных систем. Различные варианты и комбинации конструкций все чаще встречаются в современном высотном строительстве.

Архитектурный облик зданий претерпевает существенные изменения в связи со сменой эстетических течений и в связи с применением новых строительных материалов и технологии возведения. Сегодня в области высотного строительства конкурируют решения несущих конструкций из стали, монолитного и сборного железобетона.

Размещение высотных объектов на территориях крупных городов тесно связано с планами их градостроительного развития, структурой высотной застройки, композиционными и объемно-планировочными решениями выдающихся объектов, их конструктивными системами.

Существуют различные подходы к решению комплекса задач по проектированию высотных зданий в практике США, европейских столиц, крупнейших городов Южной и Юго-Восточной Азии, Австралии и в крупных городов Африки.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Высотные здания классифицируют по следующим основным признакам:

функция;

Высота;

конструктивное решение;

материал конструкций;

технология возведения.

По функции основным наиболее распространенным типом высотного здания является в широком понимании - офис, предназначенный для размещения банков, административно-управленческой или проектно-конструкторской деятельности. Второе место занимают высотные здания гостиниц. Третье место занимают высотные жилые здания.

В 1960-1980 гг. получили распространение многофункциональный тип высотного здания. Многофункциональность обычно характерна для части наиболее крупных высотных объектов. Их затруднительно использовать только для одной функции.

Поскольку высотные здания относятся к числу наиболее сложных объектов строительства, ряд основных решений по их проектированию принимаются согласованно международными общественными организациями инженеров и архитекторов - IABSE - ASCE и CIB на их регулярных симпозиумах. В частности, на симпозиуме CIB в 1976 г. была принята общая классификация зданий по их высоте в метрах. Сооружения высотой до 30 м. были отнесены к зданиям повышенной этажности, до 50,75 и 100м - соответственно к I, II и III категориям многоэтажных зданий, свыше 100м - к высотным.

Внутри группы высотных зданий обычно прибегают к дополнительной рубрикации с градацией высоты в 100 м. При этом количество небоскребов с высотой более 400 м в мире не достигает 10 сооружений, с высотой от 300 до 400 м немного более 20, от 200 до 300 м достигает 100, а высота от 100 до 200 м является самой распространенной, и количество объектов такой высоты растет непрерывно.

Для классификации небоскребов был принят критерий высоты, а не этажности, поскольку высоты этажей принимаются различными в

зависимости от назначения здания и требований национальных норм проектирования.

Естественно, что рамки классификации, принятые СІВ не являются жесткими и в различных странах могут быть скользящими в соответствии со сложившимися в них традициями проектирования и его нормами.

В частности, в Москве, где практика многоэтажного массового строительства и нормы проектирования были ориентированы на высоту зданий не более 75 м, складывается тенденция отнесения к высотным зданий выше 75м.

Классификация конструктивных решений зданий в целом строится по признаку положенной в их основу конструктивной системы. Наряду с традиционными - диафрагмовой (стеновой) и каркасной (рамного типа) с 1960 гг. активно внедряются в строительство зданий от 25 до 70 этажей ствольная система, а для самых высоких зданий - оболочковая.

Небоскреб как тип здания возник в США благодаря внедрению стального проката и созданию металлического каркаса. С конца XIX в., и до настоящего времени сталь остается лидирующим материалом несущих конструкций в США. Однако даже в США монолитные железобетонные конструкции стали вытеснять стальные при возведении 30-50-этажных высотных объектов.

Этому способствовало внедрение высокопрочных бетонов (тяжелых до В60-80, легких до В50), суперпластификаторов и индустриализация конструкций передвижных и крупно-щитовых опалубок.

В СССР при возведении зданий выше 25 этажей с 1960 гг. широко внедряется индустриальный вариант каркасно-ствольной системы с монолитным стволом и сборным железобетонным каркасом.

С 1970 гг. железобетонные сборные каркасы из высокопрочных бетонов получили широкое внедрение в строительство 30-55-этажных жилых домов в крупнейших городах Японии.

Соображения безопасности послужили основой для ориентации нового высотного строительства в Москве на огнестойкие железобетонные несущие конструкции. В сентябре 2004 г. в Шанхае очередной международный симпозиум IABSE рекомендовал в своих решениях продолжить использование в высотном строительстве стальные несущие конструкций в силу их бесспорных технических и экономических преимуществ (естественно при надежной защите от огневых воздействий). В основном эти преимущества таковы:

- быстрота монтажа обеспечивается благодаря применению укрупненных отправочных марок заводского изготовления;
- независимость технологических операций от климатических условий;
- возможность применения большепролетных (до 16 м) сталежелезобетонных перекрытий с наиболее выгодным соотношением прочности и массы;
- свобода планировки благодаря большим пролетам;
- возможность выдерживать большую ударную нагрузку благодаря высокому соотношению предела текучести и массы конструкции;
- минимальная стоимость стальных конструкций.

Исходя из перечисленных фактов и практики строительства, конструктивно-технологическая классификация высотных зданий включает три типа строительных систем: с металлическими несущими конструкциями, с монолитными и сборными железобетонными несущими конструкциями.

3. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

3.1. Высотное строительство в США

Родиной небоскребов стали США, что было обусловлено развитием экономики и градостроительства в этой стране. Градостроительство в США в XIX в. было очень интенсивным и осуществлялось на основе регулярной планировки по унифицированной схеме «шахматной доски», не считавшейся с природными условиями естественного рельефа и масштаба.

