

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
Университет»

На правах рукописи

Винокурова Светлана Игоревна

ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ И ЭФФЕКТИВНЫХ
ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕСТКОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Кафедра «Строительство и архитектура»
Направление 08.04.01– «Строительство»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание академической степени магистра



2019г.

Работа выполнена на кафедре «Строительство и архитектура» Комсомольско-го-на-Амуре государственного университета.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Дзюба В.А.

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Защита состоится «28» июня 2019 г. в 9 часов на заседании государственной аттестационной комиссии в Комсомольском-на-Амуре Университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, КнАТУ, ауд. 212.

С диссертацией можно ознакомиться на кафедре «Строительство и архитектура» КнАТУ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования.

Высотные здания – это яркая, компактная с градостроительной точки зрения архитектура, украшающая любой город. Потребность в высотном строительстве объясняется ростом городского населения и ограниченностью территорий застройки крупных городов мира. Данные тенденции определяют увеличение этажности при проектировании жилья. Наибольшее предпочтение отдается точечным небоскрегам, так как они являются более компактными на земельном участке, и дают возможность сохранения зеленых зон в городском пространстве.

Высотные здания – это новые градостроительные функционально-планировочные образования, формируемые по вертикальной оси. Высотные здания появились вследствие роста населения городов, недостатка земельных участков и их высокой стоимости.

Высотное здание может быть отдельно стоящим (развитым в вертикальной плоскости и достаточно гибким или простирающимся в горизонтальном направлении) или примыкать к другим высоким зданиям, образуя, таким образом, целый комплекс зданий. В обоих случаях здание представляет собой обособленный объект, что не мешает будущему формированию интегральной части городского комплекса, в котором жилье и деловые центры объединяются системами многоуровневых коммуникаций.

Определение высотности и степени развития здания в плане является достаточно сложным процессом выбора объемно-планировочного решения. Многие факторы должны быть при этом учтены: с одной стороны, пожелания инвестора, с другой – особенности градостроительной ситуации, ландшафт участка, характерные видовые точки восприятия объекта проектирования и пр.

Высотные здания относятся к числу наиболее сложных объектов строительства, поэтому ряд основных рекомендаций по их проектированию принимается согласованно международными общественными организациями

инженеров и архитекторов. Сооружения высотой до 30 м отнесены к зданиям повышенной этажности, до 50, 75 и 100 метров, соответственно, к I, II и III категориям многоэтажных зданий, свыше 100 м – к высотным.

Внутри группы высотных зданий обычно прибегают к дополнительной рубрикации с градацией высоты в 100 м. Для классификации небоскребов был принят критерий высоты в метрах, а не этажности, поскольку высоты этажей принимаются различными в зависимости от назначения здания и требований национальных норм проектирования.

Высотные здания имеют специфику, существенно отличающую их от традиционных домов повышенной этажности и многоэтажных зданий. К числу основных особенностей высотных зданий относятся:

- значительные величины как статических, так и динамических нагрузок на несущие конструкции и на основания;
- высокое, иногда критическое значение горизонтальных (в первую очередь ветровых) нагрузок;
- проблемы неравномерности как величин нагрузок, так и характера их приложения;
- тщательный подбор материалов конструкций, исключая работу элементов конструкций и обеспечивающий однородность физико-механических характеристик;
- повышенная значимость воздействия природных (воздушные потоки, сейсмичность, температура и т.д.) и техногенных (вибрации, аварии, пожары, локальные разрушения) факторов на безопасность строительства и эксплуатации;
- сложные решения внутренних инженерных систем и коммуникаций, сопровождающиеся созданием дополнительных инженерных узлов, что обусловлено высотой здания;
- повышенные требования в вопросах обеспечения комплексной безопасности, включая и пожарную, предполагают использование технических

решений качественно иного уровня, влияющие на выбор как объемно-планировочных, так и конструктивных решений.

Выше перечисленные аспекты необходимо учитывать при выборе конструктивной схемы высотного здания и проектировании несущих конструкций.

