Научная статья
Original article
УДК 624.07

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF GENETIC NONLINEARITY IN DETERMINING THE STRESS-STRAIN STATE OF A BUILDING

Пантелеев Иван Андреевич, Студент магистратуры Архитектурно-строительного института, Тольяттинского Государственного Университета (445020 Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская 14 (центральный кампус)), тел. 8(927)895-36-05, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6681-2138, panteleivan@yandex.ru.

Ivan. A. Panteleev, Master's degree student of the Institute of Architecture and Civil Engineering, Togliatti State University (14 Belorusskaya str., Togliatti, 445020 Russia (central campus)), tel. 8(927)895-36-05, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6681-2138 , panteleivan@yandex.ru.

Аннотация. В данной статье, описаны процессы расчёта напряженно-деформированного здания с учётом генетической нелинейности и без, а также произведён сравнительный анализ усилий в колоннах и в плитах перекрытия, рассматриваемого в двух расчётах здания. Описаны основные отличия между традиционным расчётом и расчётом с учётом стадийности возведения здания.

Abstract. In this article, the processes of calculating a stress-deformed building with and without genetic nonlinearity are described, as well as a comparative analysis of the forces in the columns and in the floor slabs considered in two calculations of the building.

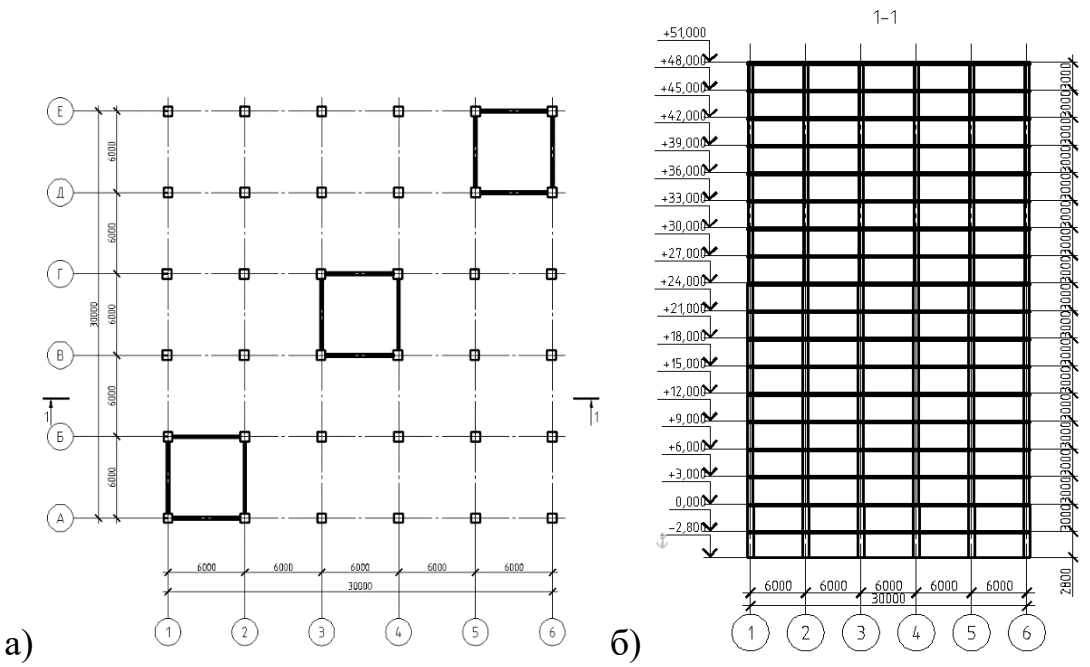
The main differences between the traditional calculation and the calculation taking into account the stages of the construction of the building are described.

Ключевые слова: генетическая нелинейность, учёт стадийности возведения здания, напряженно-деформированное состояние здания.

Keywords: genetic nonlinearity, taking into account the stages of the construction of the building, the stress-strain state of the building.

Описание конструктивного решения здания

«В процессе возведения высотного здания или сооружения вместе с изменением его формы и размеров происходит изменение прилагаемых нагрузок, действующих на сооружение при этом напряженно-деформированное состояние (НДС) возводимого здания или сооружения 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» [1]. В данной работе было рассмотрено здание 17 этажей с подвальным помещением. Подвал выполнен высотой 2,8 метра, а высота этажей с первого по семнадцатый равняется трём метрам. Каркас данного здания выполнен из монолитного железобетона. Основными вертикальными несущими элементами являются железобетонные колонны. Шаг колонн в обоих направлениях – 6 метров. Колонны подвала и первого этажа запроектированы с поперечным сечением 700×700 мм, колонны второго-девятого этажей 600×600 мм; колонны 10-17 этажей 500×500 мм. Перекрытия выполнены в виде монолитной железобетонной плиты толщиной 200 мм. Также в здании выполнены ядра жесткости, которые играют роль лестничных клеток и лифтовых шахт. Данные ядра жесткости выполнены также из монолитного железобетона, толщина монолитных стен – 200мм. При бетонировании конструкций применяется бетон класса В25 и арматура класса А500. Схема расположения колонн в плане и на разрезе показана на рисунке 2.1.



