

Оценка влияния неоднородности коэффициента постели грунтового основания на НДС конструктивных элементов здания (при расчете на конечную осадку)

В.С. Бабалич, Ю.С. Вильгельм, В.Н. Власов, К.А. Сухин,

Д.Г. Кузнецов, К.Н. Сухина

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В данной статье рассматривается сравнительный анализ результатов расчетов здания, возведенного на неравномерно деформируемом основании. Авторами, с учетом особенностей инженерно-геологических условий территории города Волгограда, была произведена верификационная оценка влияния неоднородности коэффициента постели грунтового основания на НДС конструктивных элементов здания при расчете на конечную осадку.

Ключевые слова: насыпные грунты, фундаменты, основания, коэффициент постели, обратная засыпка, податливость, диафрагма жесткости, напряженно-деформированное состояние.

Обеспечение надежности является важнейшим требованием, предъявляемым к конструкциям зданий и сооружений. На сегодняшний день актуальными вопросами в расчетах строительных конструкций является влияние категории сложности грунтовых условий на оценку напряженно-деформированного состояния конструкций и оснований, принятие рациональных и надежных конструкторских решений с разработкой инженерных мероприятий, повышающих эксплуатационные качества зданий и сооружений, возводимых на площадках со сложными грунтовыми условиями.

Насыпные грунты в Волгограде являются самым распространенным типом грунтов, особенно в пределах засыпанных оврагов, представлены они песчано-глинистыми разностями, часто с включением кирпичной щебенки, бутового камня, шлака. На участках крупных засыпанных оврагов мощность грунтов достигает до 13,9 – 21,5 м. Давность засыпки и замыва оврагов превышает 48 лет. На участках крупных засыпанных оврагов Архитектурного,

Долгого, Крутого и многих других, а также в долине реки Царицы мощность грунтов увеличивается до 13,9 м – 21,5 м [1,2].



Рис. 1. Овраги Волгограда

Таким образом, задача возведения зданий и сооружений на насыпных грунтах является весьма актуальной, а вопросы влияния данных сложных грунтовых условий на конструкции возведенных на них сооружений становятся все сложнее.

Для проведения сравнительного анализа усилий конструктивных элементов здания сложной конфигурации в плане при неравномерном распределении коэффициентов постели грунтов основания, авторами были рассмотрены два варианта расчета 6-ти этажного общественного здания, возведенного на засыпанном овраге. В первом случае засыпка производилась песчаным грунтом, во втором – глинистым [3-6].

Расчет внутренних усилий в системе «основание-фундамент-сооружение» допускается выполнять с использованием программ расчета сооружения на основании, характеризуемом переменным в плане коэффициентом жесткости (коэффициентом постели). При этом переменный

в плане коэффициент постели должен назначаться с учетом неоднородности в плане и по глубине и распределительной способности основания [7,8].

