

## Исследование напряженно-деформированного состояния фундаментной плиты выставочного павильона Технопарка РГСУ с учетом различных моделей основания

*Г.М. Кравченко, Е.В. Труфанова, В.В. Вержиковский, Д.С. Заритовский*

*Ростовский государственный строительный университет*

**Аннотация:** Разработана конечно-элементная модель грунт-фундаментная плита-верхнее строение. Исследовано напряженно-деформированное состояние фундаментной плиты с учетом моделей Винклера и Пастернака. По результатам расчета получены графики осадки фундаментной плиты.

**Ключевые слова:** конечно-элементная модель, модель Винклера, модель Пастернака, коэффициент постели, осадка фундаментной плиты, напряженно-деформированное состояние.

Здание выставочного павильона Технопарка РГСУ имеет сложное архитектурно-планировочное решение и состоит из двух разноуровневых корпусов, соединенных переходными галереями [1]. Организованный таким образом атриум позволяет использовать открытую выставочную площадку, а градация этажности составляющих частей выставочного комплекса предусматривает на фасаде главного корпуса устройство мультимедийного экрана для маркетинга (рис.1).

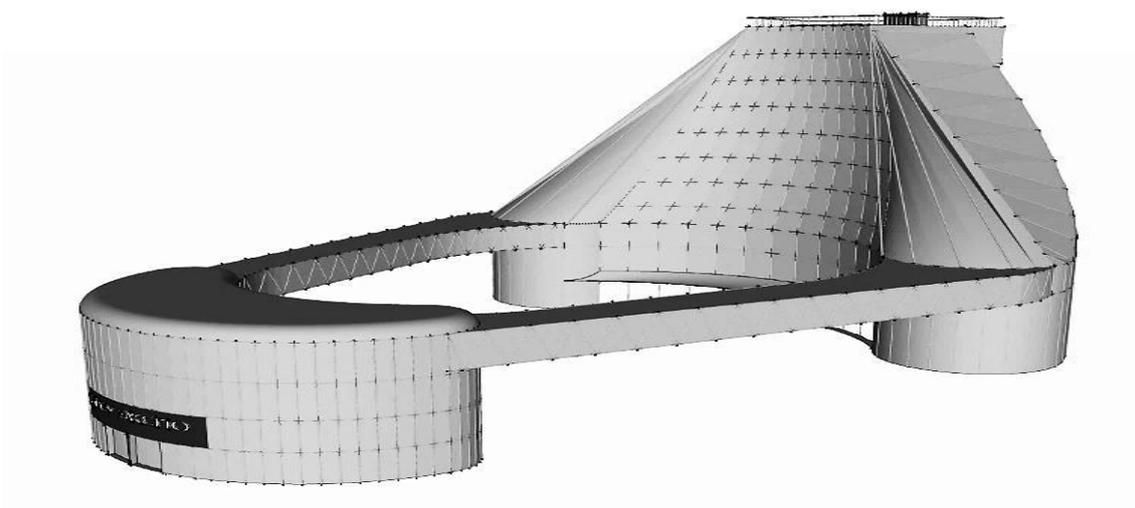


Рис.1. – 3D-модель выставочного павильона Технопарка РГСУ

Конструктивная схема здания – монолитный железобетонный каркас, класс бетона несущих конструкций В30, класс продольной рабочей арматуры А400 [2].

Жесткость и устойчивость элементов каркаса обеспечивается совместной работой лестнично-лифтового ядра, диафрагм жесткости, колонн, плит перекрытий и фундаментной плиты, объединенных в пространственную систему [3].

В расчетную схему включены следующие нагрузки: собственный вес несущих и ненесущих конструкций; полезные нагрузки на перекрытия; снеговая и ветровая нагрузки [4].

Конечно-элементная модель разработана в ПК «Лира САПР» и содержит следующие конечные элементы: стержневой универсальный пространственный КЭ-10, оболочечный универсальный четырехугольный КЭ-44, специальный законтурный элемент упругого основания КЭ-53 для модели Пастернака (рис.2).