Со второй половины XIX в. начала меняться и специфика деловой жизни крупнейших городов, становившихся центрами управления и финансирования. Соответственно возникла необходимость формирования зданий банков и управлений (офисов), а высокая стоимость земли, реклама и утверждение престижа диктовали увеличение их этажности.

Тип здания офиса стал впервые складываться в Чикаго с 1880 г. при интенсивной новой застройке города после практически уничтожившего его большого пожара 1871 г.

Техническими предпосылками к созданию небоскреба послужили изобретение инженером Э.Отисом лифта (1857 г.) и производство стального проката с последующим созданием и широким внедрением конструкций стального каркаса, стимулировавшего переход от стеновой конструктивной системы к каркасной.

Первые офисы высотой более 10 этажей и термин «небоскреб» применительно к ним возникли в Чикаго в 1891 г. В последующее

десятилетие строительство высоких офисов получило развитие в Нью-Йорке, где в 1907 г. было построено самое высокое к тому времени здание в мире - 47-этажный Зингер-билдинг. Своей высотой (207 м.) оно превзошло египетские пирамиды и готические соборы. В последующие десятилетия строительство небоскребов интенсивно продолжилось в большинстве крупных городов США. При этом сформировались приемы их группового размещения и преимущественно однофункциональное назначение с формированием делового центра города (даунтаун). В зависимости от природных условий даунтаун решается в виде концентрированного ядра («пучка» небоскребов) или линейно - вдоль берегов или автомагистрали.

К сожалению, несмотря на более чем столетний опыт строительства небоскребов, примеры гармоничного решения высотной застройки в практике США найти затруднительно. Это либо хаотичная плотная застройка южного Манхэттена в Нью-Йорке, продиктованная стоимостью земельных участков, либо дисгармония высотного даунтауна с плотно низкой застройкой города, как например, в Филадельфии. Композиционно удачно складывалась только застройка набережной Гудзона возле одиноко стоявших там с 1973 г. «башен-близнецов» мирового торгового центра – WTC, возвели комплекс из пяти 34—51 этажных башен Мирового финансового центра WFC. В целом же формированию современных градостроительных композиций препятствует жесткость заложенного в XIX в. генерального плана при очень высокой стоимости земли. Преодолеть их можно только за счет миллиардных инвестиций.

После Второй мировой войны утрата целостности и функциональный распад американских городов усугубился под совместным воздействием скоростных автодорог, роста парка индивидуальных автомобилей, пригородов и супермаркетов на границах городов. Наряду с этим возникают условия для совершенствования транспортно-дорожного обслуживания деловых центров. Их концентрированное размещение позволяет с наименьшими затратами обеспечить двух- трехуровневое решение дорог в зоне центра.

3.2. Высотное строительство в странах Европы

Европа стала на путь освоения высотного строительства гражданских зданий в конце 1950 - начале 1960 гг., так как первое послевоенное десятилетие было почти полностью отдано массовому экономичному жилищному строительству средней этажности. Оно должно было хотя бы

частично компенсировать колоссальные утраты жилищного фонда, нанесенные Второй мировой войной. Поэтому гармоничный синтез разрешения градостроительных проблем был временно вытеснен насущным массовым строительством экономичного жилья.

К 1960 гг. сложились основные идеи градостроительного развития в Европе, продиктованные ее интенсивной урбанизацией и получившие название концепции «интегрированного урбанизма». В целом они сводились к отказу от декларированного Афинской хартией функционального зонирования застройки в пользу формирования многофункциональной городской среды повышенной плотности. Этот путь обеспечивал трудовую занятость значительной части населения по месту жительства и полноценную жизнь города в течение суток. Предусматривалось развитие транспортных путей и разделение пешеходных и транспортных трасс.

Однако опыт внедрения высотного строительства в эти годы не был связан с общей концепцией градостроительства и оказался неудачным. Практиковались одиночное строительство высотных (в 30—50 этажей) башен в центральных районах столиц крупнейших городов, нарушающее гармонию и силуэт исторического архитектурного контекста городов.

В Париже возведение 58-этажной башни Мэн-Монпарнас (1973 г.) в центре исторической левобережной застройки города нанесло непоправимый ущерб силуэту города. Более удачным стало возведение 42-этажной башни «Креди-Лионне» и гостиницы «Меридиан» в Лионе, благодаря ее постановке на нижней отметке городского ландшафта и на границе между исторической и новой застройкой города.

К концу 1950-началу 1960 гг. относится и первый опыт создания высотного делового центра Милана в виде групп 20—30-этажных офисов, выполненных в интернациональном архитектурном стиле. Однако дальнейшего развития в европейской практике этот опыт не получил, за исключением компоновки застройки городков международных организаций. Так, намечавшиеся первоначально для возведения одного-двух зданий они в течение десятилетий превратились в районы специализированной офисной высотной застройки. Заслугой градостроителей стало отведение под застройку такими учреждениями окраинных территорий городов. Соответственно общественные организации получали возможность территориального развития, не мешая развитию самого города.