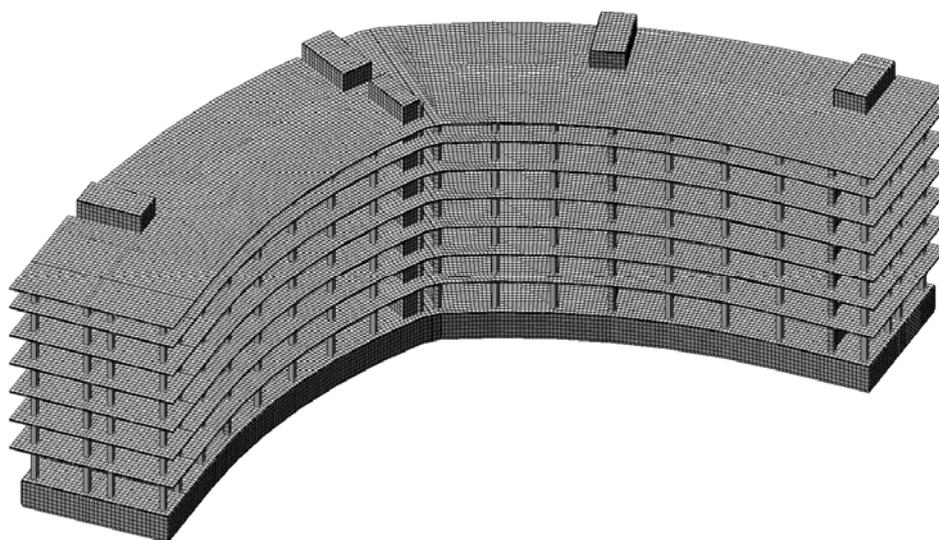


Рис. 2. Общий вид конечно-элементной модели

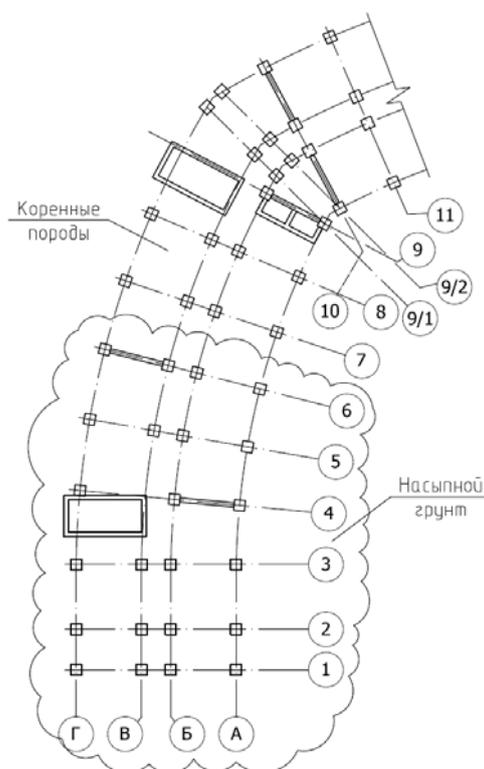


Рис. 3. Область грунтовой засыпки

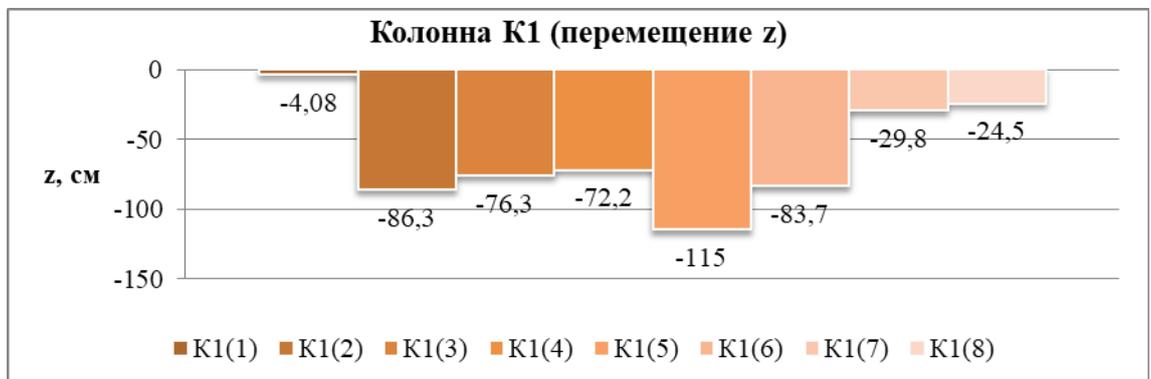
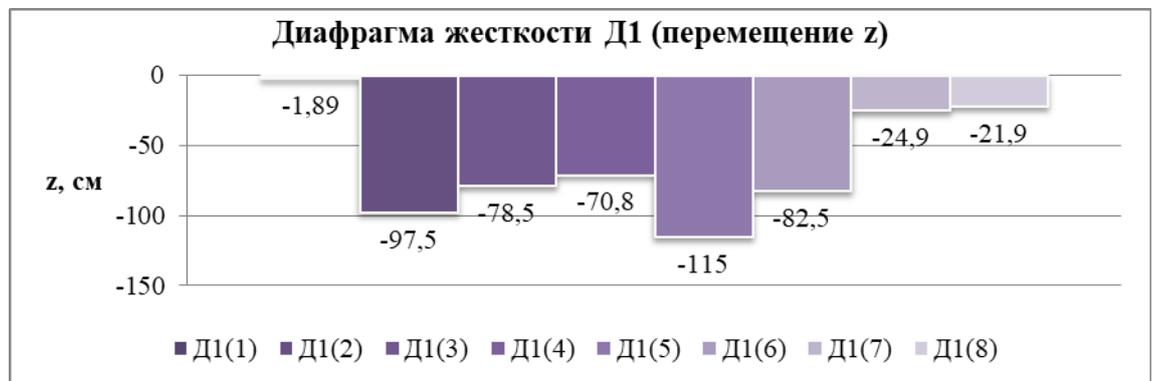
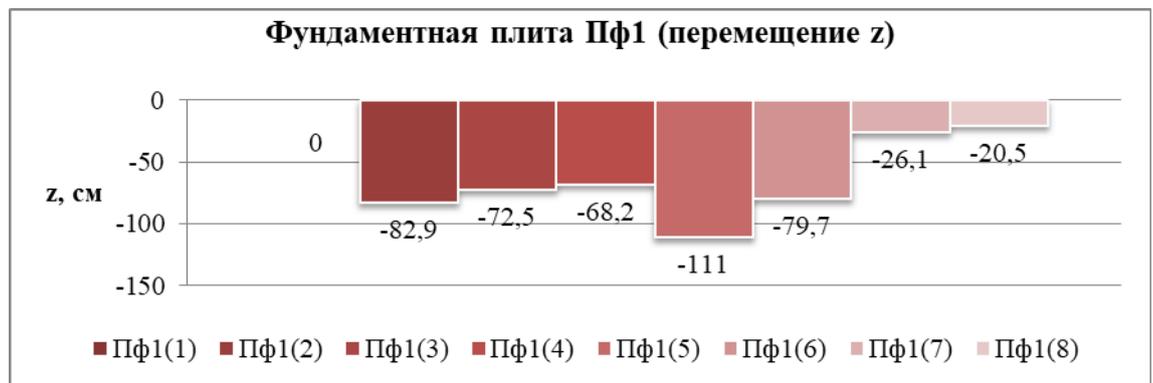
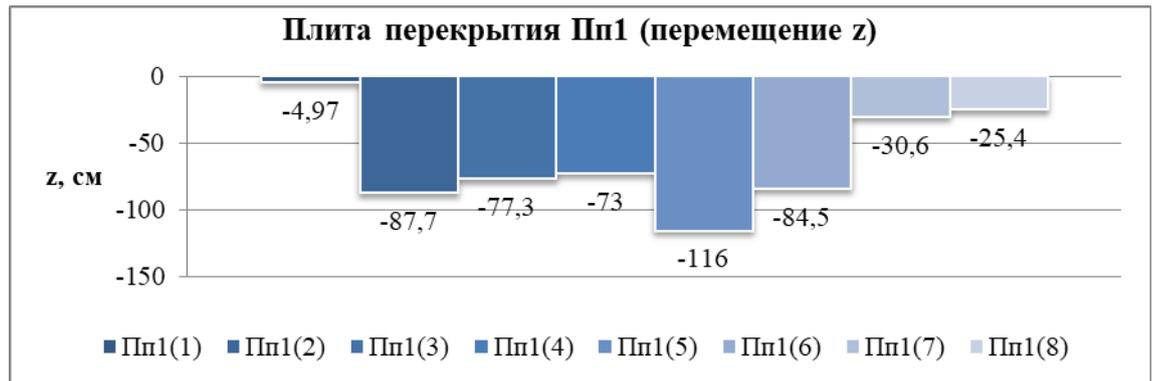
Фундамент конструктивно реализован в виде плиты толщиной 60 см. Две трети проектируемого здания расположены на коренных породах, а одна треть возводится на засыпанном овраге, мощность грунтов засыпки достигает 8 метров [9-12].

С целью сравнения, статические расчеты выполнены с использованием восьми моделей основания:

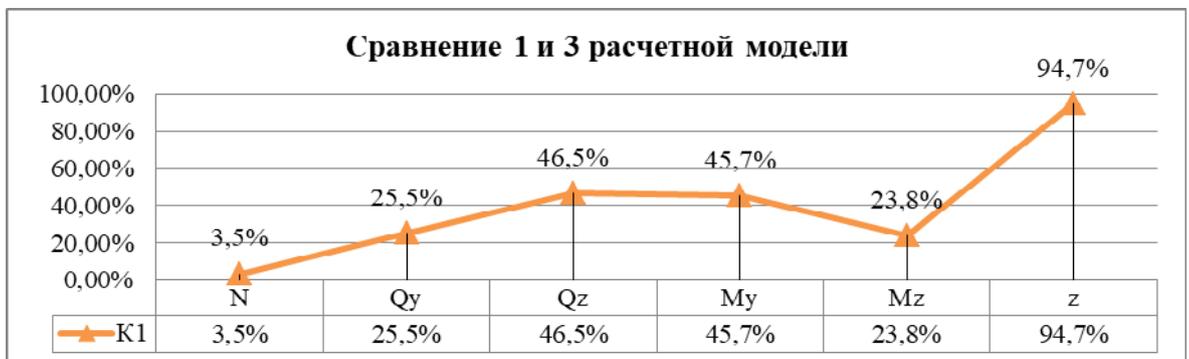
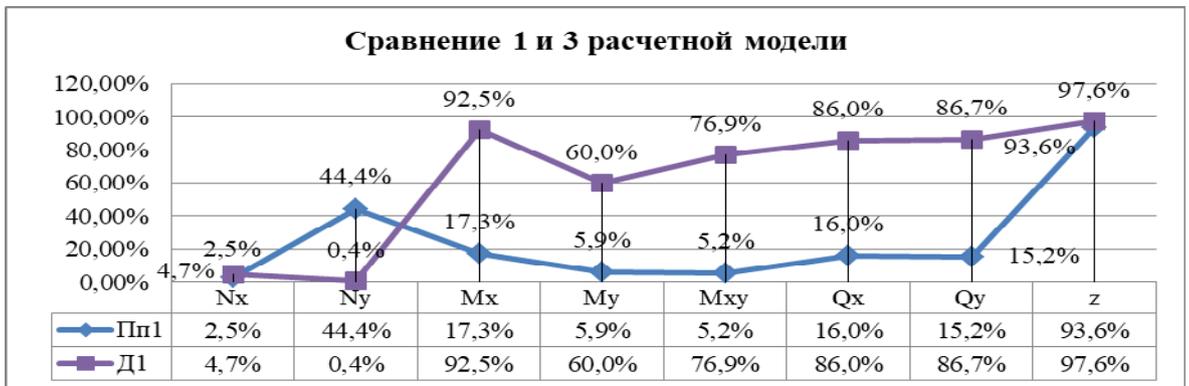
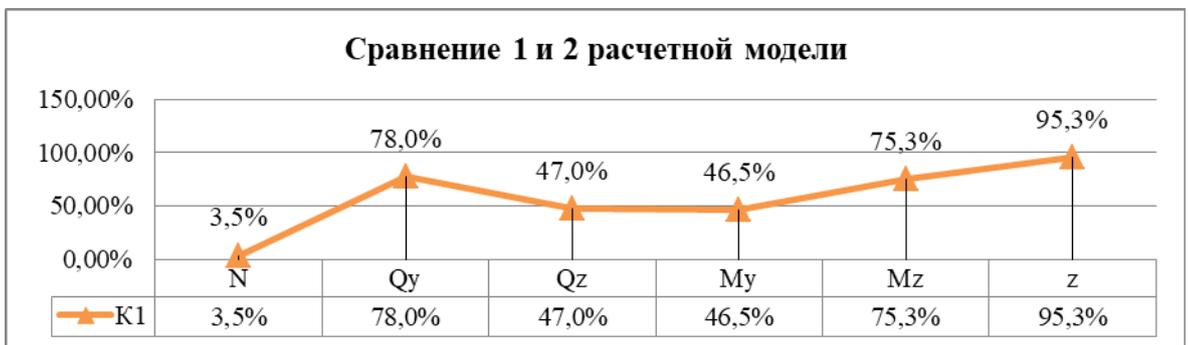
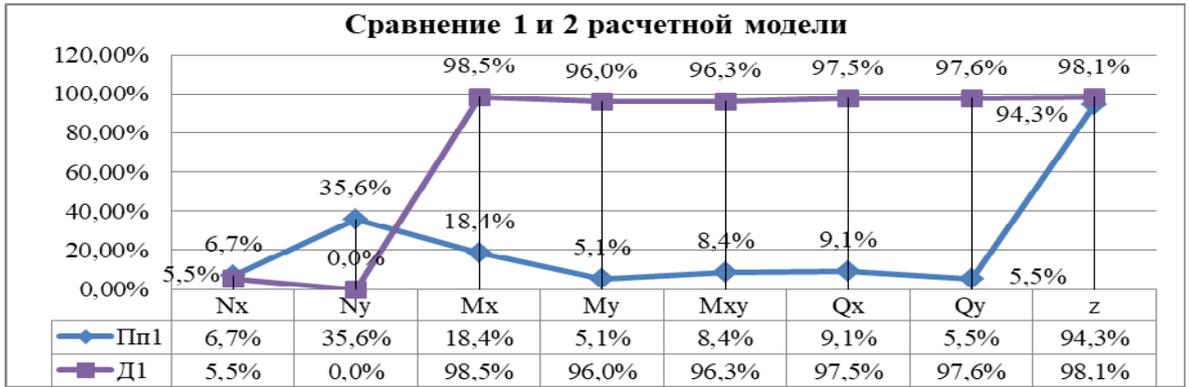
№	Грунтовое основание	Расчетные параметры			
		Коэффициенты постели, т/м ³ (т/м)		Осадка s, см	Глубина сжимаемой толщи Н, м
		C1	C2		
1	На недеформируемом основании	-	-	-	-
2	На упругом основании с постоянным коэффициентом постели под разными частями подошвы фундамента: -на коренных породах и насыпном грунте – песок	C1 _{кор} = 246; C1 _{пес} = 150	C2 _{кор} = 3286; C2 _{пес} = 2363	S _{кор} = 6,38; S _{пес} = 9,79	H _{кор} = 11,1; H _{пес} = 11,25
3	-на коренных породах и насыпном грунте – глина	C1 _{кор} = 246; C1 _{гл} = 210	C2 _{кор} = 3286; C2 _{гл} = 3125	S _{кор} = 6,38; S _{гл} = 7,21	H _{кор} = 11,1; H _{гл} = 11,25
4	На упругом основании с постоянным коэффициентом постели по всей площади подошвы фундамента: -на коренных породах	C1 _{кор} = 246;	C2 _{кор} = 3286;	S _{кор} = 6,38;	H _{кор} = 11,1;
5	-на насыпном грунте - песок	C1 _{пес} = 150	C2 _{пес} = 2363	S _{пес} = 9,79	H _{пес} = 11,25
6	-на насыпном грунте – глина	C1 _{гл} = 210	C2 _{гл} = 3125	S _{гл} = 7,21	H _{гл} = 11,25
7	На упругом основании с применением модуля «Грунт» в программном комплексе Лира-САПР: -на коренных породах и насыпном грунте - песок	C1 _{ср1} = 480 -969	C2 _{ср1} = 1890 - 2780	S _{ср1} = 9,78	H _{ср1} = 11,02
8	-на коренных породах и насыпном грунте – глина	C1 _{ср2} = 724 -969	C2 _{ср2} = 2570 - 2820	S _{ср2} = 7,1	H _{ср2} = 11,2