При ветровом воздействии происходит деформация здания и чтобы обеспечить его геометрическую неизменяемость необходимо предусмотреть в несущей системе специальные элементы жесткости. В большинстве случаев достаточно одного внутреннего ядра жесткости и плоских диафрагм. Но в высотных зданиях диафрагм и ядра жесткости может быть недостаточно. Тогда используют оболочковую систему, которую снабжают еще и внешним ядром. Такая система получила название « Труба в трубе» (tube in tube). Данная система воспринимает горизонтальные нагрузки, тем самым обеспечивая жесткость и устойчивость всего сооружения. Совместная работа внешней и внутренней оболочек достигается конструкциями перекрытий. Стены внешней оболочки выполняют из рам решетчатых конструкций или стен с проемами. Оболочки, размещенные внутри здания имеют стеновую конструкцию. Оболочки, размещенные внутри здания, одновременно используются для размещения лифтовых шахт с небольшими проемами. Конструкция наружной оболочки здания может быть рамная решетчатая, решетчатая с мелкими ячейками, стеновая (сплошные стены с проемами)

Вследствие того что в рамных конструкциях оболочковой системы возникают большие поперечные силы, расстояние между стойками должно быть небольшим, от 1,5 до 3 м; а сечение стоек и ригеля должны быть достаточно мощным. Соединения рам друг с другом обладают большой жесткостью при сдвиге, в результате стены, расположенные в направлении, перпендикулярном направлению горизонтального воздействия, увеличивают несущую способность и жесткость всей конструкции и оболочковая система работает как единое целое при действии горизонтальной нагрузки в произвольном направлении.

Диагональные решетчатые стены с ячейками небольших размеров в качестве элементов внешней оболочки по характеру статической работы приближаются к конструкциям в виде сплошных стен (рис.6). Наибольшей жесткостью обладают оболочковые системы со сплошными стенами, в которых предусмотрены отдельные проемы. Чтобы эти конструкции действительно работали эффективно, необходимо в них предусмотреть минимальное число проемов, поэтому в качестве фасадных стен они обычно не применяются - чаще всего для устройства внутренних ядер. Оболочковые системы очень эффективны, особенно если используется вся площадь поперечного сечения, в этом случае сечение, сопротивляющееся горизонтальным воздействиям, достигает максимальных размеров. Эта система применима для высотных зданий, у которых отношение меньшего размера в плане к высоте находится в пределах 1:6 - 1:7. За последние 20 лет эта система нашла широкое применение при строительстве небоскребов.

Целью диссертационной работы является:

- Исследование различных эффективных форм жесткости при проектировании высотных зданий различных строительных систем и функциональных назначений.

- Рассмотрение конструирования высотных зданий, их конструктивные системы и конструктивные элементы.

Теоретической и методологической основой исследования послужили методы теоретического и практического исследования конструкций высотных зданий на проектирования. В процессе работы над диссертацией изучены работы российских, зарубежных ученых, посвященные вопросам исследования высотных зданий и сооружений. Наибольшее влияние на выполненное исследование оказали результаты работ Дзюбы В.А, Пэйфу С., Григоршева С.М., Городецкого А.С., Иванова Е.К., Белостоцкого А.М.

Информационной базой для проведения исследования явились законодательные и нормативные акты в области проектирования несущих систем высотных зданий и сооружений.

Автор защищает: результаты обобщенного анализа несущих конструктивных систем высотных сооружений, анализ взаимосвязи между принятыми конструкциями и воздействиями на здание (силового и не силового характера), условиями эксплуатации зданий и их элементов, требованиями к этим элементам.

Научную новизну работы составляют: систематизация морфологических структур высотных зданий, которые позволят более осмысленно подойти к проектированию сложных по объемно-пространственной структуре высотных зданий с различной фасадной поверхностью;

Результаты анализа элементов жесткости несущих систем высотных зданий;

Практическая ценность: заключается в определении более надежной формы и несущих конструктивных систем в начале проектирования высотных зданий.

Апробация работы и публикации

Основные положения диссертации опубликованы в двух научных статьях. Материалы диссертации доложены и апробированы на двух конференциях:

- Международная научно-техническая конференция «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия» стр.152-155, г.Комсомольск-на-Амуре.
- Международная научно-техническая конференция «Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на дальнем востоке в XIX веке» стр.134-139, г.Комсомольск-на-Амуре.

Настоящая работа выполнена в 2017-2019 годах на кафедре «Строительство и архитектура» факультета Кадастра и Строительства КнАТУ под руководством к.т.н., доцента В.А. Дзюбы.

