

УДК 728.1.01

Азари Алиреза,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## **АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ Г. ТЕГЕРАН**

*Рассмотрена геолого-сейсмическая характеристика территории г. Тегеран, выявлены стадии исследований при проектировании зданий в условиях повышенной сейсмичности, определены основные факторы влияния для увеличения сейсмостойкости многоэтажных зданий.*

*Ключевые слова: повышенная сейсмичность, многоэтажные жилые дома, архитектура, конструктивные системы.*

Тегеран расположен на севере Ирана в специфических геолого-климатических условиях, на южном склоне горы Точал хребта Эльбурс, который отделяет город от района Каспийского моря. Город вытянут с севера на юг на 26 км и с запада на восток на 40 км. Площадь составляет около 1550 км<sup>2</sup>. Перепад высоты рельефа в городской черте составляет почти 700 метров: от 1100 м на юге до 1800 на севере (Рис.1).

С точки зрения землетрясений Тегеран считается одним из самых сейсмических регионов (от 8° до 10° по шкале Меркалли). Основными геологическими особенностями города считается его расположение среди огромной массы горной цепи Альборз (принадлежит к третьему периоду геологии) и Иранским плато (принадлежит к четвертому периоду геологии). Наиболее важным вопросом являются активные геологические разломы, как Моша, Северный Тегеран и Рей, которые являются причиной того, что в районе этих геологических разломов постоянно происходят легкие и незаметные землетрясения [5].

С точки зрения исторической сейсмологии Тегеран пережил такие сильные землетрясения, как землетрясение 7,1 баллов в 1830 г. Дамаванд, землетрясение 7,2 баллов в 1117 г. Карадж, землетрясение 7,7 баллов в 958 г. Талеган, землетрясение 7,1 баллов в 855 г. Рей и многие другие землетрясения, сила которых превышала 7 баллов. С вероятностью выше 70% в среднем каждые 158 лет в этом городе возникали разрушительные землетрясения. После последнего разрушительного землетрясения (землетрясение 7,1 баллов в 1830 г. в Дамаванде), которое, скорее всего, относится к геологическому разлому Моша, прошло приблизительно 178 лет.

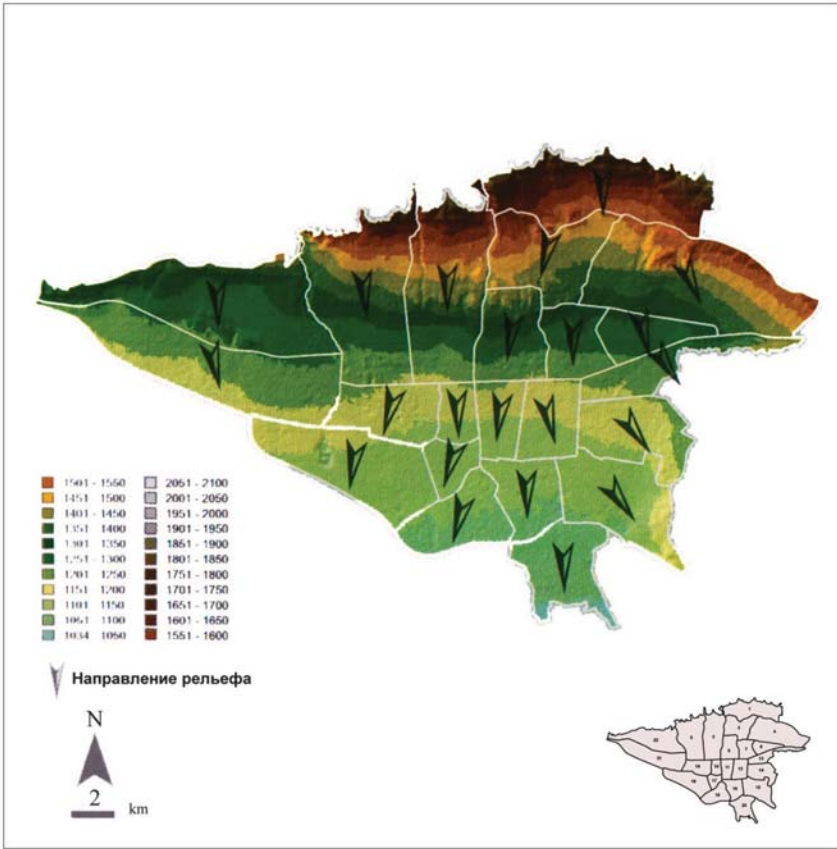


Рис. 1. Цифровая модель рельефа г. Тегеран.

