

три здания в плане инсоляции. Важным аспектом в формировании дальнейшего визуального облика является субъективность автора для принятия различных фасадных решений, поскольку такие понятия, как красота и устойчивость к городской среде невозможно просчитать в метрической системе.

Специфика современного использования компьютерных технологий и их применение в процессе компьютерного проектирования взаимосвязаны и могут осуществляться в разных сферах. Вычислительное проектирование применяется повсеместно в визуализации компьютерных идей, оптимизации конструктивных и инженерных структур зданий. В то же время программирование с началом расширения возможностей параметрического проектирования и моделирования позволяет применять в процессе создания архитектуры и другие инструменты, призванные регулировать значительно более сложные аспекты, подвластные ранее только эмпирическим способностям нейросетей сложной нервной мыслительной организации человеческого мозга. Подобные аспекты ранее учитывались только авторской волей. Сегодня существует информационное моделирование с применением атрибутов, служащее для более удобного и автоматизированного процесса создания документации, более прозрачного учета модели, такой как BIM.

Понимая архитектуру здания как набор данных и информацию в компьютерном мире, в рамках компьютерного моделирования можно сформировать свои

собственные инструменты оптимизации структуры объекта на разных этапах процесса проектирования. Это и осуществлено в рамках данного авторского метода. Здесь использовано понимание теории графов как основы для оптимизации функциональной структуры здания и продумана система оценки качеств пространств в рамках структуры. Важным аспектом является то, что применение генеративных методов возможно использовать для повышения качества процесса проектирования, что было показано в рамках данного исследования. Автором также предложен алгоритм для использования программы Rhinoceros в связке с Grasshopper в целях оптимизации пространственных решений.

#### Список литературы

1. Гельфонд, А. Л. Общественное здание и общественное пространство. Дуализм отношений / А.Л. Гельфонд // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 2. – С. 18-32.
2. Дополнение для программы Grasshopper [Электронный ресурс] // URL: <https://www.food4rhino.com/en/app/magnetizing-floor-plan-generator> (date of access: 26.04.2023).
3. Дополнение для программы Grasshopper [Электронный ресурс] // URL: <https://www.food4rhino.com/en/app/syntactic> (date of access: 26.04.2023).
4. Еремеева, А. А. Параметризм в архитектуре. Поиски и решения / А. А. Еремеева, С. Б. Поморов, Т. В. Пойдина // Вестник АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – 2014. – № 1-2. – С. 118-122.
5. Turner, A. From Isovists to Visibility Graphs: A Methodology for the Analysis of Architectural Space / Alasdair Turner, Maria Doxa, David O'Sullivan, Alan Penn. – DOI:10.1068/b2684 // Environment and Planning B: Planning and Design. – 2001. – Vol. 28. – P. 103-121. – URL: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/160/1/turner-doxa-osullivan-penn-2001.pdf> (date of access: 26.04.2023).

*П. С. Болдырева*

**P. S. Boldyreva**

### *Особенности архитектурного формирования высотных зданий в районах повышенной сейсмической активности*

### *Features of the architectural formation of high-rise buildings in areas of increased seismic activity.*

**Ключевые слова:** высотное здание, высотное строительство, небоскреб, сейсмика, сейсмостойкость, землетрясение

**Keywords:** high-rise buildings, tall building design, skyscraper, seismic, seismic resistance, earthquake

**Аннотация.** В статье выделяется ряд методов, позволяющих нивелировать сейсмическое воздействие на высотные объекты в зонах, подверженных землетрясениям. Приводятся примеры небоскребов, в архитектурно-планировочном и конструктивном решении которых используются приемы повышения сейсмостойкости.

**Abstract.** The article highlights a number of methods that allow leveling the seismic impact on high-altitude objects in earthquake-prone areas. Examples of skyscrapers are given, in the architectural, planning and constructive solution of which methods of increasing seismic resistance are used.

Районы повышенной сейсмической активности – это территории, которым свойственны природные явления, вызванные землетрясениями от 6 баллов и выше (по шкале Рихтера). В географии современного высотного строительства к таким областям относятся в основном страны Азии. Проектирование небоскребов в данных регионах базируется на детальном анализе рельефно-ландшафтных, гидрогеологических и природно-климатических особенностей района.

