

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНОГО КАРКАСНО-МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ

**Есенаманов Н.К.**

*Институт строительства и инновационных технологий МУИТ, [nariman98@inbox.ru](mailto:nariman98@inbox.ru)*

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема учета последовательности возведения высотного здания. Выполнено моделирование процесса возведения и расчет высотного каркасно-монолитного здания методом конечных элементов по программе SeismoStruct. Приведены результаты расчета конструкций.*

## БИЙИК КАБАТТУУ КАРКАС-МОНОЛИТТИК ИМАРАТТЫ КУРУУ МОДЕЛДОО ПРОЦЕССИ

**Есенаманов Н.К.**

***Аннотация.** Макалада көп кабаттуу имаратты тургузуунун ырааттуулугун эске алуу маселеси каралат. SeismoStruct программалык комплексинде чектүү элементтер ыкмасы менен бийик каркас-монолиттик мейманкана имаратын куруу процессин моделдөө жана эсептөө жүргүзүлдү. Курулуштарды эсептөөнүн жыйынтыгы келтирилген.*

## SIMULATION OF THE PROCESS OF CONSTRUCTION OF A HIGH-RISE FRAME-MONOLITHIC BUILDING

**Esenamanov N.K.**

***Annotation.** The article deals with the problem of taking into account the sequence of erection of a high-rise building. Modeling of the erection process and calculation of a high-rise frame-monolithic hotel building by the finite element method in the SeismoStruct software package was carried out. The results of the calculation of structures are given.*

**Введение.** В монолитном строительстве механизация производства заключается в том, что трудоемкие работы выполняют с помощью специально подобранных комплектов машин, взаимоувязанных по производительности и другим параметрам. При этом обеспечивается непрерывность производства работ, рассматриваемых как механизированное поточное производство. Применение разрозненных средств механизации не позволяет поднять уровень эффективности бетонных работ.

У информационного моделирования зданий есть еще одно весьма интересное качество – оно дает возможность проводить научные исследования и эксперименты практически по всем вопросам, проектирования, энергопотреблением, особенностями проектирования и возведения и другими аспектами проектно-строительной деятельности. Другими словами, все проектируемые здания, сооружения и объемные конструкции воспринимаются, исследуются, анализируются, разрабатываются и

передаются строителям для возведения через их плоские проекции, количество, содержание и способы оформления которых определены многовековой общечеловеческой практикой [1,2,3].

СП 267.1325800.2016, «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования» и СП430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования», рекомендуют проектировать монолитные конструктивные системы с учетом их жизненного цикла и с учетом параметров долговечности, моделей разрушения и т.п. [4,5]. К землетрясением- наилучший способ защиты от них. Это можно осуществить посредством систематического усовершенствования норм сейсмостойкого строительства [6,7,8,9].

Научно-обоснованное и качественное сейсмостойкое строительство и превентивное мероприятия по подготовке к землетрясением- наилучший способ защиты от них. Это можно осуществить посредством систематического усовершенствования норм сейсмостойкого строительства. Особое внимание следует обращать на вопросы безопасности сооружений, а не на установление точного дня и аса их разрушения [8,10].

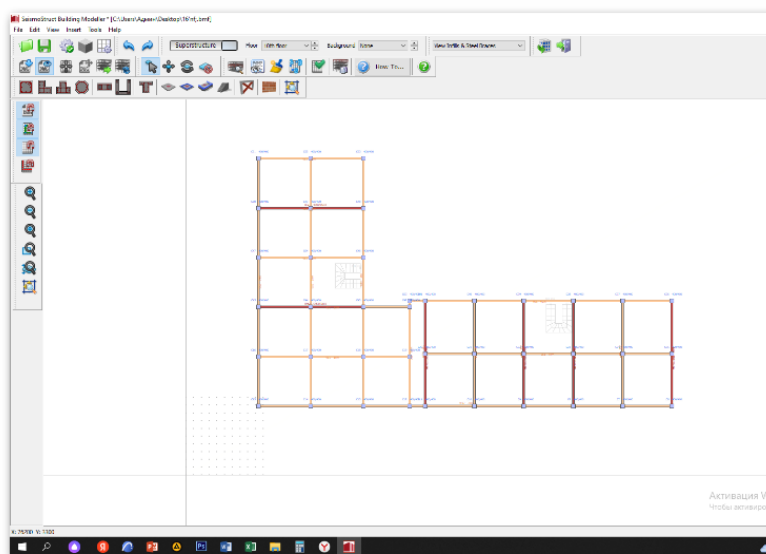
Для создания конструкции определяется соответствующая своя расчетная схема [11]. Проводится статические расчеты [11]. В процессе возведения высотного здания вместе с изменением его фасадной формы и размеров происходит изменение прилагаемых нагрузок, действующих на здание. При этом напряженно-деформированное состояние (НДС) возводимого здания изменяется до тех пор, пока не сформируется окончательно после завершения строительства, причем конечное НДС отличается от того, которое получается при одновременном приложении всех действующих сил к уже возведенному сооружению [12].