Этот принцип, примененный на рубеже 1920-1930 гг. при строительстве Дворца Лиги Наций в Женеве (на склоне пригородного виноградника),

позволил обеспечить развитие на окраине города целого современного комплекса. В нем помимо зданий ООН расположились офисы по здравоохранению, образованию, делам беженцев и др.

К 1960-1970 гг. складывается европейский подход к высотной застройке. Ее принципиальной особенностью стали комплексность и многофункциональность. Европейский путь ушел от неоправдавшей себя американской практики однофункциональной высотной застройки деловых центров городов, умиравших в уик-энд и в вечернее время. При этом многофункциональность европейских высотных центров базируется не на многофункциональности зданий небоскребов, а на сочетании однофункциональных высотных зданий с жилыми домами средней и повышенной этажности и малоэтажными зданиями инфраструктуры. Такой подход позволил полноценно решить каждый тип зданий в соответствии с их назначением и обеспечить многогранную жизнь районов в течение суток. Второй особенностью стал отвод земель под высотную застройку вне исторической зоны городов. Ее размещают на окраинах, на территориях устаревших промышленных районов или в зонах радикально разрушенных при военных бомбардировках.

Европейское высотное строительство 1970-2000 гг. подчинено общей градостроительной концепции интегрированного урбанизма. Наиболее ярко она проявилась в новой высотной застройке столичных городов, где проблемы урбанизации стоят особенно остро.

Поучителен в этом отношении опыт Парижа, Лондона и Берлина.

3.3. Высотное строительство в странах Азии

Высотное строительство в странах Азии получило интенсивное развитие в последние десятилетия XX века благодаря резкому экономическому скачку в странах Юго-Восточной Азии - Индонезии, Южной Корее и др. Специфический характер оно приобрело в городах-странах - Сингапуре и Гонконге в связи с их ролью международных финансовых центров Востока. Высотное строительство получает развитие в крупнейших городах Китая с 1990 гг., а в Японии - с 1970 гг. В первом его стимулировали успехи экономического развития во втором - наряду с экономическими, технические успехи в создании высотных сейсмостойких конструкций. Сочетание в застройке только высотных зданий различного назначения отмечается лишь в Гонконге и продиктовано географическими условиями. Город расположен на отличающихся крутым рельефом гористых склонах

полуострова и острова Гонконг в заливе Виктории Южно-Китайского моря. В связи с этим застройка располагается преимущественно на прибрежных участках территории, осуществляется исключительно плотной без инсоляционных ограничений и разрывов, с большой этажностью зданий любого назначения: жилых, офисных, гостиничных, лечебных.

Высотное строительство в Индонезии, Китае и Ю.Корее осуществляется преимущественно американскими строительными фирмами. Если в США строительство наиболее высоких зданий относится к 1970 гг. (100-115 этажей), а к концу XX в. преобладали новые объекты в 40-50 этажей, то в Юго-Восточной и Восточной Азии строительство сверхвысоких зданий осуществляется по сегодняшний день и рекордные по высоте сооружения в 445-450 м возведены в 1990-2005 г в Куала-Лунпуре, Шанхае, Тайбее.

В то же время, в градостроительном отношении это новое строительство остается односторонним: в этих городах продолжается практика создания деловых высотных центров, чуждая идеям интегрированного урбанизма.

Существенно иначе складывалось высотное строительство в Японии. Тяжелые инженерно-геологические условия страны и массовый переход на железобетонные и стальные конструкции после тысячелетий деревянного зодчества потребовали существенной интенсификации научных исследований, разработки соответствующих индивидуальных конструкций и методик их всесторонних испытаний. На этой основе сложились национальная практика проектирования и мощные национальные комплексные фирмы, ведущие разработки, испытания конструкций и капитальное строительство.

К отдельным направлениям проектирования однофункциональных высотных комплексов является курортно-туристическое строительство в наиболее привлекательных районах международного туризма. Обычно такая застройка проектируется ленточной, располагаясь вдоль прибрежной полосы. Высотные гостиницы составляют фронт застройки набережных Рио-де-Жанейро, Дубая и других туристических центров. В последнее десятилетие такие высотные гостиницы вторгаются даже в исторические районы.

Смена тысячелетия в 2001 г. вызвала творческую реакцию ряда выдающихся архитекторов.

Для московской практики из большинства проанализированных примеров представляется наиболее ценным опыт градостроителей европейских столиц и в первую очередь:

- последовательная концентрация производственных сил на крайне ограниченных участках;
- подчинение проектирования застройки принципам интегрированного урбанизма;
- комплексностью застройки и размещением транспортных сетей в нескольких уровнях;
- обеспечение комплексности застройки за счет сочетания объектов разного функционального назначения в зданиях, объемно-планировочное решение которых наиболее лаконично отвечает их функции.

Это означает не создание многофункциональных высоток, а сочетание в комплексной застройке разных зданий для разных функций;

- сочетание в застройке жилых зданий с широкой номенклатурой зданий другого назначения (офисы, общественное обслуживание, торговля, развлечения и спорт) создает обширный круг рабочих мест для большей части населения комплекса.

Применительно к Москве мировой опыт позволяет считать целесообразным освоение не 60 или 200 строительных площадок с возведением на них по 1-3 высотных многофункциональных объектов, а концентрацию застройки на немногочисленных участках срединно-окраинной зоны столицы. При этом такие комплексы должны получить существенное социальное и композиционное значение.