а) схема расположения колоннпроектируемого здания в плане; б) расположение колонн проектируемого здания в разрезе.

Рисунок 2.1 – Схема расположения колонн

Наружные стены – самонесущие, выполненные из пустотелого одинарного кирпича, толщина стены – 250мм. В качестве утеплителя – минераловатная плита ROCKWOOL ВЕНТИ БАТТС Д ОПТИМ. Наружная отделка – керамогранитные плиты. Длина здания в осях 1-6 – 30 метров. Ширина здания в осях А-Е – 30 метров.

Расчет каркаса без учета генетической нелинейности в ПК ЛИРА-САПР 2016

Расчет каркаса здания и определение НДС произведен в ПК ЛИРА – САПР 2016. Все элементы были взяты из библиотеки конечных элементов. Все нагрузки были определены и приложены в соответствии с СП [2]. На рисунке 2.2 показан расчетная схема каркаса проектируемого здания.

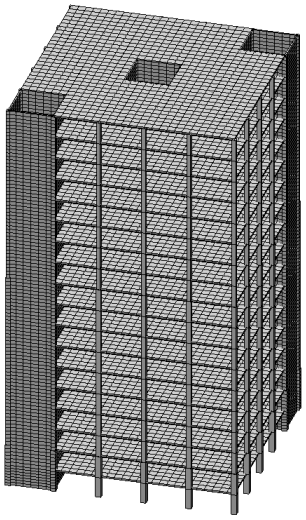


Рисунок 2.2 – Расчетная схема железобетонного каркаса

На рисунке 2.3 приведена схема каркаса с назначенными типами жесткости.

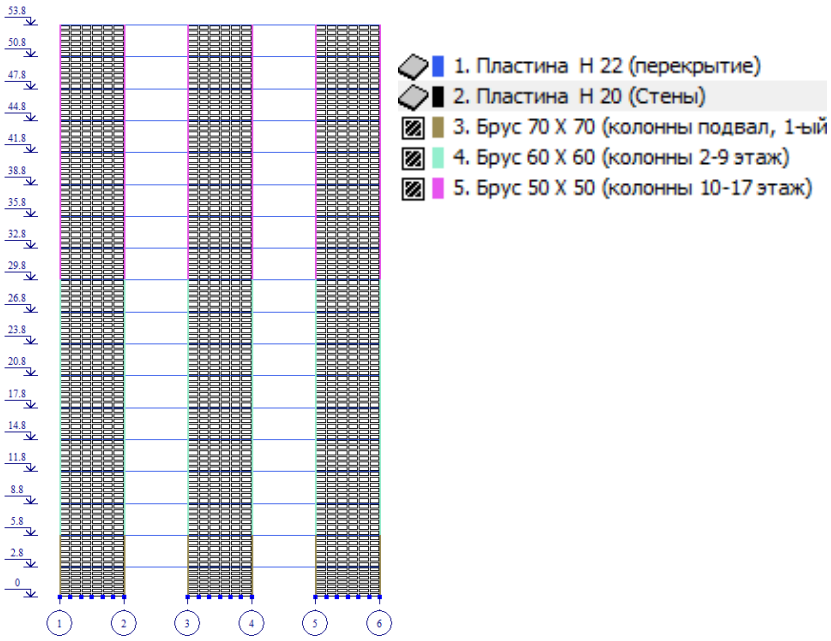
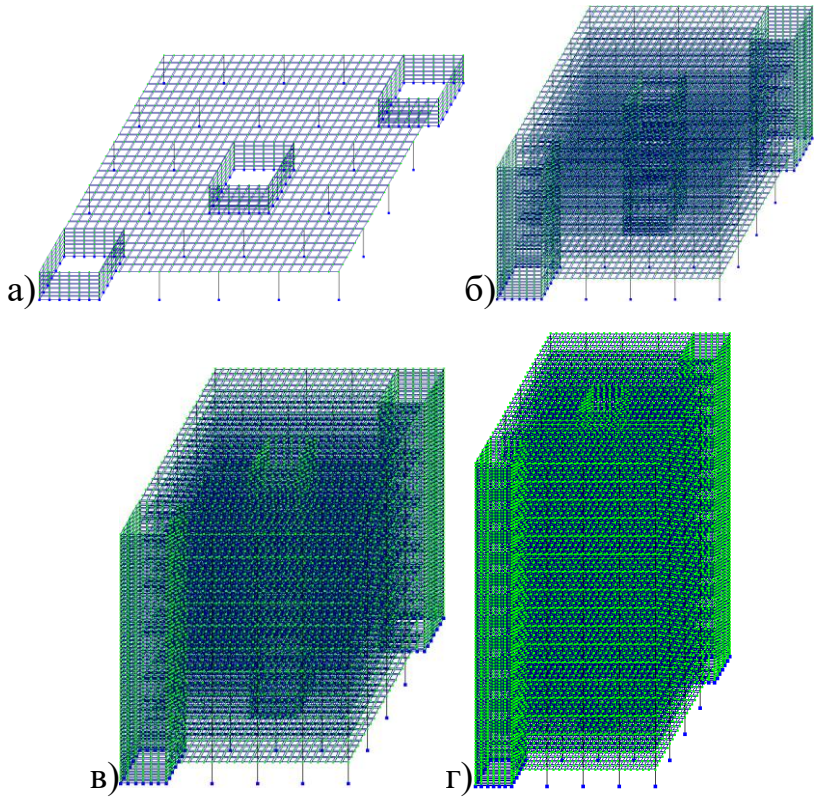