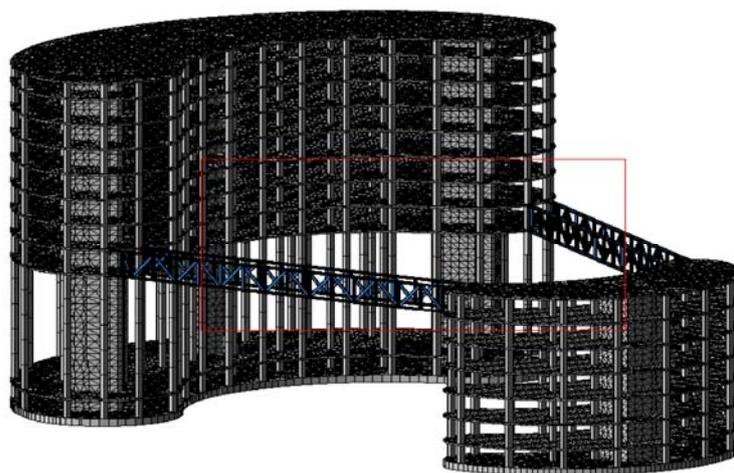


Рис. 2. – Пространственная конечно-элементная модель

Сложная структура природных грунтов и зависимость их механических свойств от многих факторов делают расчет по определению деформаций и напряжений в грунтовых основаниях достаточно трудоемкими.

Для исследования влияния различных моделей основания на напряженно-деформированное состояние здания рассмотрены модели Пастернака и Винклера [5]. На основе инженерно-геологических изысканий о строении грунта на территории проектируемого Технопарка РГСУ (район Змиевской балки г. Ростова-на-Дону) произведено вычисление коэффициентов постели  $C_1$  и  $C_2$  в модуле «Ли́ра-Грунт» (рис.3).

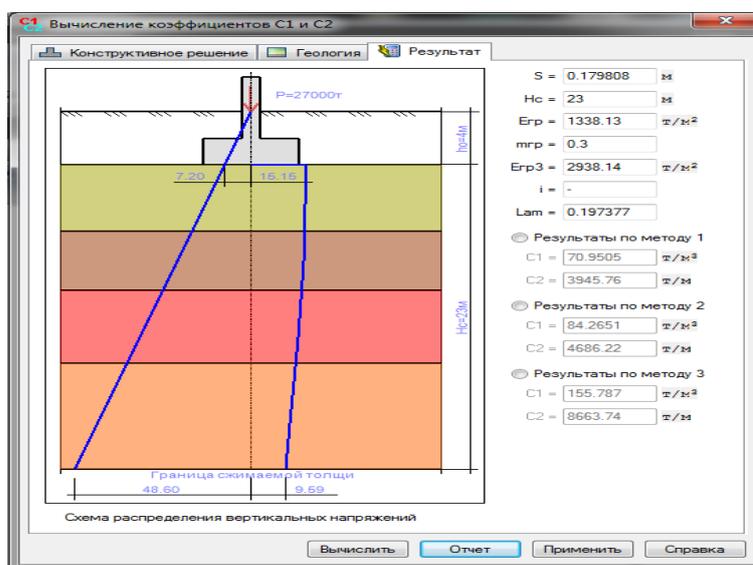


Рис.3. – Расчет коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$

Однопараметрическая модель Винклера основания выставочного павильона характеризуются коэффициентом постели  $C_1$ , равным  $84,3 \text{ т/м}^3$  [6]. В результате расчета получено максимальное напряжение под подошвой фундамента  $136 \text{ кН/м}^2$ , максимальная осадка фундаментной плиты в области центральной лифтовой шахты  $165 \text{ мм}$  [7]. Анализ результатов показал симметричное распределение осадки (рис. 4).