Масштабность комплексной застройки позволяет полноценно решить не только архитектурные и функционально-конструктивные, но и задачи эстетизации среды за счет привлечения архитекторов-ландшафтников, художников, дендрологов.

Концентрация застройки в центрах округов, связав инвесторов, попутно может способствовать защите зеленых клиньев между округами от продолжающихся хищнических поползновений тех же инвесторов на их застройку.

В конце апреля 2006 г. Градостроительный совет Москвы принял радикальную концепцию создания нового административно-жилого района столицы. Он будет простираться на 1000 га от Красной Пресни вверх по течению реки, включив Московский международный деловой центр (ММДЦ).

В районе намечено возвести общественные и офисные здания общей площадью до 7,9 млн. кв. м и жилище - 8,64 млн. кв. м.

Концепция предполагает вывод с территории района 80 устаревших предприятий, благоустройство и озеленение, включая набережную, занятую сейчас складами и гаражами, колоссальный объем дорожно-транспортного строительства с возведением трех новых автомобильных мостов через Москва-реку и широкое освоение подземного пространства.

На узловых точках территории будут размещены акцентные высотные объекты, включая 600-метровую башню арх. Н. Фостера в излучине реки. В то же время жилая застройка получит «гуманную» высоту до 10 этажей и послужит архитектурным фоном для уникальных объектов. Расселение в новых жилых домах свыше 130 тыс. человек при наличии большого объема офисных и общественных учреждений позволит обеспечить большинству из них трудоустройство по месту жительства. Предлагаемый объем работ предварительно оценивается в 100 млрд. долларов.

4. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

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 выразительного 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 40x40, 50x50, 40x60 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 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.

На выбор пропорций высотных башен оказывают непосредственное влияние также нормативные ограничения горизонтальных перемещений верха здания с учетом крена фундаментов в зависимости от его высоты (H). Они должны составлять для зданий высотой до 150 м не более $1/500H$, свыше 250 - $1/1000H$, 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.);
- устройства горизонтальных пожарных отсеков для временного пребывания населения.

Устройство горизонтальных жесткостных конструкций (ростверков), необходимо для обеспечения совместности перемещений всех вертикальных несущих элементов. Для размещения ростверковых конструкций обычно отводятся горизонтальные прослойки здания высотой в этаж, исключающие 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 несгораемых конструкций с высокими пределами огнестойкости, устройством незадымляемых лестниц и лифтовых шахт, специальных систем дымоудаления.

Здания делят на вертикальные и горизонтальные пожарные отсеки: по вертикали -противопожарными перекрытиями, по горизонтали - стенами. Предел огнестойкости противопожарных преград должен (по МГСН 4.19-2005) составлять в зданиях высотой до 100 м - 3 часа, более 100 м - 4 часа. 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.

С учетом отмеченных выше характерных величинах планов этажей башенных высотных зданий устройство отсеков по протяженности в них неактуально. Наиболее существенно 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 безопасности (незадымляемости) инженерными средствами: подачей наружного воздуха в лестничные клетки и ведущие к ним тамбуры-шлюзы за счет приточной вентиляции с подпором.

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

Помимо общих особенностей проектирования высотных зданий, радикальное влияние на их объемно-планировочные решения естественно оказывает их функция: офисная, гостиничная, жилая, многофункциональная.

4.1. Здания офисов.

Здания офисов составляют преобладающую группу сооружений в высотном строительстве. Именно для размещения аппарата управления и банков сформировался высотный тип здания в конце XIX в. Планировочная структура таких зданий постепенно изменялась от жесткой (одно- или двухкоридорной) к гибкой, утвердившейся на длительный срок (с конца 1950 по 1990 гг.)

Различие между жесткой и гибкой планировками состоит в стационарной фиксации пространства горизонтальных коммуникаций (коридоров, холлов, галерей) в зданиях с жесткой планировкой при допущении перестановки сборно-разборных перегородок между отдельными кабинетами.

В зданиях гибкой планировки жестко фиксировано только размещение узлов вертикальных коммуникаций и санитарных помещений. Все остальное пространство этажа делят лишь расстановкой мебели, фиксирующей размещение отдельных групп служащих. Иногда в пространстве этажа выделяют легкими перегородками несколько небольших кабинетов для руководства.

Расчленение пространства этажа озеленением определило возникновение термина «ландшафтное бюро» для офисов с гибкой планировкой. Основаниями для широкого применения гибкой планировки в высотных офисах за рубежом служили упрощение сдачи таких помещений в аренду (полностью или этажами) и простота перекомпоновки рабочих мест в процессе эксплуатации или при реорганизации системы управления. Возможность применения гибкой планировки определялась отсутствием в нормах проектирования большинства стран требований к естественному

освещению рабочих мест и противопожарных ограничений к величинам площадей рабочих залов и помещений. Необходимые параметры микроклимата - по освещенности, температурно-влажностному режиму, скорости движения воздуха, акустическому режиму - обеспечивались только инженерно-техническими средствами (искусственное освещение, кондиционирование воздуха, звукоизоляция, звукопоглощение и пр.).