Рисунок 2.3 – Схема каркаса с назначенными типами жесткости

После приложения всех нагрузок к данной расчетной схеме выполняется расчет напряженно-деформированного состояния здания. По итогам расчета были получены значения продольных усилий в колоннах, а также усилия в плитах перекрытий и их перемещения.

Расчет каркаса с учетом генетической нелинейности в ПК ЛИРА-САПР 2016

Для учета генетической нелинейности был использован модуль «МОНТАЖ», который позволяет разбить возведение здания на отдельные стадии и указывать стадию, в которой была приложена или удалена определенная нагрузка. На рисунке 2.4 приведены промежуточные стадии возведения каркаса высотного здания. Первая стадия – возведены стен подвала. Вторая стадия – возведены стены ядер жесткости, колонн и перекрытий первого этажа. Четвёртая стадия – возведены стены ядер жесткости, колонн и перекрытий третьего этажа и осуществлена кладка наружных стен на первом этаже и т.д. Двадцатая стадия - осуществлена кладка наружных стен и перегородок, семнадцатого этажей, а также кладка парапета на кровле.



а) 1 стадия; б) 2 стадия; в) 4 стадия; г) 20 стадия.

Рисунок 2.4 – Стадии возведения каркаса здания

В модуле «МОНТАЖ» нагрузка задается на каждой стадии. В данной работе была рассмотрена технология возведения здания, при которой кладка кирпичных стен велась с отставанием от возведения несущих конструкций на два этажа, т.е. кирпичные стены первого этажа возводились параллельно с выполнением монолитных работ на 3 этаже. В таблице расчетных сочетаний усилий все нагрузки, прикладываемые во время возведения, учитываются как постоянные, а все стадии рассматриваются, как взаимоисключаемые. Все нагрузки традиционного расчета прикладываются в самом конце, исключая при этом нагрузки стадийного расчёта.

По итогам расчета были получены значения продольных усилий в колоннах, а также усилия в плитах перекрытий и их перемещения. Также в модуле «МОНТАЖ» можно условно задать характер набора бетоном прочности [3,4] в табличном виде, как показано на рисунке 2.5.

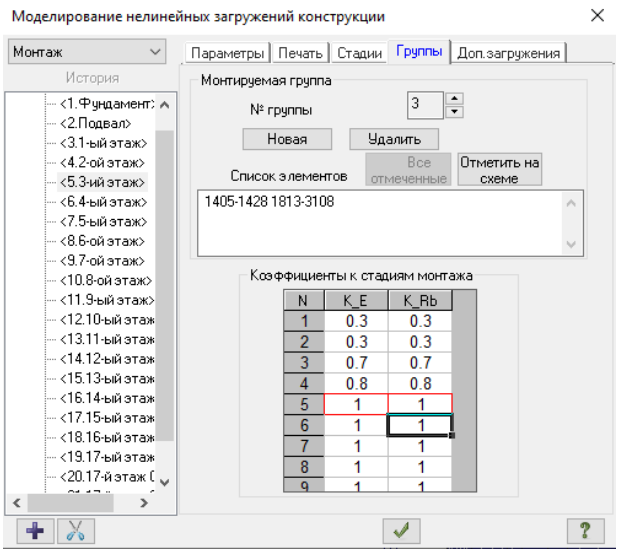


Рисунок 2.5 – таблица задания прочности бетона

В данной таблице указываются элементы, которые возводятся в данную стадию, а также набор прочности бетона в долях от единицы. Так можно увидеть, что возведение элементов 1-го этажа (2-я стадия) включает в себя элементы 1405-1428, 1813-3108, прочность которых меняется от 0,3 (30%) в момент возведения первого этажа до 1,0 (100%) после возведения конструкций 4-го этажа (5-я стадия).