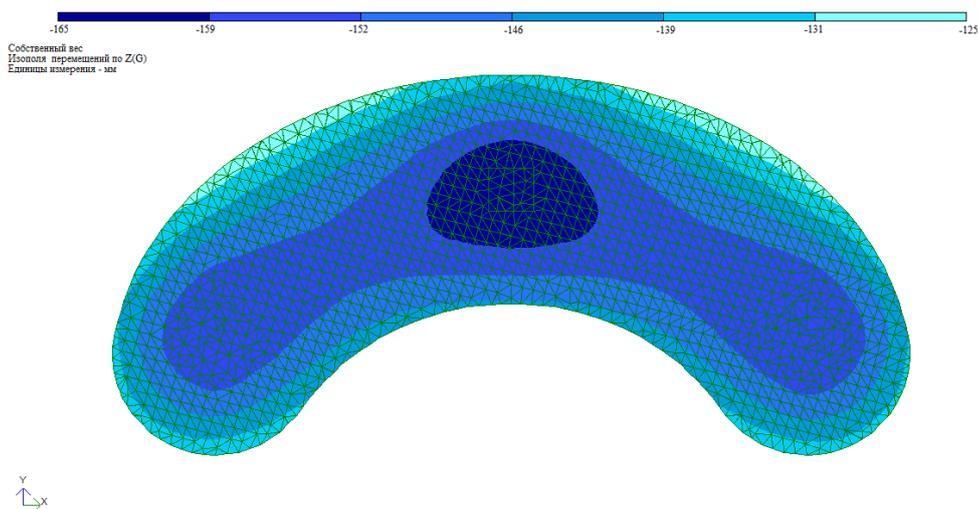


Рис. 4. – Осадка фундаментной плиты (модель Винклера)

Двухпараметрическая модель Пастернака характеризуется двумя коэффициентами постели  $C_1$  и  $C_2$ . Параметр  $C_1$  учитывает только вертикальные деформации оснований и фундаментов [8]. Параметр  $C_2$  учитывает работу грунта за пределами фундамента [9]. Учет бокового давления сжимаемой толщи моделировался законтурным 2-х узловым КЭ упругого основания типа 53 (рис.5).

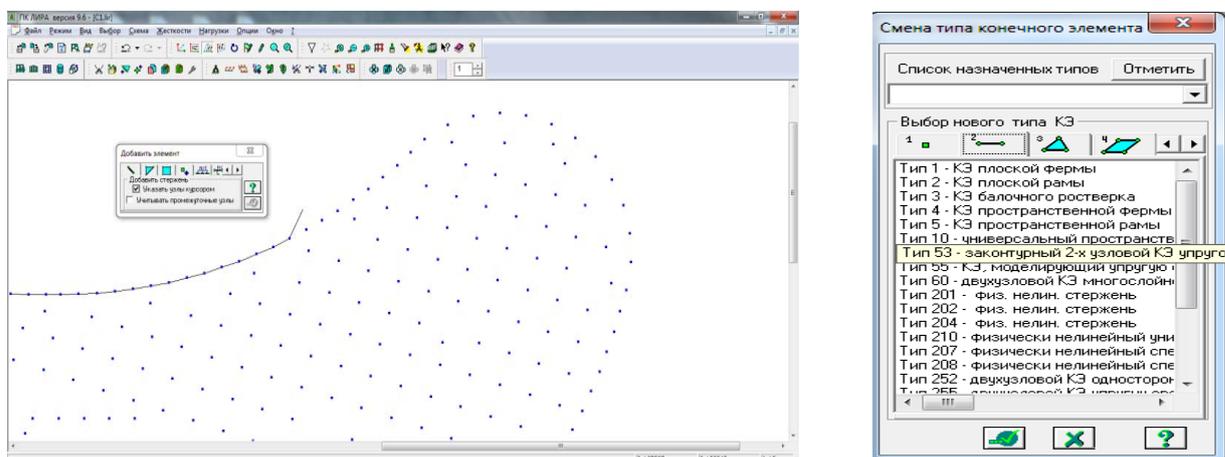


Рис.5. – Моделирование законтурных элементов

КЭ 53 применяется для моделирования отпора полосы грунта, лежащей за пределами плиты и перпендикулярной ее контуру (за счет работы грунта на сдвиг) [10]. Расчеты коэффициентов постели  $C_1$  и  $C_2$  выполнены в модуле «Ли́ра-Грунт». В расчетной схеме учтены  $C_1=84$  т/м<sup>3</sup>,  $C_2=4686$  т/м. В

результате статического расчета максимальное напряжение под подошвой фундамента  $131,4 \text{ кН/м}^2$ , максимальное вертикальное перемещение  $161 \text{ мм}$  (рис.6).