С 1970-х гг. основополагающие приемы построения высотных объектов в сейсмически активных зонах включали симметричность конструкций и общего объемно-пространственного решения, обеспечивающую равномерность распределения нагрузок. Среди наиболее распространенных форм плана выделялся квадрат, круг, реже прямоугольник или симметричные многоугольные фигуры. Разрабатывались уникальные конструктивные системы, оказывавшие непосредствен-

ное влияние на композиционно-пластическое решение небоскребов. Так, например, в знаковом сооружении «Пирамида Трансамерика» в Сан-Франциско архитектором Уильямом Л. Перейрой была реализована комбинированная система из внешних пространственных каркасных ферм над первым уровнем объекта, соединенных с внутренними рамами, высотой до 45-го этажа. Этот 260-метровый небоскреб пережил мощнейшее землетрясение в 1989 г. также благодаря специальному 16-метровому фундаменту из бетона и стали, запроектированному с учетом геологического анализа местности.

С начала 2000-х гг. благодаря различным исследованиям в области сейсмостойкого строительства появились знаковые решения в архитектурном формировании высотных зданий.

В современном высотном строительстве выделяется 3 наиболее распространенных метода, нивелирующих сейсмическое воздействие на объект.

#### 1. Сейсмоизолирующие опоры (фундаменты)

Среди сейсмоизолирующих опор различаются эластомерные, пружинные, плоские скользящие и маятниковые. К наиболее применяемым относятся эластомерные, представляющие собой, как правило, свинцово-резиновые подшипники. При таком варианте во время землетрясения нижняя часть опоры двигается вместе с землей, а верхняя остается на месте, сохраняя положение небоскреба в пространстве. Примеры: Фестивальная башня Наканосима (Nakanoshima Festival Tower) в Осаке (h=200 м; 2014–2017 гг., арх. бюро Nikken Sekkei), Штабквартира корпорации «Симидзу» (Shimizu Corporation Tokyo Headquarters) в Токио (h=106 м; 2010–2012 гг., арх. корпорация Shimizu Corporation).

#### 2. Демпферы (пассивный метод)

Демпферы – это устройства для снижения магнитуды вибраций в небоскребе. Одним из первых и наиболее ярких примеров применения такого решения является башня «Тайбей 101» (h=509,2 м; 1999–2003 гг., арх. бюро C.Y. Lee & Partners). В верхней части объекта на уровне 88–92 этажей находится инерционный демпфер – 800-тонный шар-маятник, подвешенный на 8 канатах, компенсирующий как сейсмические, так и ветровые нагрузки. На уровне шпиля располагаются еще два 6-тонных маятника-гасителя, также раскачиваю-

щихся в направлениях, противоположных вибрациям. Устойчивость небоскреба также обеспечивается аутригерными уровнями, запроектированными через каждые 8 этажей. Для снижения сейсмических воздействий демпфер используется и в «Шанхайской башне» (h=632 м; 2008–2015 гг., арх. бюро Gensler). Запроектированный на уровне 125 этажа, он является самым мощным в мире, весом порядка 1000 тонн.

#### 3. Системы активного контроля сейсмостойкости (активный метод)

Наиболее затратным и эффективным решением является использование системы активного контроля сейсмостойкости, состоящей из 3 компонентов: датчиков для измерения толчков и реакции конструкций, программное обеспечение для вычисления управляющих сил, приводы для обеспечения необходимых сил управления. Ее преимущество заключается в том, что, в отличие от вышеперечисленных методов, данная система более гибко подстраивается под фактические нагрузки и деформации конструкций.

Таким образом, изучив различные варианты нивелирования сейсмических воздействий на высотные здания в районах, подверженных землетрясениям, можно сделать вывод о многообразии решений данной проблемы. С учетом природно-геологических особенностей местности и на основе комбинации перечисленных методов формируется наиболее оптимальное архитектурно-планировочное и конструктивно-техническое решение сейсмостойкого небоскреба.

#### Список литературы

1. Балагезьян, А. А. Особенности проектирования высотных зданий в сейсмических районах / А. А. Балагезьян, А. В. Мальцева // Наука молодых – будущее России: Сб. науч. статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 6 т. Т. 4. – Самара : СГТУ, 2018. – С. 36-39. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?selid=36764150&id=36763873>
2. Маклакова, Т. Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования: [Монография] / Т. Г. Маклакова. – Изд. 2-е. – Москва : АСВ, 2008.
3. Халикова, А. С. Особенности проектирования высотных зданий в сейсмических районах / А.С. Халикова, О.С. Гамаюнова // Инженерные исследования. – Вып. № 5(5). – Санкт-Петербург: СПбПУ, 2020. – С. 31-38. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47554398>