Внедрение планировок по типу «ландшафтного бюро» происходило в 1960-е гг. одновременно с изобретением каркасно-ствольной конструктивной системы: планировочная схема с центральным расположением узла вертикальных коммуникаций и конструктивная - с центральным расположением ствола жесткости и колонн только вдоль наружных стен - совпали, что способствовало широкому распространению «ландшафтных бюро». Постепенное сокращение объема применения «ландшафтных бюро» стало происходить к концу 1980 гг. по организационным и экономическим причинам. Начались протесты профсоюзов служащих. Они восстали против физиологически неблагоприятного воздействия искусственной воздушной, акустической и световой среды и психологически угнетающих условий работы в одном помещении с десятками и сотнями служащих. Эксплуатационные расходы в таких зданиях велики: около 40 процентов энергозатрат по зданию идет на практически постоянное искусственное освещение большинства рабочих мест, кондиционирование воздуха, возрастают затраты на устройство звукопоглощающей отделки.

Учет этих требований сказался к концу XX в. постепенным изменением планировочных решений высотных офисов за счет устройства атриумов. Наиболее радикально они отразились в проекте коммерческого банка во Франкфурте-на-Майне, возведенного в 1997 г. по проекту Н. Фостера. Автор назвал свое произведение «первым экологически чистым офисом» в мировой практике. Основаниями для такого утверждения послужили: полноценное естественное освещение рабочих мест при введении атриума, естественная аэрация рабочих мест через атриум, введение в структуру планировки отдельных этажей зимних садов в качестве мест психологической разгрузки и зон поступления приточного наружного воздуха для аэрации рабочих помещений.

Однако идея «экологически чистого офиса» внедряется медленно. «Ландшафтное бюро» в силу простоты решения плана и сдачи в аренду продолжают возводить в различных странах от Китая до Австралии и Мексики даже в начале XXI века.

Более широкое распространение получает комбинированная планировка рабочих этажей офисов. Ее внедрению способствовало также развитие оргтехники. Рабочие места для углубленной индивидуальной работы размещают в одно-двухместных кабинетах, расположенных вдоль наружных стен, и оборудуют компьютерами. Глубина таких кабинетов не велика (4,5-6,0 м), что при жесткой планировке с одним коридором, резко снижает экономичность планировочного решения, а при большой этажности не обеспечивает устойчивости здания.

В связи с этим при комбинированной планировке пространство между расположенными вдоль фасадов кабинетами расширяют, размещая в нем множительную технику, шкафы-файлохранилища, зоны для проведения совещаний, горизонтальные коммуникации. Естественное освещение этого пространства отчасти обеспечивает применение светопрозрачных дверей и продольных перегородок кабинетов.

4.2. Жилые здания.

Жилые высотные здания составляют в общем объеме высотного строительства незначительную часть, их высота в пределах от 30 до 70 этажей (при преобладании 30-40-этажных). Причины - функционально-технические и отчасти социальные. Основным функциональным требованием в проектировании жилищ является необходимость естественного освещения всех комнат квартиры при их глубине до 6 м. Это обстоятельство определяет малую ширину корпуса жилых зданий, что входит в противоречие с требованиями развития ширины здания для обеспечения его устойчивости при ветровых воздействиях, либо приводит к неэффективному использованию пространства здания (при широком корпусе).

В связи с присущим широкой практике компактным размещением высотных объектов в деловых центрах городов включение высотных жилых зданий в эту застройку не достаточно удобно и престижно.

4.3. Гостиницы.

Гостиничные комплексы строят высотными чаще, чем жилые дома, и располагают их не только в деловых центрах, но и в зонах транспортных узлов (вокзалов, аэропортов) и в привлекательных в туристическом отношении районах.

Объемно-планировочное решение гостиниц подчинено общему для высотного строительства требованию компактности формы плана - треугольного, прямоугольного, овального, круглого. В последнем применяют радиально-центричное или ортогональное размещение номеров. Однако в связи с тем, что компактная форма даже при большой этажности не дает возможности резко (до 800-1000 мест) повысить вместимость гостиниц, наряду с компактной получили распространение узловая (с отходящими от вертикального транспортного узла тремя-четырьмя «лучами») и атриумная схемы планировки.

Атриумный тип гостиницы один из самых древних, ведущий свою историю от «постоялых дворов», неожиданно возродился в последней трети XX в. Американский архитектор Д. Портмен применил эту планировку к многоэтажным и высотным объектам. После успеха таких отелей в городах США их строительство получило развитие в крупных городах Европы. В Москве первым был построен атриумный отель Центра международной торговли на Краснопресненской набережной. I

Быстрое распространение атриумной планировочной схемы связано с ее архитектурными, техническими и экономическими преимуществами. Она позволила престижно и выразительно решить архитектурно-пространственную организацию здания. При этом создавалось представительное и удобное общее пространство крытого атриума, увеличивалась вместимость гостиницы, обеспечивалась экономия энергозатрат. Высота построенных к настоящему времени атриумных гостиниц приближается к 50 этажам.

4.4. Многофункциональные высотные здания.

Многофункциональные высотные здания стали формироваться с начала XX в. Однако наибольшее распространение они получили в середине XX в.

Классическим примером многофункционального сооружения, стало здание «ПанАм» (Пан-Америка-билдинг), построенное в 1958 г. в Нью-Йорке по проекту В. Гропиуса. Под зданием располагалась узловая станция на пересечении двух линий метрополитен на, на крыше - вертолетная площадка, а между верхней и нижней отметками расположились помещения торговли, офисов, гостиниц и т.п. Рекорд высоты и многофункциональности «ПанАм» был перекрыт в 1969 г. сооружением башенного здания Джон Хинкок-билдинг в Чикаго (арх. Б. Грехем, инж. Ф. Кан) высотой 344 м.