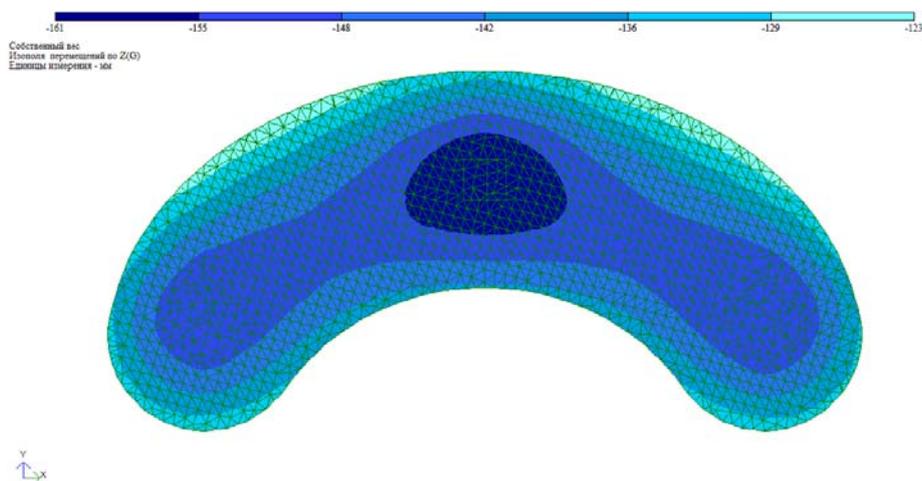


Рис. 6. – Осадка фундаментной плиты (модель Пастернака)

Анализируя результаты напряженно-деформируемого состояния фундаментной плиты по двум моделям грунтового основания делаем вывод, что совместная работа грунт - фундаментная плита - верхнее строение требуют учета давления грунта расширенной области. Сравнение результатов осадки фундаментной плиты по моделям Винклера и Пастернака приведены на рис.7.

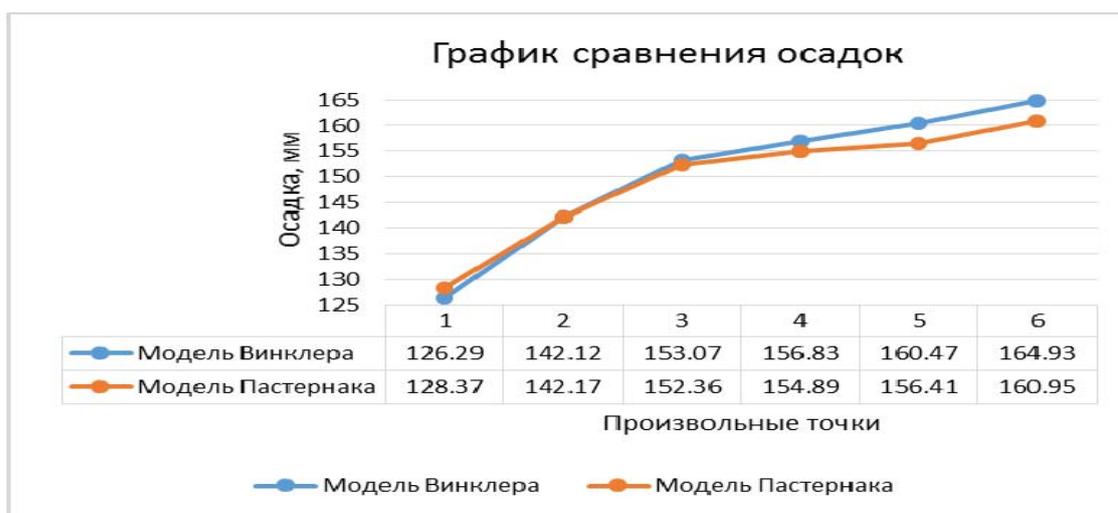


Рис.7. – Распределение осадок фундаментной плиты

На графике совпадение результатов соответствует участку 2-3 центральной-осевой линии плиты (рис.8). На участке 1-2 модель Пастернака дает большее значение осадки, на участках 3-4, 4-5, 5-6 модель Винклера дает большее значение осадки.