В случае значительного изменения расчетной модели задача определения напряженно-деформированного состояния здания при учете последовательности возведения решается в генетически нелинейной постановке - одной из разновидностей геометрической нелинейности [13].

**SeismoStruct** — отмеченный наградами пакет, способный прогнозировать большие перемещения пространственных рам при статической или динамической нагрузке, принимая во внимание как геометрическую нелинейность, так и неупругость материала. Программа была тщательно проверена на качество и утверждена, как описано в отчете о проверке.

**Исходные данные.** Объектом моделирования является высотное здание гостиницы, которое имеет в плане “Г” образную форму с размерами 48,200 м в длину, 30,200 м в ширину и высоту 33 м (10 этажей) (Рис.1). Конструктивная схема здания представляет собой каркас с диафрагмами жесткости из монолитного железобетона. Пространственная жесткость и устойчивость здания, а также восприятие внешних

силовых воздействий обеспечивается совместной работой фундаментной плиты, несущих стен, плит перекрытий и покрытия.



*Рис. 1. План проектируемого здания*

Моделирование процесса возведения имеет особое значение для проектирования конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. Это можно осуществить посредством систематического усовершенствования норм сейсмостойкого строительства.

В данной работе моделирование возведения и расчет здания осуществляется методом конечных элементов в программе программного комплекса SeismoStruct

Программный комплекс SeismoStruct предназначен для расчета и проектирования конструкций зданий из монолитного железобетона, а также зданий с кирпичными стенами. В процессе работы комплекса производится расчет здания и его отдельных частей с формированием рабочих чертежей и схем армирования конструктивных элементов. [13].

Создание модели проектируемого здания из конструктивных элементов на плане произвольной конфигурации. Автоматический сбор нагрузок, подбор и проверка сечений конструктивных элементов. Определение расхода и стоимости материалов. Формирование пространственной расчетной схемы здания и конечно-элементный расчет с возможностью анализа результатов.

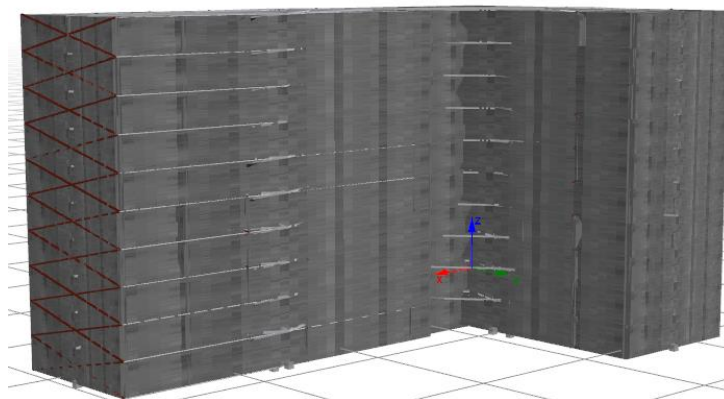
Базовые сервисные возможности программы – создание вспомогательных сетей плана, перемещение и поворот координатного базиса, копирование, перемещение, поворот, удаление, корректировка свойств одного или группы конструктивных элементов, копирование этажей, – сокращают время создания модели и позволяют выполнить вариантное проектирование.

По результатам выполненного расчета выполняется предварительная проверка сечений конструктивных элементов, формируется общая ведомость расхода

строительных материалов, смета общестроительных работ здания и оценить модель здания и принять необходимые инженерно-технические решения.