Структура и объём работы. Магистерская диссертация состоит из введения, трех глав, списка использованных источников (85 источника). Основной текст изложен на 92 странице, содержит 3 таблицы и 48 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи, предмет и объект исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость, апробация результатов.

В **первой главе** «Краткий обзор истории высотного строительства и современные тенденции его развития» показана актуальность и неотделимость рассмотрения строительной механики совместно с рассмотрением конструктивных решений высотных зданий, в контексте рассмотрения их как систем развитых в вертикальной плоскости.

Анализ конструктивных решений уникальных зданий и сооружений, применяемых в мировой практике. Рассмотрены нагрузки и воздействия на конструкции и связи. Описана роль и конструкции диафрагм.

Произведен сравнительный анализ достоинств и недостатков существующих конструктивных схем каркасных многоэтажных зданий, а именно высотных зданий (более 25 этажей). Для высотных зданий в качестве наиболее эффективной расчетной схемы, с точки зрения прочности была выбрана рамно-связевая конструктивная схем.

На основании проведенного краткого обзора развития высотного строительства можно сделать следующие выводы:

1. Общая теория расчета высотных зданий в отечественной практике развивается путем уточнения и совершенствования их расчетных схем, посредством учета новых факторов, и в целом находится на достаточно высоком уровне. Однако сохраняется множество вопросов, связанных с учетом воздействия на здание горизонтальных нагрузок, необходимостью учета последовательности возведения, вертикальной податливости колонн.

2. Несмотря на то, что расчетные и конструктивные схемы многоэтажных зданий в пространственной постановке задаче разработаны, однако они нуждаются в уточнении, направленном на более полный учет конструктивных особенностей работы каждого элемента и его вклад в работу всего здания, как на этапе возведения, так и на этапе эксплуатации.

3. Наиболее распространенной в настоящее время в России является рамно-связевая конструктивная схема высотного здания, в качестве диафрагм жесткости используются сплошные железобетонные диафрагмы.

4. Основным недостатком данной схемы высотного здания является перенапряжение рамных элементов, при включении в работу диафрагмы не только на горизонтальные, но и на вертикальные нагрузки.

В настоящее время при проектировании, строительстве и эксплуатации высотных зданий возникают «конфликтные ситуации», вызванные имеющимися противоречиями между современными требованиями к архитектуре, к современной комфортной среде, к безопасности и строительными нормами, стандартами. Для преодоления этих разногласий необходимо решить целый ряд проблем, связанных с разработкой и согласованием технических условий, проектной документации. Очевидно, что для высотного строительства должен использоваться принцип первоочередной безопасности через создание запаса прочности конструктивных систем. С увеличением высоты здания выбор эффективных конструктивных систем приобретает все большую важность.

Во **второй главе** «Исследовании эффективных форм элементов жесткости высотных зданий» рассмотрены вопросы архитектурно-строительного проектирования высотных зданий, начиная от выбора и решения несущих оснований и заканчивая конструированием отдельных элементов – частей здания.

Для высотных зданий повышение пространственной жесткости достигается за счет применения комплекса инженерных мероприятий, включая:

- симметрично расположенные и развитые в плане диафрагмы, и ядра жесткости;
- конструктивные системы с несущими наружными стенами и жесткими оболочковыми системами, размещенными по всему контуру высотного здания;
- конструктивные системы с регулярным расположением несущих конструкций в плане и по высоте высотного здания с равномерным распределе-

нием вертикальных нагрузок;

- жесткие диски перекрытий, объединяющие вертикальные несущие конструкции и выполняющие функции горизонтальных диафрагм жесткости при действии ветровых или сейсмических нагрузок;

- жесткие узловые соединения между несущими вертикальными и горизонтальными конструкциями;

- горизонтальные балочные или раскосные пояса жесткости в уровне технических этажей (особенно верхнего), обеспечивающие совместную работу на изгиб всех вертикальных несущих конструкций высотного здания.