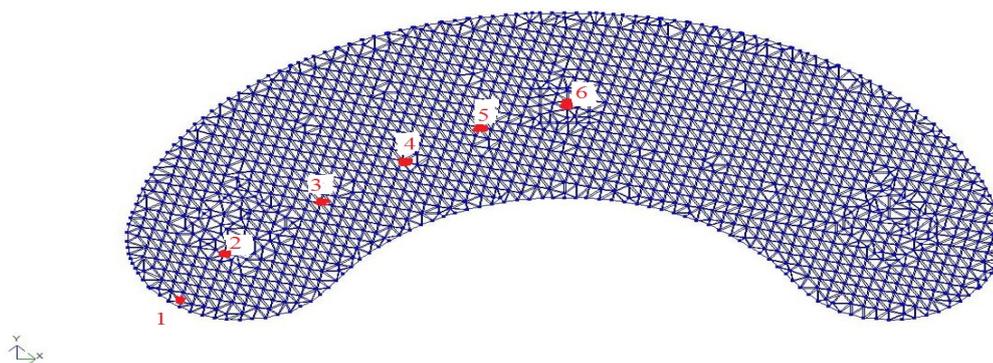


Рис.8. – Маркировка точек фундаментной плиты

Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод, что существующие методы моделирования грунтовых оснований являются достаточно точными, но требуют взаимной проверки.

### Литература

1. И.А. Шерешевский. Конструирование гражданских зданий. Самара: ООО «Прогресс» - 2004. С. 60.
2. 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](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886).
3. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: Учебник для вузов: ил. Репринтное переиздание ООО «БАСТЕТ», 2009 г. С. 397.
4. Wacker J., Friedrich R., Plate E.J., Bergdolt U. Fluctuating wind load on cladding elements and roof pavers. J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 38, 1991, pp. 405-418.

5. Batht K.-J. Finite Element Procedures. K.-J. Batht .New Jersey: Prentice Hall, 1996. pp. 10-12.
6. Далматов Б. И. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений. М. — СПб, 1999. С. 243-246.
7. 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. С. 376.
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. 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](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250).
10. Панасюк Л.Н., Кравченко Г.М., Труфанова Е.В. О точности определения напряженно-деформированного состояния и конструктивных параметров в областях с особенностями. Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 3 (16). С. 101.

### References

1. Shereshevskiy I. A. Konstruirovanie grazhdanskikh zdaniy [Construction of civil buildings]. Samara: ООО «Progress». 2004. 60 p.
  2. Kravchenko G. M., Trufanova E. V., Tsurikov S. G., Lukyanov V. I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2886).
-



3. Baykov V.N., Sigalov E.E. Zhelezobetonnye konstruktсии: Obshchiy kurs [Reinforced concrete structures: General course]: Uchebnik dlya vuzov: il. Reprintnoe pereizdanie OOO «BASTET», 2009 g. 397 p.
4. Wacker J., Friedrich R., Plate E.J., Bergdolt U. Fluctuating wind load on cladding elements and roof pavers. J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 38, 1991, pp. 405-418.
5. Batht K.-J. Finite Element Procedures. K.-J. Batht .New Jersey: Prentice Hall, 1996. pp. 10-12.
6. Dalmatov B. I. Proektirovanie fundamentov zdaniy i podzemnykh sooruzheniy [Design of foundations of buildings and underground structures]. M. SP–b, 1999. pp. 243-246.
7. 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.
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. Kadomcev M.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250).
10. Panasyuk L.N., Kravchenko G.M., Trufanova E.V. Internet-jurnal Naukovedenie. 2013. № 3 (16). 101 p.