В здании предусмотрены помещения торговли, паркинги, офисы, квартиры, рестораны, обсерватория, телевизионные студии и антенна. Башня имеет форму усеченной пирамиды с размерами в основании 40х60 м. В связи с этим размещение жилой зоны в верхней суженной части пирамиды обосновано, так как позволяет избежать неэкономичной планировки квартир большими подсобными площадями, не имеющими естественного освещения. Сами же квартиры весьма скромной планировки, преимущественно однокомнатные, что характерно для жилища в высотных домах делового центра городов.

К концу XX в. число функций в высотных зданиях сокращается. Растет число однофункциональных зданий - офисов или отелей, вторая функция которых (торговля и развлечения), концентрируется только в первых этажах. Характерным остается такое сочетание двух функций. Чаще всего это сочетание по высоте гостиниц и офисов при расположении жилых номеров на верхних отметках. Хотя иногда встречается и обратное решение. Обязательным является размещение между разными функциональными зонами технического этажа. До настоящего времени наряду с этими основными схемами сочетаний функций встречаются и индивидуальные: включение клубов или конференц-залов на нижних отметках.

Уникальным остается функциональное расчленение здания на конторы и квартиры по всей высоте сооружения. Такое решение было реализовано арх. Ф.-Л. Райтом в «башне Прайса» в г. Бартесвилл (Оклахома). Оно обеспечило индивидуальность облика здания и изоляцию жилой зоны от офисной благодаря изолированным входам и лифтам.

Однако на протяжении последующих 50 лет прием функционального зонирования по вертикали не получил развития.

Складские помещения и паркинги размещают ниже уровня нулевой планировочной отметки. Однако в отдельных случаях под парковку отводят несколько надземных этажей здания, либо закладывают подземный паркинг на смежной территории.

Рассмотрение международного опыта свидетельствует о преимущественном формировании одно- или двухфункциональных высотных зданий. Многофункциональное решение встречается преимущественно в единичных, предельно высоких зданиях.

Жилыми высотные здания строят редко, главным образом из-за несовпадения функциональных и конструктивных требований к их габаритам.

Период относительно широкого строительства особо высоких (более 60 этажей) жилых домов и комплексов в практике США завершен к концу 1960 гг., а в Европе к 1970 гг.

Наиболее динамичным было развитие объемно-планировочных решений самого распространенного типа высотных зданий - офисов: от коридорной структуры к «ландшафтному бюро», к комбинированной системе и, наконец, к «экологически чистому решению атриумных зданий. Последние заслуживают наибольшего внимания отечественных проектировщиков.

5. КОНСТРУКЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Интенсивные ветровые воздействия определяют выбор общей формы здания. Наиболее часто применяется башенный тип, с повышенной устойчивостью в обоих направлениях благодаря развитому поперечному сечению и обтекаемой объемной форме (цилиндрической, пирамидальной, призматической со скругленными углами и пр.), способствующей уменьшению аэродинамического коэффициента при определении расчетных усилий от ветровых воздействий. Наряду с этим сохраняется применение четких призматических форм. Ветровые воздействия, сопровождающиеся ускорениями колебаний сооружений при динамических порывах ветра, могут вызвать нарушения нормальных условий эксплуатации в помещениях верхних этажей высотных зданий.

При этом могут возникнуть как нарушения стабильности обстановки, так и неприятные физиологические ощущения у людей, живущих или работающих в здании. Во избежание таких дискомфортных условий выявлены и количественно оценены границы комфортности и стадии дискомфортного пребывания в помещении в зависимости от величины ускорения колебаний перекрытий под воздействием пульсационной составляющей ветровой нагрузки в % от ускорения силы тяжести.

В соответствии с характеристиками в МГСН 4.19-2005 регламентирована практически неощутимая величина ускорения колебаний - $0,08 \text{ м/с}^2$. 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. Основополагающими при разработке конструктивного решения высотного здания являются выбор конструктивной системы и

материала несущих конструкций, наряду с решением отдельных конструктивных элементов, обеспечивающих, комплексную безопасность эксплуатации высотных зданий.

Большие открытые пространства внутри здания, балки большого пролета, внутренние перегородки и навесные фасады, большая высота здания существенно уменьшили несущую способность. Поэтому учет горизонтальных воздействий на здание становится одним из основополагающих факторов при расчете здания на прочность.

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.

За рубежом 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. Проведенные Массачусетсом технологическим институтом исследования в аэродинамической трубе показали, что наибольшее давление ветра наблюдается в центре вертикальной поверхности с наветренной стороны, где движение ветра практически прекращается, и постепенно уменьшается по мере возрастания скорости потока в направлении верха здания. Результаты, полученные при испытании в аэродинамической трубе, переносятся на реальный объект с различными коэффициентами точности.

Наличие арочного проема в здании создает возможность перемещения воздушного потока с высоким давлением в заветренную сторону здания, где преобладает зона низкого давления. При этом скорость ветра под аркой и вблизи нее в два раза превышает скорость ветра на исследуемой территории.