Северный Тегеран – самый большой геологический разлом города, который расположен на южных склонах горной цепи Альборз и на севере Тегерана. Этот геологический разлом начинается с сел Лашкарак и Суханак и тянется к городкам Фарахзад и Хесарак, а потом в западном направлении. Он также охватывает районы Нияваран, Таджриш, Зафаранийе, Элахийе и Фарманийе (Рис.2). Другим важным геологическим разломом считается Рей, который в случае его активации принесет огромные потери для города в связи с неустойчивостью зданий южного Тегерана. Этот разлом начинается с проспекта Хаваран, проходит через Доулатабад и Камарбанди в Тегеране и заканчивается в городе Чахараданге. Вероятность землетрясения выше 7 баллов очень высока в этом районе [2].

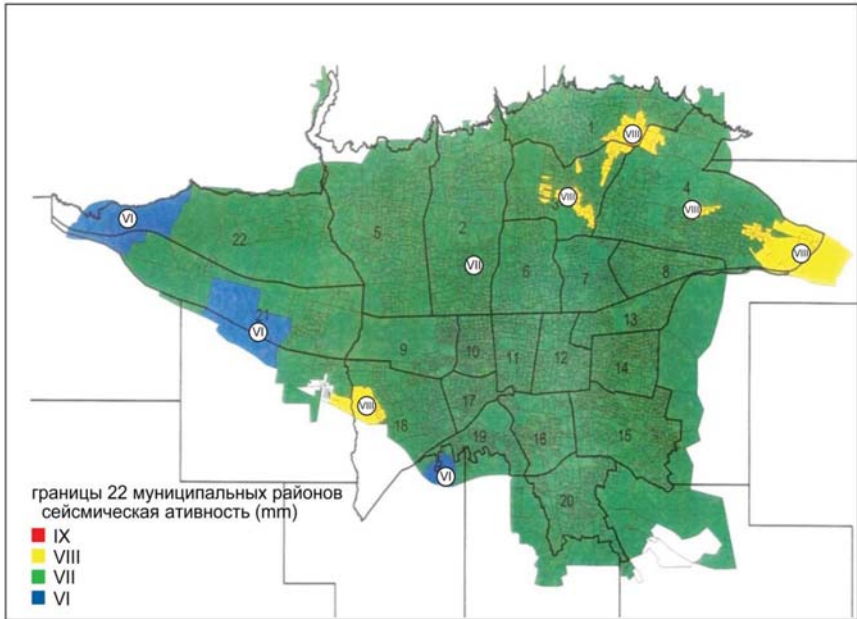


Рис. 2. Карта распределения Сейсмической интенсивности г. Тегеран.

При проектировании многоэтажных жилых зданий в условиях с повышенной сейсмичностью задача архитектора состоит в том, чтобы первоначально прояснить, как конструкция, которая должна быть обязательно, может положительно повлиять на проектирование здания. Если своевременно не сделать все необходимые расчеты сейсмостойких конструктивных систем, которые осуществляются вместе со специалистами инженерами-конструкторами, то могут возникнуть неблагоприятные обстоятельства, вследствие которых проект придется переделывать.

С целью разработки и утверждения общегосударственных нормативов и стандартов, касающихся вопросов строительства в сейсмоопасных зонах, 25 сентября 1980 года в Тегеране прошло заседание государственной архитектурной комиссии. На рассмотрение вопросов сейсмоустойчивости зданий был вынесен законодательный опыт как собственно Ирана, так и некоторых штатов США, географические условия которых сходны с иранскими (штаты Аризона и Калифорния) [3]. На основе разработанных материалов архитектурной комиссией был издан закон №2800, основное содержание которого заключается в определении оптимальных нормативов для устойчивости возводимых строительных объектов с целью избежания человеческих жертв при

минимизации материальных потерь, а также нормативов, указывающих на тот факт, что землетрясение не должно влиять на срок эксплуатации зданий.

Закон предусматривает запрет на:

- строительство зданий с глиняными стенами;
- строительство в местах, где проходят разломы в грунте;
- строительство в районах с нестабильными грунтами (например, вблизи морского побережья и в пустынях) [6].

Безусловно, специальные конструктивные требования ограничивают архитектурные цели при строительстве, поэтому не всегда есть необходимость строго выполнять строительные требования, которые допускаются в первоначальных идеях и проектах жилого строительства. Нужно своевременно предотвращать возможные негативные последствия путем конструктивного проектирования (Рис.3). Конструктивные противосейсмические системы, насколько это возможно, нужно проектировать симметрично и урегулировано, а расстояние между колоннами и балками должно быть большое [4].