Конструктивная схема здания представляет собой каркас с диафрагмами жесткости из монолитного железобетона. Системы жесткости передают горизонтальные силы на грунт и ограничивают деформации здания. Пространственная жесткость и устойчивость здания, а также восприятие внешних силовых воздействий обеспечивается совместной работой фундаментной плиты, несущих стен и колонн, плит перекрытий и покрытия. Несущие конструкции выполнены из монолитного железобетона. Фундаментная плита из бетона класса В40, а также плиты перекрытий толщиной 250 и 300 мм и диафрагмы жесткости толщиной 200-400 мм - из бетона класса В35.

Проектируемое высотное здание «Многоэтажный жилой дом из монолитного здания» и расчетная схема конструктивной системы представлены на рис. 2.



*Рис. 2. Расчётная схема конструктивной системы*

Нагрузки других загруженный прикладываются после возведения всего здания.

Т.к., программа на английском языке все результаты будут отображаться на официальном языке программы. Анализ расчета:

Analysis completed on

Date: 10.05.2023

Time: 22:04:58

SeismoStruct v2023 build 120

Estimated size of output file: 17092 kB

Eigenvalue Analysis

No. of converged EigenValues : 2

Warning: Could not re-orthogonalise

all Lanczos vectors

Permanent Loading

LF= 1,00000, LF\_incr= 1,00000 (Iter: 1 => Converg)

Variable Loading  
Phase No. 1  
Type of Control: Response Control  
Controlled Node: Control\_Node  
Controlled Direction: x  
Target Displ.: 0,60  
Steps: 50  
Disp\_Incr= 0,01199, LF= (Iter: 1 => elm\_Inv)  
Disp\_Incr= 0,00150, LF= (Iter: 1 => elm\_Inv)  
Disp\_Incr= 0,00019, LF= (Iter: 1 => elm\_Inv)  
Disp\_Incr= 0,00002, LF= (Iter: 1 => elm\_Inv)  
-----  
Unable to apply the entire phase load. Phase terminated  
Total Analysis Time: 0h:1min:19sec

---

В рамках каждой монтажной стадии производится расчет той конструктивной системы здания, которая содержит относящиеся к этой стадии элементы и нагрузки. Таким образом, перемещения узлов накапливаются с определенным выравниванием в процессе возведения, что дает более верную картину.

Конструктивная система высотного здания представляет собой взаимосвязанную совокупность вертикальных и горизонтальных несущих конструкций, совместно обеспечивающих прочность, жесткость и устойчивость сооружений.

В процессе возведения каркаса высотного здания для обеспечения его устойчивости необходимо строго соблюдать условия технологических и конструктивных взаимосвязей выполняемых работ: каждый последующий ярус возводимого каркаса может выполняться только после соответствующего проектного закрепления смонтированных конструкций. На каждом из этапов возведения происходит замыкание локальной подсистемы конструкции и некоторого предварительного напряженно-деформированного состояния, которое может влиять на итоговое состояние системы.

При расположении диафрагм жесткости в середине рамы, вертикальные деформации колонн, примыкающих к диафрагме, будут меньше, чем у крайних, ввиду большей их жесткости. Особую опасность представляют собой крайние ячейки каркаса, именно в них разность между продольными деформациями крайних и внутренней ближайшей колонны будет наибольшей. Внутри здания средние колонны работают практически в одинаковых условиях и их продольные деформации мало отличаются [13,14].