При воздействии ветра на здание, помимо прямого ветрового потока, возникают потоки повышенной скорости - турбулентные потоки и завихрение воздуха. Вихри с высокой скоростью вызывают круговые

восходящие потоки и всасывающие струи вблизи здания, из-за чего появляются небольшие ощущаемые колебания здания. Кроме колебаний при завихрении возникают неприятные звуки от перекоса конструкций шахт лифтов, от проникания таких потоков через щели в окнах, а также "завывание" вокруг здания. Такие колебания отрицательно воспринимаются людьми и поэтому должны учитываться при проектировании высотных зданий.

5.1. Конструктивные системы.

Конструктивная система представляет собой взаимосвязанную совокупность вертикальных и горизонтальных несущих конструкций здания, которые совместно обеспечивают его прочность, жесткость и устойчивость. Горизонтальные конструкции - перекрытия и покрытия здания - воспринимают приходящиеся на них вертикальные и горизонтальные нагрузки и воздействия, передавая их поэтажно на вертикальные несущие конструкции. Последние, в свою очередь, передают эти нагрузки и воздействия через фундаменты основанию.

Горизонтальные несущие конструкции высотных зданий, как правило, однотипны, и обычно представляют собой жесткий несгораемый диск - железобетонный (монолитный, сборно-монолитный, сборный) либо сталежелезобетонный.

Вертикальные несущие конструкции более разнообразны. Различают стержневые (каркасные) несущие конструкции, плоскостные (стеновые, диафрагмовые), внутренние объемно-пространственные стержни полого сечения на высоту здания (стволы жесткости), объемно-пространственные наружные конструкции на высоту здания в виде тонкостенной оболочки замкнутого сечения. Соответственно примененному виду вертикальных несущих конструкций различают четыре основные конструктивные системы высотных зданий - каркасную (рамную), стеновую (бескаркасную, диафрагмовую), ствольную и оболочковую.

Основные системы ориентированы на восприятие всех силовых воздействий одним типом несущих элементов. Так, например, при стержневых конструкциях узлы сопряжения колонн с ригелями должны быть жесткими (рамными) в обоих направлениях, чтобы обеспечить восприятие вертикальных и горизонтальных воздействий.

Наряду с основными, широко применяют и комбинированные конструктивные системы. В этих системах вертикальные несущие конструкции комбинируют, сочетая разные виды элементов. К их числу

относятся системы: каркасно-диафрагмовая со связями в виде стен - диафрагм жесткости, с неполным каркасом (несущие наружные стены и внутренний каркас), каркасно-ствольная, ствольно-стенная, ствольно-оболочковая и др.

В комбинированной системе могут сочетаться несколько типов вертикальных несущих элементов (плоскостных, стержневых, объемно-пространственных) и схем их работы. При таких сочетаниях полностью или частично дифференцируется восприятие нагрузок и воздействий (например, горизонтальных - стенами жесткости, а вертикальных - каркасом). Соответственно количество возможных вариантов комбинированных систем весьма обширно.

Стенная система на протяжении столетий была основной для зданий любого назначения, в высотном строительстве применяется редко и преимущественно для жилых зданий и гостиниц. Самое высокое из построенных зданий стеновой системы - 47-этажный жилой дом «Конкордия Хаус» в Кёльне имеет поперечно-стенную конструктивную систему (шаг стен 4,5 м) и выполнено с монолитными железобетонными несущими внутренними стенами и перекрытиями. Малый объем использования стеновой системы и ориентация на применение ее только в жилище можно объяснить тривиальным восприятием системы в поперечно-стенном варианте с сопутствующими ему ограничениями свободы планировки.

5.2. Конструктивные элементы.

5.2.1. 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. Помимо этого, изыскания дают основания для прогнозирования вероятности развития опасных процессов в основании (карстово-суффозных, оползневых и др.). Неблагоприятный прогноз может служить основанием для отказа от выбранной площадки строительства по требованиям безопасности или из-за высокой стоимости мероприятий по понижению интенсивности влияния этих процессов.

Изыскания позволяют выявить возможное влияние строительства высотного здания на окружающую застройку: в первом периоде - при эскаляции 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.

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. Глубина заложения таких фундаментов в соответствии с грунтовыми условиями может составлять до 30-40 м.

В любых случаях, при проектировании высотных зданий следует обеспечивать оптимальные условия взаимодействия здания с основанием за счет объемно-планировочных и конструктивных решений.

В сложных грунтовых условиях на большей части территории Москвы, выбор конструкций фундаментов всегда будет представлять сложную индивидуальную инженерную задачу. В связи с этим можно высказать лишь отдельные предположения о применимости тех или иных конструкций. Велика вероятность, что конструкции ленточных фундаментов или из висячих свай не найдут применения в связи с малой несущей способностью и высокой деформативностью московских грунтов. Велика вероятность применения железобетонных коробчатых фундаментов. Впервые коробчатая железобетонная конструкция фундаментов общей высотой 7 м. была разработана инж. Джишкариани и Никитиным для главного здания МГУ на Воробьевых горах и оправдала себя в процессе полувековой эксплуатации. Такая конструкция, причем высотой в несколько этажей, позволит решить и целый ряд функциональных задач по размещению в подполье

вспомогательных, служебных помещений, оборудования инженерно-технических систем.