Рис.3.Планы цокольного этажа восьмиэтажных зданий, который показывает занятую поверхность конструкции вначале для системы, выдерживающей только тяжелые нагрузки, и в то время, когда стена-диафрагма или гибкий каркас выдерживают сейсмические силы (рисунки изображены в масштабе).

Существует пять основных стадий исследований при проектировании зданий в условиях повышенной сейсмичности, которые включают вопросы формирования архитектуры, вместе с исследованием стройплощадки, проектирования здания в целом, планирования и проектирования фасада здания, проектирование конструкций и неконструктивных элементов, и представляют собой матрицы, которые упорядочивают все элементы, необходимые для проектирования сейсмостойкого здания. Эти стадии содержат анализ последствий землетрясения: в отношении стройплощадки, в отношении здания в целом, в отношении здания на двух вертикальных и горизонтальных

поверхностях, в отношении конструктивных компонентов и элементов здания, влияющие на неконструктивные компоненты и элементы здания.

В настоящее время количество конструктивных элементов, которые принимают на себя сейсмические силы, становится меньше. Исследовав экономическую сторону конструкции, следует больше внимания обращать на сами противосейсмические системы, чем на их более равномерное распределение. В конструкции сооружения противосейсмические системы и системы, выдерживающие тяжелые нагрузки, разделились между собой. Также нужно проектировать колонны, которые смогут выдерживать тяжелые нагрузки, и при этом они должны быть настолько тонкими, чтобы легко воспринимать на себя сейсмические нагрузки и не терять свою форму. Хотя эти колонны не проектируются как сейсмостойкие, но должны обеспечивать возможность изменения форм и горизонтальных движений всей конструктивной системы [1].

*Конструкция, выдерживающая тяжелые нагрузки.* При использовании монолитных конструкций, а не железобетонных, сейсмостойкость каркасных зданий в большинстве случаев обеспечивалась благодаря двустороннему каркасу, так как каждая колонна была его частью, запроектированного так, чтобы выдерживать тяжелые нагрузки, и в том числе сейсмические. В 1970-х годах с появлением новых методов строительства, стало возможным использование гибких элементов для возведения зданий из каркасных конструкций, и как результат - меньше элементов конструкции стали отвечать за сейсмические нагрузки (Рис.4,5).

Существует вариант такого проектирования, когда можно на каждом этаже проектировать колонны больше по размерам, но с деталями, похожими на вертикальные столбы с *суставными* соединениями сверху и внизу. Это делается для того, чтобы не притягивать к себе сейсмические силы, такие колонны отличаются от колонн, имеющих отношение к гибким каркасам, которые проектируются с целью противостояния сейсмическим силам (Рис.6,7). На этапе проектирования при помощи тяжелых конструкций можно измерить балки и колонны. Но, к сожалению, не достаточно информации и нет расчета методики, чтобы оценить размер сейсмостойкой конструктивной системы. Причина этого проста в том, что необходимо учитывать большое количество компонентов, которые значительно влияют на размер конструкции. Однако используются некоторые приблизительные варианты оценки размеров конструктивных элементов до того, как в активное участие в работе будут вовлечены инженеры-конструкторы [7].

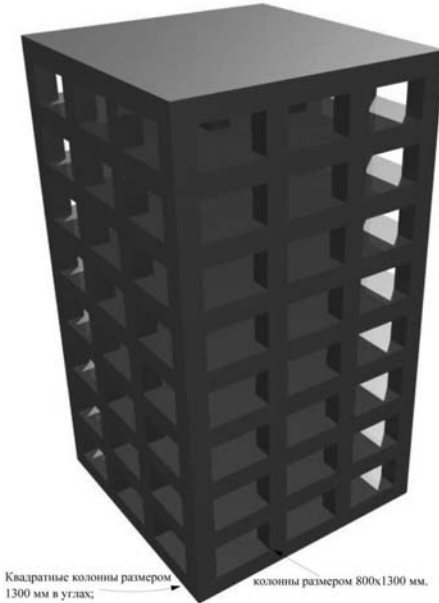


Рис.4. Восьмизэтажное здание с системой гибкого каркаса демонстрирует только сейсмостойкую систему, но с точки зрения архитектуры лишено привлекательности.