В современных условиях несущие конструкции высотных зданий преимущественно выполняются цельно монолитными из железобетона и сталежелезобетонными, а также сборно-монолитными и цельно сборными из железобетона. Конструирование несущих элементов каркаса высотного здания из железобетона с применением гибкой стержневой арматуры, предполагает следующие основные правила, в том числе следующие:

- колонны каркаса проектируются с симметричным продольным армированием и расположением рабочей арматуры, как у граней поперечного сечения колонн, так и в необходимых случаях в срединной части сечения колонн. При этом минимальный размер поперечного сечения принимается не менее 400 мм;

- стены и ядра жесткости проектируются с симметричным расположением вертикальной и горизонтальной арматуры, располагаемой у боковых граней поперечного сечения железобетонных конструкций;

- плиты перекрытия и покрытия проектируются с двойным армированием поперечного сечения и расположением рабочей арматуры у верхней и нижней граней конструкции с расчетным защитным слоем бетона.

Для придания им универсальности и архитектурной выразительности разрабатываются проектные решения, отличающиеся сложностью форм и гибкостью объемно-планировочных решений. Отдельные решения предполагают отсутствие симметрии в конструктивной схеме здания, что вызывает

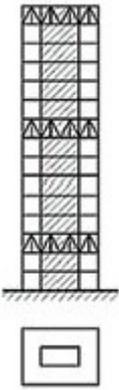
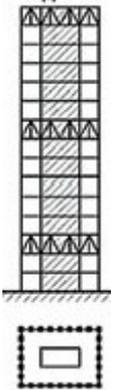
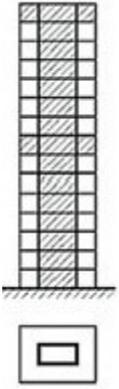
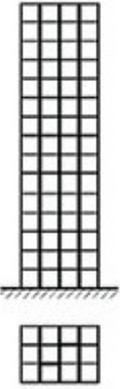
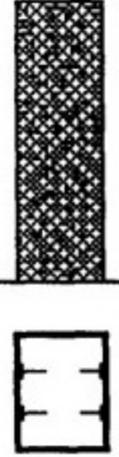
дополнительные сложности при проектировании объектов. Накопленный опыт 20-летней практики исследования и строительства высотных зданий позволяет реализовать сложные конструктивные схемы, основанные на передовых идеях проектирования.

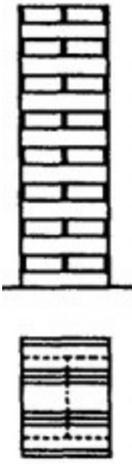
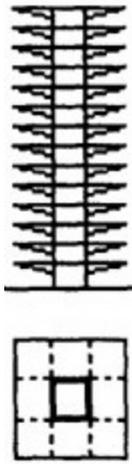
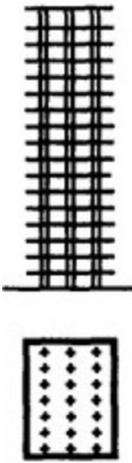
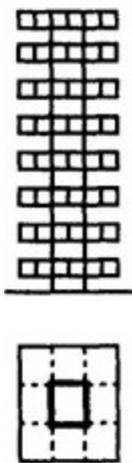
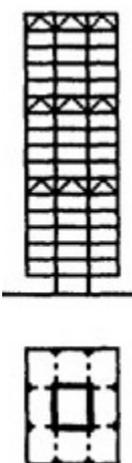
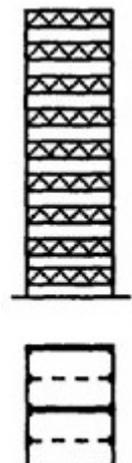
Так же рассмотрены основные вопросы высотного строительства – размещение, функции, конструирование и композиции. Приведена информация о необходимости установления экономически целесообразных границ применения каждой из конструктивных систем по этажности, материалу несущих конструкций с учетом технологии их возведения. Используются действующие нормативные документы, результаты современных зарубежных и отечественных исследователей по высотному строительству.

