
Расчет здания общежития технопарка Ростовского государственного строительного университета (РГСУ) с применением различных моделей основания

Г.М. Кравченко, Е.В. Труфанова, Д.И. Назаренко, Э.Р. Шарипов

Ростовский государственный строительный университет

Аннотация: в статье рассматривается влияние различных моделей основания грунта при расчете каркаса здания общежития РГСУ на несущую способность и деформации конструкций. Составлена конечно-элементная (КЭ) модель объекта и выполнен расчет в программном комплексе. По результатам расчета произведен анализ напряженно-деформированного состояния здания и основания.

Ключевые слова: ядро жесткости, диафрагма жесткости, ростверк, тип конечного элемента, напряженно-деформированное состояние, модель основания, податливость опор, коэффициент постели, степень свободы.

Рассматриваемый объект представляет собой высотное здание, состоящее двух секций (14 и 16 этажей соответственно) со встроенно-пристроенными помещениями социально-культурного и коммунально-бытового назначения общего пользования. Конструктивная схема – монолитный железобетонный каркас с самонесущими наружными стенами из газобетонных блоков, облицованных кирпичом. Общая жесткость и устойчивость каркаса обеспечивается совместной работой лифтового ядра жесткости, диафрагм жесткости, лестничных клеток, колонн, плит и балок перекрытий, плитного ростверка с висячими сваями, объединенных в пространственную систему [1].

Несущие конструкции приняты бетона класса В25, рабочая продольная арматура класса А400 [2].

Расчетная пространственная модель каркаса здания выполнена в программном комплексе ЛИРА-САПР (рис.1) [3].

В расчетной схеме учтены следующие виды нагрузок [4]: постоянные нагрузки (вес несущих и ненесущих конструкций), полезные нагрузки, кратковременные нагрузки (снеговая нагрузка; ветровые нагрузки) (СП 20.13330.2011).

Несущие конструкции здания моделировались с использованием следующих типов КЭ: диафрагмы и ядро жесткости при помощи универсальных пространственных КЭ оболочки (КЭ 41); сваи, колонны, балки перекрытия - универсальные пространственные КЭ (КЭ 10); плиты перекрытия, покрытия и ростверк при помощи прямоугольных конечных элементов плиты (КЭ11) [5].