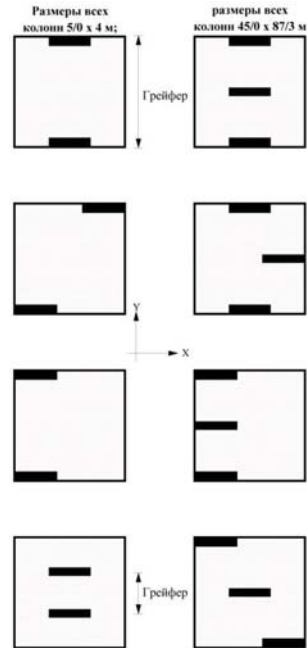


Рис.5. План цокольного этажа с разными вариантами построений стен диафрагм, которые симметрично обеспечивают зданию стойкость перед эффективной-силой направленной вдоль оси X (системы для борьбы с силами в направлении Y и с тяжелыми нагрузками не были показаны).



Рис.6. План цокольного этажа, который показывает сейсмостойкую конструкцию, имеющую симметричное построение относительно осей X и Y (система, выдерживающая тяжелые нагрузки, не показана).

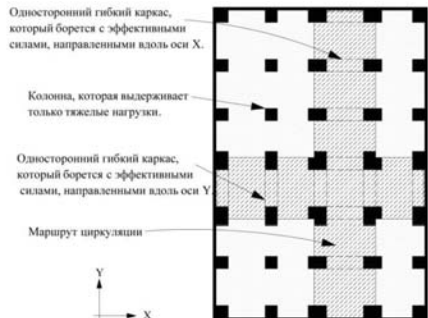


Рис.7. Создание маршрута циркуляции при помощи одностороннего гибкого каркаса, построение симметричной конструкции которого препятствует возникновению искривленности.

*Масса здания.* Влияющая сила инерции вертикальной конструкции как стена-диафрагма или гибкий каркас в первую очередь имеет отношение к массе или размеру здания. Если здание было запроектировано из тяжелых материалов, и теперь его проектировать уже из легких или среднего веса материалов, то увидим, что размер конструкции значительно уменьшится (Рис. 8,9). Здание среднего веса – это постройка, в которой применяются стальные каркасы, бетонные и комбинированные полы выдерживают легкие каркасные стены, а также внутренние и внешние тяжелые стены. Здание с легкими конструкциями состоит из деревянных стен и полов.

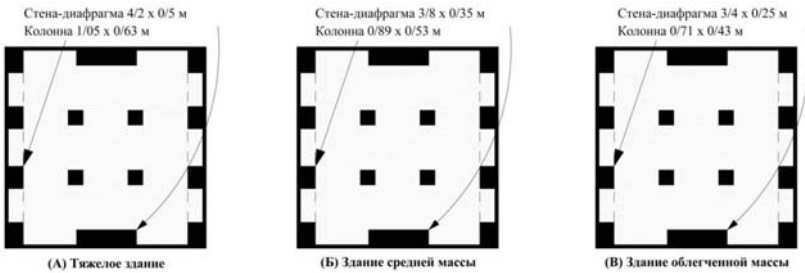


Рис.8. Взаимосвязь массы здания и конструкции: при уменьшении массы здания размеры конструкции уменьшаются пропорционально.



Рис.9. План цокольного этажа четырех- и восьмиэтажных зданий с одинаковым весом (система, выдерживающая тяжелые нагрузки, не показана, и рисунки изображены в одном масштабе).

*Высота здания.* Для многоэтажного жилого здания можно сохранить стандартные конструктивные размеры, если использовать более легкие материалы. При увеличении высоты здания и при сохранении его веса, увеличится период природной частоты колебаний здания. Это изменение приведет к тому, что уменьшится ускорение противодействия здания, и в

результате силы инерции тоже уменьшаться. Вместе с этим, силы инерции будут недостаточными для того, чтобы упорядочить в высоких зданиях. То, что большинство каркасов, длина которых более 20 м, являются более чувствительными, при этом гибкие стены будут относительно короче и нуждаются в увеличении специальных параметров, в целом приведет к увеличению высоты здания. Для стен и каркасов здания важным критерием является прочность и гибкость несущих конструкций, которые могут менять положение при сдвиге почвы во время землетрясения. Этот критерий в итоге определяет конструктивные размеры элементов.

*Почвенные условия.* Почвенные условия под зданием влияют на сейсмическую характеристику здания. Мягкая почва по сравнению с твердой или со скалой приводит к ускоренному росту подпочвы. Здания, которые строятся на мягкой почве, нуждаются больше в конструктивных элементах, чем здания, построенные на скалистом грунте. Размер этих дополнительных конструктивных элементов зависит от требований и правил конструктивного проектирования зданий. Если перенести здание с мягкого грунта на твердую почву, то количество количества сейсмостойких конструктивных элементов будет уменьшено в половину [8].

Таблица: Определение необходимой высоты здания на основе качества стройплощадки.