Результаты расчета и сравнительный анализ

После проведения расчетов напряженно-деформированного состояния здания были получены разные результаты в соответствующих элементах, это обуславливается особенностью работы системы элементов, которая подразумевает наследование НДС от стадии к стадии.

В таблице 2.1 приведены результаты расчетов по колоннам 1, 10 и 17 этажей при отсутствии учета генетической нелинейности и с учетом генетической нелинейности.

Таблица 2.1 – Продольные усилия в колоннах 1, 10, 17 этажей

Номер колонны	Усилие в колонне N, кН				Разница, %	
	Без учета генетической нелинейности		С учетом генетической нелинейности			
	min	max	min	max	min	max
1	2	3	4	5	6	7
1-ый этаж						
в осях 2/Д	-4680	-4643	-5587	-5553	+19.38	+19.6
в осях 3/Е	-3510	-3470	-2790	-2750	-20.51	-20.75
в осях 4/А	-3470	-3430	-2790	-2750	-19.60	-19.83
в осях 6/Б	-3590	-3560	-2970	-2930	-17.27	-17.70
10-ый этаж						
в осях 2/Д	-2085	-2066	-2466	-2448	+18.27	+18.49
в осях 3/Е	-1620	-1600	-1280	-1260	-20.99	-21.25
в осях 4/А	-1600	-1580	-1280	-1260	-20.00	-20.25
в осях 6/Б	-1640	-1620	-1360	-1340	-17.07	-17.28
17-ый этаж						
в осях 2/Д	-263.8	-245	-319,7	-300,9	+21.19	+22.82
в осях 3/Д	-240	-221	-284	-265	+18.33	+19.91
в осях 4/Б	-240	-221	-284	-265	+18.33	+19.91
в осях 6/Б	-166	-145	-162	-143	-2.41	-1.38

Итак, сравнительный анализ, полученных в ходе работы, расчётов показывает, что при проектировании зданий с учётом генетической нелинейности, можно увидеть результат отличный от того, который мы видим при традиционном методе расчёта НДС, не учитывающем поэтапность возведения. В некоторых элементах эта разница несущественна, но в других может сильно повлиять на итог проектирования. Для объектов высотного строительства расчёт с учётом стадийного строительства необходим и требует дальнейшего исследования. Это позволит проектировщикам и инженерам в строительстве более точно оценить работу здания, выполнить расчёты НДС, а также рационально использовать ресурсы бетона, арматуры.

Список используемой литературы

1. Уткина В.Н. Моделирование процесса возведения высотного каркасно-монолитного здания / Уткина В.Н., Е.С. Безрукова // Эксперт: теория и практика. – 2020. – №4 (7). – С. 82-87. DOI 10.24411/2686-7818-2020-10040
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [Текст]. – введ. 04.06.2017. – Москва : Минстрой России, 2016. – 80 с.
3. Тошин Д.С., Ровенская Е.А. Влияние условий длительного твердения на прочность тяжелого бетона // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2020. № 2 (45). С. 71-75.
4. Ерышев В.А., Анпилов С.М., Мурашкин В.Г., Тошин Д.С. Комплексная оценка прочностных свойств бетона монолитного безбалочного каркаса // Эксперт: теория и практика. – 2020. № 5 (8). С. 24-29.

References

1. Utkina V.N. Modeling of the process of construction of a high-rise frame-monolithic building / Utkina V.N., E.S. Bezrukova // Expert: theory and practice. – 2020. – №4 (7). – Pp. 82-87. DOI 10.24411/2686-7818-2020-10040
2. SP 20.13330.2016. Loads and impacts. Updated version of SNiP 2.01.07-85* [Text]. – introduction. 04.06.2017. – Moscow : Ministry of Construction of Russia, 2016. – 80 p.

3. Toshin D.S., Rovenskaya E.A. Influence of long-term hardening conditions on the strength of heavy concrete // Academic Bulletin of UralNIIproekt RAASN. – 2020. № 2 (45). Pp. 71-75.
4. Yeryshev V.A., Anpilov S.M., Murashkin V.G., Toshin D.S. Comprehensive assessment of the strength properties of concrete of a monolithic girderless frame // Expert: theory and practice. – 2020. No. 5 (8). pp. 24-29.

© Пантелеев И.А., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022.

Для цитирования: Пантелеев И.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022.