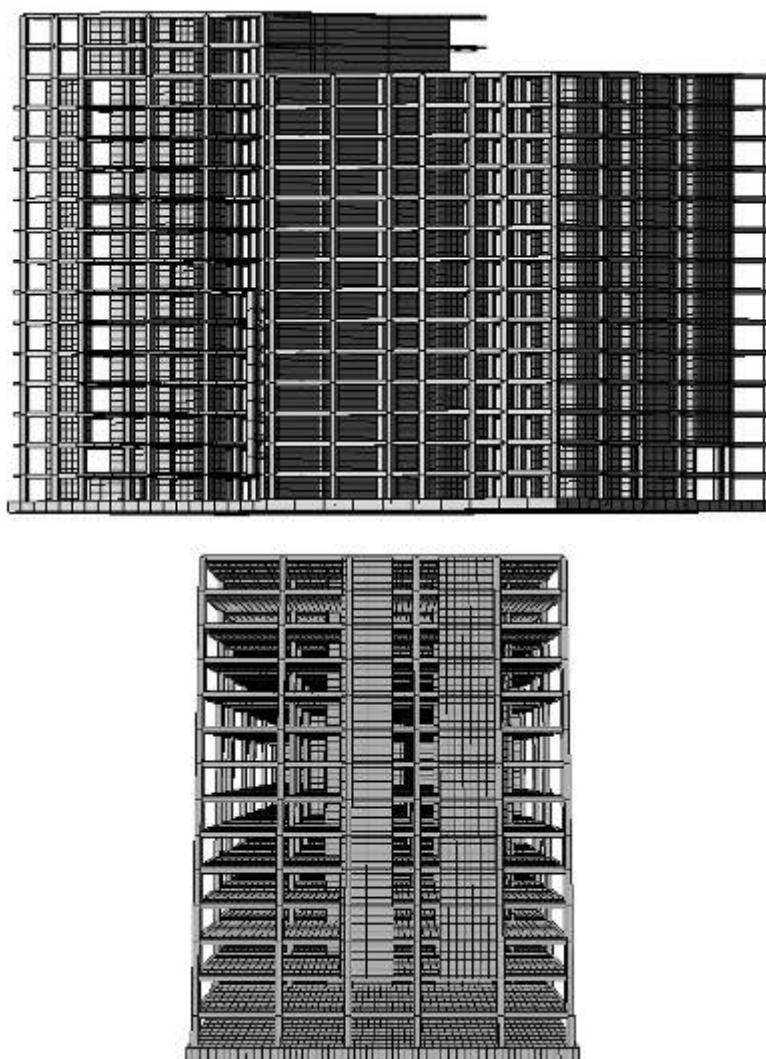


Рис.1. Пространственная модель каркаса здания

Для исследования влияния различных моделей основания на напряженно-деформированное состояние здания рассмотрены модели Пастернака, Винклера и модель, учитывающая податливость опор (КЭ 56).

КЭ 56 применяется для введения упругих связей вдоль или вокруг глобальных осей координат узла, при помощи данного одноузлового КЭ можно смоделировать полное его защемление. Этот элемент объединяет в себе шесть КЭ типа 51, которые позволяют смоделировать работу упругого основания.

Классической расчетной механической моделью основания Винклера является ряд не связанных между собой упругих пружин, закрепленных на абсолютно жестком основании. Механические свойства модели Винклера характеризуются коэффициентом жесткости (постели) C_1 (т/м³) [6, 7]. При вычислении коэффициента постели в модуле «ГРУНТ» получено следующее значение: $C_1=317$ т/м³. В результате расчета получены напряжения в фундаменте M_y и M_{xy} (рис.2).

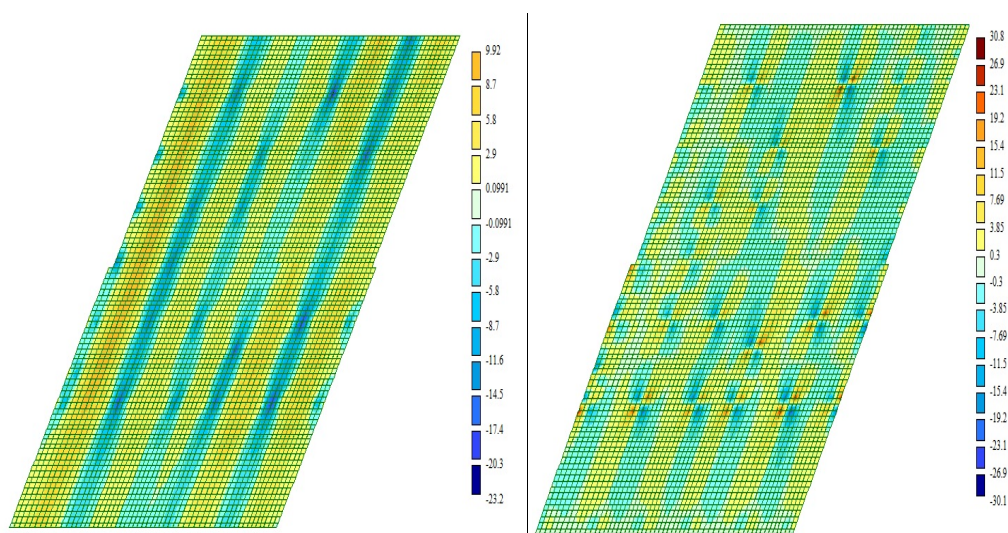


Рис.2. Изополя напряжений M_y и M_{xy} (кН*м/м) при использовании модели Винклера

Модель основания Пастернака характеризуется двумя коэффициентами постели C_1, C_2 которые описывают только вертикальные деформации оснований и фундаментов. В данной модели были получены коэффициенты жесткости: $C_1=317$ т/м³, $C_2=1423$ т/м³. Параметр C_2 (т/м³) учитывает работу грунта за пределами подошвы фундамента. Для этого применяется законтурный ряд двухузловых КЭ упругого основания (КЭ 53). В расчетной

схеме данный тип КЭ вводится по краям ростверка. КЭ 53 применяется для моделирования отпора полосы грунта, лежащей за пределами ростверка и перпендикулярной ее контуру (за счет работы грунта на сдвиг). На рис. 3 показаны изополя напряжений M_y и M_x в фундаменте [8].

Для учета податливости опоры между смежными узлами используется КЭ 56, реализованный в программном комплексе ЛИРА-САПР [1]. В рассматриваемой расчетной схеме КЭ 56 задан в узлах, соответствующим нижним концам свай. В каждом из них присутствует по шесть степеней свободы, определенных относительно осей глобальной системы координат [9]. Усилия, полученные в этом КЭ, соответствуют реакциям в узле: $R_x = 100$ т/м, $R_y = 100$ т/м, $R_z = 1981$ т/м. Получены напряжения в фундаменте при применении модели, учитывающей податливость опор. (рис.4) [10].