Столь же вероятна для ряда площадок в Москве конструкция фундамента в виде единой мощной плиты толщиной до 3 м и более, способствующая в силу своей жесткости компенсации неравномерных деформаций основания. 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 буронабивными опорами и превратиться в свайно-плитный фундамент, повышающий взаимодействие здания с основанием. Однако применение такого конструктивного варианта допустимо лишь при отсутствии в основании высоко расположенных водоносных пластов.

5.2.2. Надземные конструкции высотных зданий.

5.2.2.1. Несущие конструкции.

Конструкции внутренних стен и колонн высотных зданий по существу технического решения мало отличаются от применяемых в зданиях высотой до 75 м. Наиболее существенное отличие заключается в увеличении их сечений как по требованиям увеличения несущей способности, так и по резко возросшим требованиям к пределу огнестойкости (до REI 180 в зданиях высотой до 100 м и до REI240 в более высоких зданиях).

Соответственно высоким требованиям к несущей способности вертикальных несущих конструкций для них 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 пределах 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.

За счет вертикального и горизонтального обжатия бетонного ядра, несущая способность колонны увеличивается вдвое (по сравнению с железобетонной из бетона того же класса) с соответствующим уменьшением размеров поперечного сечения.

Колонны из трубобетона широко внедрены в строительство высотных зданий преимущественно в Юго-Восточной и Восточной Азии. Высокие прочностные свойства трубобетонных колонн позволяют пересмотреть рекомендации по выбору конструктивных систем. 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 в построенных в течение последнего десятилетия высотных зданий в Китае колеблется в зависимости от величины нагрузки от 700 до 1600 мм при классе бетона ядра от В35 до В80.

Менее отработанными представляются конструкции стыков колонн с балками, требующими как заводской приварки опорного стального кольца к трубе, так и опорных консолей («бычья нога»), требующих для их анкеровки прорезей в трубе и последующей сварки.

Стволы жесткости представляют собой наиболее специфичную для высотного строительства внутреннюю вертикальную несущую конструкцию. Она присуща большинству высотных зданий различных конструктивных систем: ствольных, каркасно-ствольных, ствольно-стеновых и оболочково-ствольных. Применяется в различных вариантах планировочного решения здания.

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).

В конструктивно-планировочном отношении удачна относительно редко принимаемая конструкция ствола открытого профиля, например крестообразного сечения.

Она исключает трудоемкое и металлоемкое устройство многочисленных надпроемных перемычек, необходимых в стволах закрытого сечения (двери в лифтовый холл, в лестничные клетки и пр.), и упрощает установку лифтов. Ограничение в их применении оправдано только 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. Исключения из этого правила встречаются крайне редко, когда ствол имеет не только несущие, но и архитектурно-композиционные функции.

Наиболее яркий пример ствольного здания со стальными стволами здание Китайского банка в Гонконге, построенного в стиле «хай-тек» арх.

Н.Фостером в 1986 г. Конструктивную систему здания образуют восемь стальных стволов, расположенных по четыре у торцов здания и опертые на них (через 5-8 этажей) однопролетные двухконсольные фермы, к которым подвешены междуэтажные перекрытия.

5.2.2.2. Перекрытия.

Конструктивные решения перекрытий подчинены требованиям пожарной безопасности, обеспечения их прочности и минимальной 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. В зарубежной практике основным вариантом перекрытия является сталежелезобетонная конструкция из стальных балок и монолитной железобетонной плиты по профилированному стальному настилу, который служит одновременно оставляемой опалубкой и отчасти арматурой плиты. Этот вариант конструкции перекрытия, как правило, проектируют с подвесным потолком, который скрывает в интерьере стальные балки и создает пространство для разводки многочисленных коммуникаций - электрических, вентиляционных и др. А сам потолок может способствовать улучшению акустического режима помещения при выполнении его из звукопоглощающих материалов. В отечественной практике, эта конструкция перекрытий широко применяется в монолитном домостроении. Однако в отечественных условиях складывается неблагоприятная обстановка для расширенного внедрения сталежелезобетонной конструкции перекрытий в связи с предусмотренным МГСН 4.19-2005 требованием увеличения предела огнестойкости перекрытий в зданиях выше 100 м до REI 240. Это потребует омоноличивания стальных балок. Не способствует таким высоким противопожарным требованиям также система стальных подвесок и каркаса подвесных потолков.

Необходимо отметить, что противопожарные требования к перекрытиям в МГСН 4.19-2005 существенно жестче, чем в зарубежных нормах и предъявляют одинаковые требования к пределу огнестойкости горизонтальных и вертикальных несущих конструкций. В то же время опасность прогрессирующего обрушения здания сопряжена именно с пределом огнестойкости стен и колонн, а не перекрытий, поскольку именно стены и колонны являются ключевыми элементами конструктивной системы. Очевидно, при переходе МГСН 4.19-2005 из категории временного в постоянно действующий нормативный документ требования к пределу огнестойкости отдельных несущих конструкций будут дифференцированы.

5.2.2.3. Наружные стены.

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 СНиП 23.02-2003, для более высоких — ее 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.

Родоначальницей оболочковой стеновой несущей конструкции является стальная безраскосная пространственная многоэтажная многопролетная рама (решетка) из сварных стержней коробчатого сечения, примененная в зданиях-близнецах WTC в Нью-Йорке.