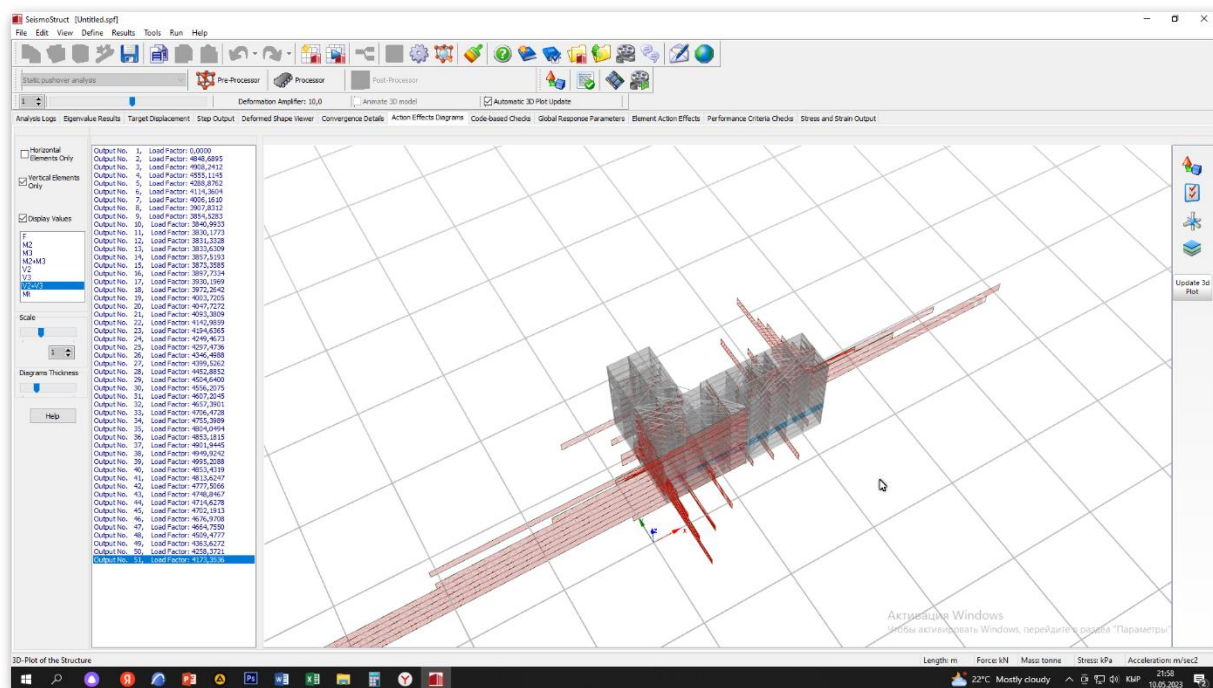


Рис. 3. Деформированная схема и изо поля перемещений по оси Z на всех монтажных стадиях

Таблица 1. Изменение экстремальных значений моментов, усилий и перемещений на всех стадиях монтажа конструкций

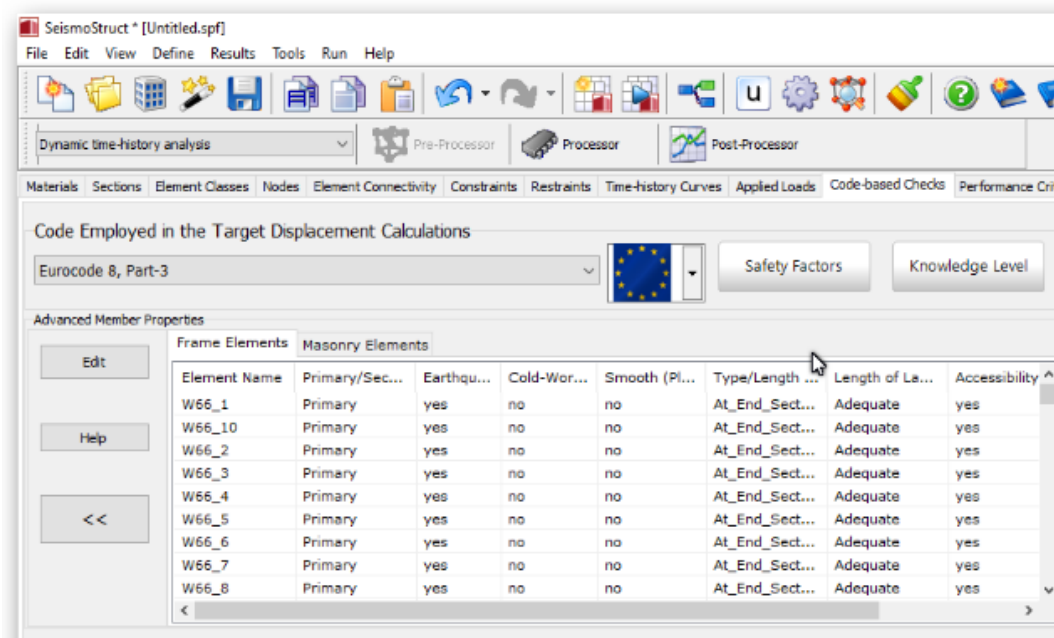
Усилие от постоянной нагрузки	Модель здания				
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5
$M_x, (тс \cdot м)/м$	-20,22	-39,3	-53,8	-69,12	-85,2
	32,21	61,60	82,5	105,2	141,2
$M_y, (тс \cdot м)/м$	-18,90	-38,8	-56,5	-74,2	-89,2
	26,61	50,52	75,5	98,2	116,2
$Q_x, тс/м$	-50,20	-97,3	-144,0	-190,2	-224,2
	55,11	105,0	158,0	206,1	237,2
$Q_y, тс/м$	-84,0	-123,0	-175,2	-194,1	-235,1
	60,8	99,4	145,2	186,2	220,0
Перемещение по оси Z, мм	-18,22	-40,7	-68,2	-97,7	-124,2
	-34,62	-66,4	-104,0	-148,2	-185,4