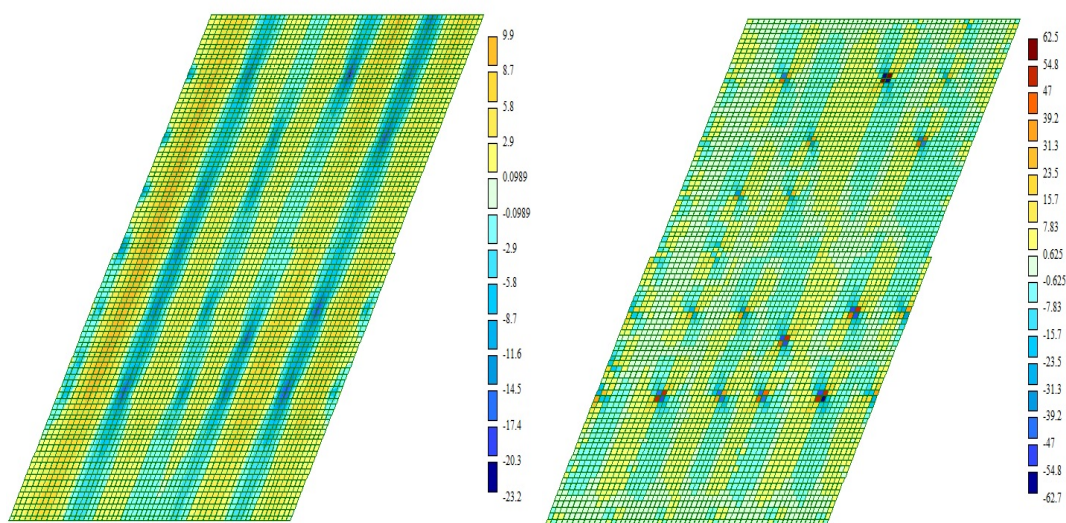


Рис.3. Изополя напряжений M_y и M_x ($\text{кН}\cdot\text{м}/\text{м}$) при применении модели Пастернака

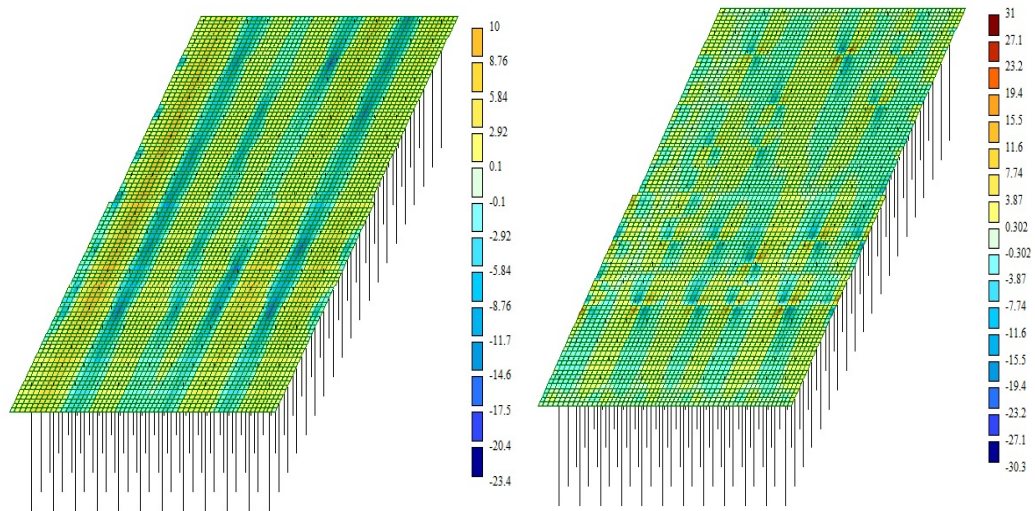


Рис.4. Изополя напряжений M_u и M_{xy} ($\text{кН}\cdot\text{м}/\text{м}$) при использовании модели, учитывающей податливость опор

Произведен анализ напряженно-деформированного состояния фундамента здания. По результатам расчета составлены график напряжений M_x и M_{xy} в произвольных точках плитного ростверка при различных моделях основания (рис. 5, рис. 6).