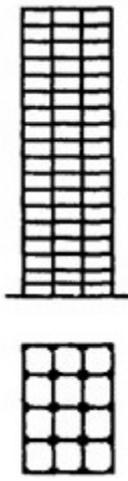
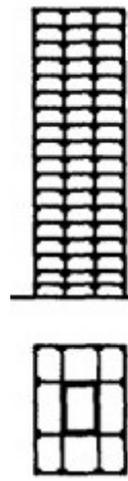
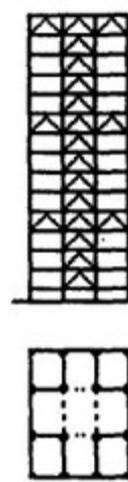
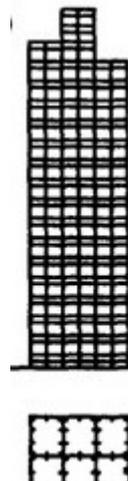
Рассмотрена классификация высотных зданий, приведены основные сведения по их объемно-планировочным и конструктивным решениям. Особое внимание уделено несущим конструктивным системам (таблица 2.2) высотных зданий, которые лидируют в современном высотном строительстве: каркасным (рамная), стеновой (диафрагмовой), ствольным и оболочковым, а также их различным вариантам и комбинациям.

Таблица 2.2 – Таблица видов конструктивных систем высотных зданий

	Оболочково- диафрагменная		Ствольно-каркасная
--	------------------------------	--	--------------------

	<p>Ствольно-оболочковая</p>		<p>Оболочково-диафрагменно-ствольная</p>
	<p>Ствольно-оболочковая</p>		<p>Оболочко-диафрагмовая</p>
	<p>Бескаркасная с параллельными несущими стенами</p>		<p>Ствольная с несущими стенами</p>

	<p>Коробчатая</p>		<p>С консольными перекрытиями в уровне каждого здания</p>
	<p>Каркасная с безбалочными плитами перекрытия</p>		<p>С консолями высотой на этаж в уровне каждого второго этажа</p>
	<p>С подвешенными этажами</p>		<p>С фермами высотой на этаж</p>

	<p>Рамно-каркасная</p>		<p>Каркасно-ствольная</p>
	<p>Каркасная с решетчатыми диафрагмами жёсткости</p>		<p>Каркасная с решетчатыми горизонтальными поясами и решетчатым стволом</p>
	<p>Коробчато-ствольная</p>		<p>Многосекционная коробчатая</p>

	Ствольно-стоечная подвесная		Дифраменно-ствольно- каркасная
	Дифраменно- каркасная		Ствольно-оболочковая
	Оболочково-стено- каркасная		

Выводы по диссертации анализ несущих систем высотных зданий, построенных по всему миру, показывает, что их конструктивное и компоновочное решения зависят, главным образом, от высоты объекта. Однако существенное влияние на выбор конструктивной схемы оказывают и такие факторы, как сейсмическая активность района строительства, инженерно-геологические условия, атмосферные и в первую очередь ветровые воздействия, архитектурно-планировочные требования. В каждом конкретном случае инженер принимает техническое решение в соответствии с требованиями, установленными международными или национальными стандартами, нормами проектирования или другими руководящими документами, с учетом собственного опыта и интуиции.

Ни одна конструктивная схема не является, безусловно, предпочтительной. Конструктивную схему разумно подбирать исходя из определенного диапазона высот.

Обоснование ее выбора конструктивной схемы должно включать рассмотрение экономических факторов, функциональное назначение здания и требования к объемно-планировочному решению. При проектировании конкретного сооружения следует рассматривать различные решения, отличающиеся технико-экономическими показателями.

Более эффективны комбинированные схемы, сочетающие в себе достоинства обычных схем.

Для высоконагруженных конструкций более эффективно применение железобетона с жесткой арматурой в виде прокатных профилей, а также сталебетонные конструкции.

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1 Дзюба, В. А. Исследование эффективных форм элементов жесткости высотных зданий / В. А. Дзюба, С. И. Винокурова // Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на Дальнем Востоке в XXI веке. Международная научно-практическая конференция (Комсомольск-на-Амуре,

24-26 апреля 2018 г.) : материалы и доклады, Россия, г. Комсомольск-на-Амуре, 2018. – 134-139 с.

2 Дзюба, В. А. Исследование эффективных форм элементов жесткости высотных зданий / В. А. Дзюба, С. И. Курдюмова // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Международная научно-практическая конференция (Комсомольск-на-Амуре, 29-30 ноября 2017 г.) : материалы и доклады, Россия, г. Комсомольск-на-Амуре, 2017. – 152-155 с.