### Заключение:

1. В ходе расчета были получены значения межэтажных сейсмических перемещений в направлении горизонтальных осей X и Y на уровне перекрытия каждого этажа. Эти значения были сопоставлены с предельными значениями, предусмотренными Eurocode 8, Part-3.

2. Максимальное перемещение по оси Z, -34,62 -66,4 -104,0 -148,2 -185,4мм-каркасно-монолитного здания.

3. В дальнейшей эксплуатации каркасно-монолитного здания путем периодических проверок его динамических характеристик можно будет оценивать стабильность состояния его строительных конструкций



Установлено сокращение перемещения по высоте здания с сейсмоусилением по двум горизонтальным направлениям, следовательно, не превышены предельные значения перемещений, установленные Еврокод 8, часть-3. Применение схемы сейсмоусиления позволяет регулировать поперечные перемещения в здании.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. **Талапов В.В.** *Основы BIM: Введение информационное моделирование зданий.* – М.: ДМК. Пресс, 2020. – 392 с.
2. *Технология BIM для архитекторов? Revit Architecture 2009/2010. Самоучитель по технологии BIM.* – М.: ДМК Пресс, 2010.
3. **Ланцова А.Л.** *Revit 2010: компьютерное проектирование зданий. Архитектура. Инженерные сети. Несущие конструкции.* – М.: ФОИ- ЛИС, 2009.
4. СП 430.1325800.2018 *Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования.* - М.: Минстрой России, 2018. - 64 с.
5. СП 267.1325800.2016 *Здания и комплексы высотные. Правила проектирования.* - М.: Минстрой России, 2016. - 122 с.
6. СН КР 20-02:2018. *Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования.* Государственное агентство по архитектуре и строительству при Правительстве Кыргызской Республики, Бишкек, Кыргызская Республика.
7. СН КР 20-02:2009. *Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования.* Государственный институт сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования Госстроя Кыргызской Республики и Международная Ассоциация экспертов по сейсмостойкому строительству, Бишкек, Кыргызская Республика.
8. **Бржев С.Н., Бегалиев У.Т.** *Состояние проектирования и конструирования*

сейсмоусиления зданий в Кыргызской Республике. – Бишкек: Наука и инновационные технологии, №1/2019(10), С.3-19.

9. **Тяпин А.Г.**, Взаимодействие высотного здания с основанием при сейсмическом воздействии. – Бишкек: ВестникМеждународной ассоциации экспертовпо сейсмостойкому строительству, №1/2018(2), С.178-181.

10. **Матыева А.К., Таалайбеков А, Апысов К, Рыспаев Э, Таалайбеков С.** Инновация в сейсмостойком строительстве. – Бишкек: Наука и инновационные технологии, №1/2021(18), С.155-161.

11. **Перельмутер А. В.** Анализ конструкций сизменяющейся расчетной схемой / А.В. Перельмутер, О.В. Кабанцев. - М.: Издательство СКАД СОФТ, Издательский дом АСВ, 2015. - 148 с.

12. **Рудых О.Л.** Нелинейный расчет напряженно-деформированного состояния сооружений при учете последовательности возведения / О.Л. Рудых // Вестник ИрГТУ,2010. -№ 1 (41). -С. 239-244.

13. **Макрытчев О.В.** Анализ изменения усилий в конструкциях при учете

14. **стадийности возведения / О.В. Макрытчев, М.И. Андреев, Д.С. Сидоров // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - 2018. - № 14 (4). - С. 293-298.**

15. **Уткина В.Н.** Исследование устойчивости конструктивной системы высотного общественного здания в программных комплексах ЛИРА- САПР и STARKES / В.Н. Уткина, Е.С. Безрукова // Эксперт: теория и практика. - 2020. - № 3 (6). - С. 69-73. DOI 10.24411/2686-7818-2020-10028.