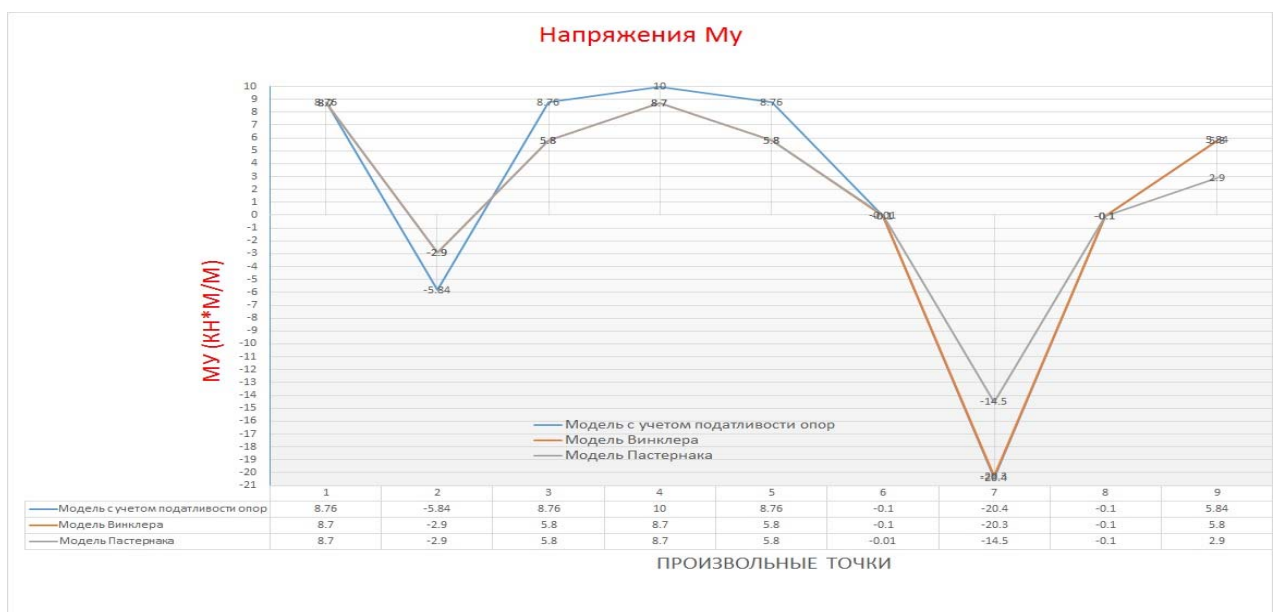


Рис. 5. График напряжений M_x

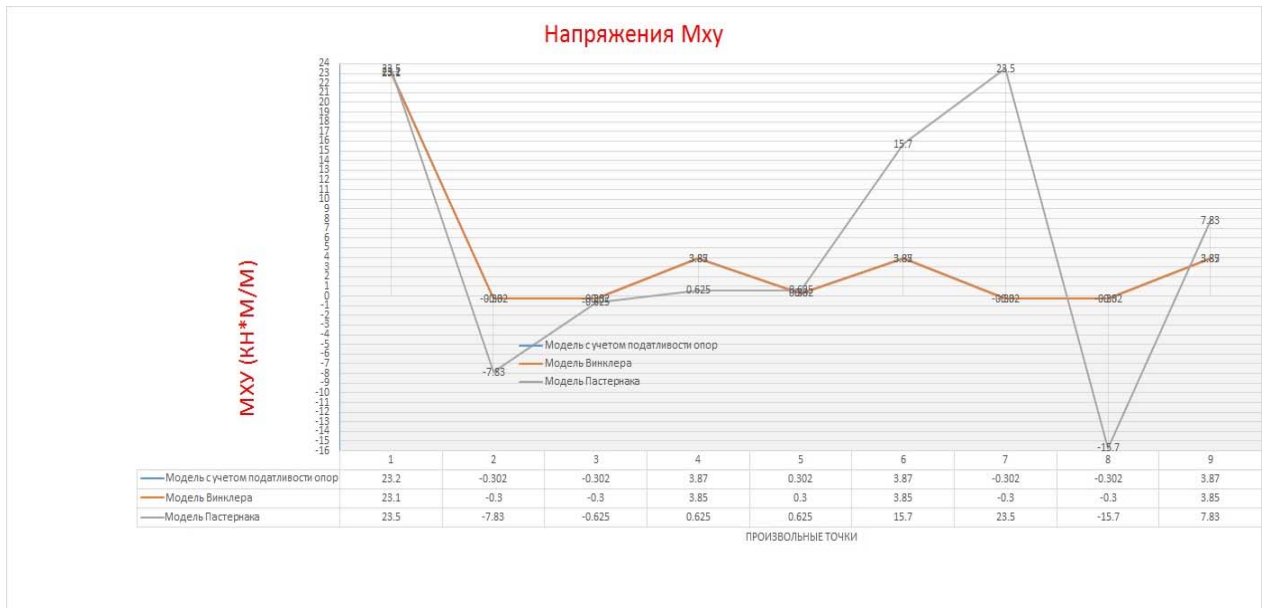


Рис. 6. График напряжений M_{xy}

В ходе анализа установлено, что применение модели, учитывающей податливость опор более практична. Данная модель позволяет наиболее точно увидеть взаимодействия конструкций здания с упругим основанием и может быть использована в реальном проектировании.

Литература

1. Г.М. Кравченко, Е.В. Труфанова, С.Г. Цуриков, В.И. Лукьянов. Расчет железобетонного каркаса здания с учетом аварийного воздействия во временной области // Инженерный вестник Дона, 2015, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886.
2. В. Г. Евстифеев. Железобетонные и каменные конструкции. В 2 ч. Ч. 1. Издательский центр «Академия», 2011. — 432 с.
3. Городецкий, М.С. Барабаш, Р.Ю. Водопьянов, В.П. Титок, А.Е.Артамонова // Программный комплекс ЛИРА-САПР 2013. Под ред. академика РААСН Городецкого А.С.: Электронное издание, КИЕВ–МОСКВА 2013. 376 с.
4. Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Издательство ИНФРА-М, 2005. 448 с.

5. Batht K.-J. Finite Element Procedures. K.-J. Batht .New Jersey: Prentice Hall, 1996. pp. 10-12.
6. Берлинов М.В. Основания и фундаменты. Изд-во «Лань», 2011. 320 с.
7. С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский и др. Механика грунтов, основания и фундаменты. Москва: изд-во АСВ, 1994. 527 с.
8. Simbirkin V. Analysis of Reinforced Concrete Load bearing Systems of Multistorey Buildings V. Simbirkin // Modern Building Materials, Structures and Techniques: CD-ROM Proceedings of the 8th International Conference, Vilnius, May 19-21, 2004. pp. 115-118.
9. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов - М., Высш. шк., - 1986. – 607 с.