Застройка	Мягкая почва	
	С высоким периодом колебаний	С низким периодом колебаний
Типы зданий	Прочное или низкое здание с низким периодом колебаний	Изогнутое или высокое здание с высоким периодом колебаний

*Сейсмоопасные регионы.* В большинстве своем уровни сейсмической опасности в разных сейсмоопасных странах отличаются. В крупных странах, таких как США и Индия, уровень сейсмической опасности может быть как очень большим, так и равным нулю. В районах, где сейсмическая опасность низкая, проектировщики отбросили влияние землетрясения и ветра на здание, в таком конструктивном проектировании доминирующей будет боковая сила здания. Но в Иране все еще действуют правила, по которым необходимо придерживаться минимальных стандартов проектирования конструктивных

деталей (по крайней мере, для железобетонных конструкций), чтобы обеспечить зданию гибкость конструктивной системы, которая поможет справиться с неожиданно возникшим землетрясением.

Из-за повышенной сейсмической угрозы Тегеран считается самой низкоэтажной столицей в мире. В городе только 2% зданий имеют больше 9 этажей, многие здания только в 2 этажа. Городскими властями был принят новый законопроект, по которому предполагается, что до 2026 г. будет увеличено количество четырех-этажных зданий в столице. Мэрия приняла несколько законопроектов по увеличению этажности в отдельных районах города. Кроме этого, проводится снос 2-4-этажных старых зданий, чтобы на их месте построить более высокие [6].

Подводя итоги вышесказанного, следует отметить, что на архитектурную форму жилого здания влияют различные факторы, к которым относятся в первую очередь геологические условия определенного региона, гибкость конструкционной системы здания, климатические аспекты, близость соседних построек, их высота и масса.

Сейсмостойкое проектирование многоэтажных жилых зданий выполняется с двумя целями – это защита человеческой жизни и защита здания от повреждений.

Первая цель в основном достигается путем прочности и достаточной гибкости конструктивной системы. Вторая цель – защита от повреждений, которые возникают во время небольших землетрясений и приносят вред зданию.

В современных условиях проектирования и строительства можно с большей свободой действий выполнять сейсмостойкие конструктивные системы разнообразной конфигурации. Уже нет необходимости задействования всех конструктивных элементов при сейсмических нагрузках из-за их относительной гибкости и тонкости, они освобождены от правил громоздкой системы (сильная колонна, слабый каркас).

### **Список литературы**

1. Азадэх Нурифард. Сейсмостойкая архитектура. Ред. Мохамед Ахмадинеджад. – Издание Art Journal, Тегеран, 2008 г. (перс.яз.).

2. Бам, землетрясения 2004. Введение в сейсмостойкое строительство и сейсмические характеристики зданий. Исследовательский центр жилищного строительства. - Тегеран, публикация № 407 (перс.яз.).

3. Эндриу В. Чарльсон. Сейсмическое и архитектурное проектирование. Перехитрить землетрясение. - Тегеран, 2010, стр.111, 134 (перс. и англ. яз.).

4. Калибафян М. Решающая роль сейсмичности в архитектурном проектировании зданий, безопасность и снижения стоимости строительства и архитектуры. Бюллетень №2, стр. 22-44 (перс.яз.).

5. Касмаи Мортеза. Климат и Архитектура. - ред. Мохаммад Ахмадинежад. Тегеран, 2004 (перс.яз.).

6. Строительные нормы и правила 2800. Исследовательский центр жилищного строительства. – Тегеран, 1999, публикация № 253 (перс.яз.).

7. Ходжат Адели. Землетрясение 1980. Инженерное издание Тегеранского университета. – Тегеран, (перс.яз.).

8. Шариф Абдель. Общие земли и зданий в результате землетрясения в 2000 году. Методы устойчивости зданий от землетрясений. Исследовательский центр жилищного строительства - Тегеран.(перс.яз.).

### **Анотація**

У статті розглянута геолого-сейсмічна характеристика території м. Тегеран, виявлені стадії досліджень під час проектування будинків в умовах підвищеної сейсмічності, визначено основні чинники впливу сейсмічності для збільшення сейсмостійкості багатоповерхових будівель.

Ключові слова: підвищена сейсмічність, багатоповерхові житлові будинки, архітектура, конструктивні системи.

### **Annotation**

Geological and seismic characteristics of territory of the city of Tehran is reviewed in the article, the stage of research of the buildings were considered for conditions of high seismicity, the main influence factors on seismic design of multistory buildings were found to their stability.

Keywords: high seismicity, high-rise residential buildings, the architecture, the construction system.