10. Кадомцев М.И. Исследование деформирования частично заглубленного фундамента при гармоническом воздействии с использованием метода граничных элементов и метода конечных элементов // Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250.

References

1. G.M. Kravchenko, E.V. Trufanova, S.G. Tsurikov, V.I. Lukyanov. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886.
2. V. G. Evstifeev. Zhelezobetonnye i kamennye konstrukcii [Reinforced concrete and masonry structures]. V 2 ch. Ch. Izdatel'skij centr «Akademija», 2011. 432 p.
3. Gorodeckii, M.S. Barabaw, R.YU. Vodop'yanov, V.P. Titok, A.E. Artamonova. Programmnyi kompleks LIRA-SAPR 2013. Pod red. akademika RAASN Gorodeckogo A.S.: Elektronnoe izdanie, KIEV–MOSKVA 2013. 376 p.
4. Setkov V.I., Serbin E.P. Stroitel'nye konstrukcii [Building construction]. Izdatel'stvo INFRA-M, 2005. 448 p.



5. Batht K.-J. Finite Element Procedures. K.-J. Batht .New Jersey: Prentice Hall, 1996. pp. 10-12.
6. Berlinov M.V. Osnovaniya i fundamenty [Bases and foundations]. Izd-vo «Lan'», 2011. 320 p.
7. S.B. Uhov, V.V. Semenov, V.V. Znamenskii i dr. Mehanika gruntov, osnovaniya i fundamenty [Soil mechanics, bases and foundations]. Moskva: izd-vo ASV, 1994. 527 p.
8. Simbirkin V. Analysis of Reinforced Concrete Load bearing Systems of Multistorey Buildings V. Simbirkin. Modern Building Materials, Structures and Techniques: CD-ROM Proceedings of the 8th International Conference, Vilnius, May 19-21, 2004. pp. 115-118.
9. Darkov A.V., Wapownikov N.N. Stroitel'naya mehanika [Construction mechanics]. U4eb. dlya stroit. spec. vuzov. M., Vysw. wk., 1986. 607 p.
10. Kadomcev M.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250.