Для оценки напряженного состояния были выделены колонна К1 в осях А-7, плита перекрытия Пп1 на отм. +17.400, фундаментная плита Пф1 и диафрагма жесткости Д1 по оси 6.

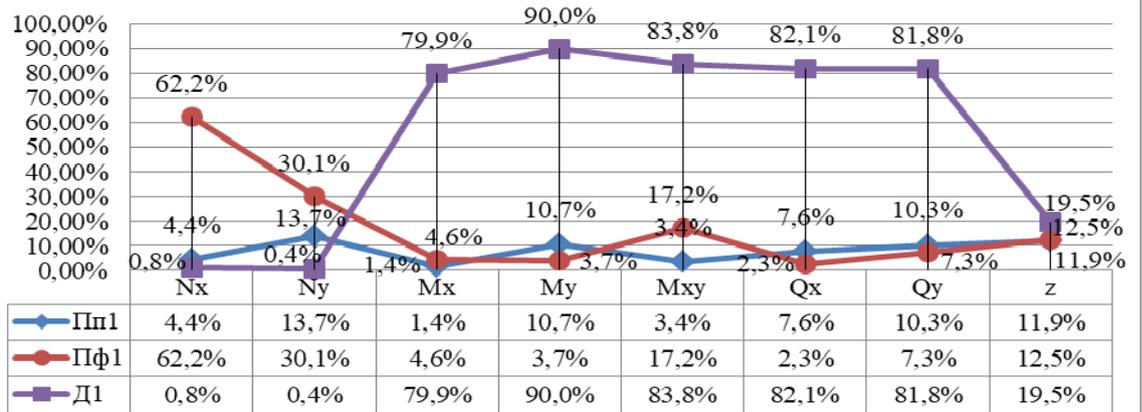
Приведены диаграммы изменения перемещений по восьми вариантам расчетных схем для различных конструктивных элементов.



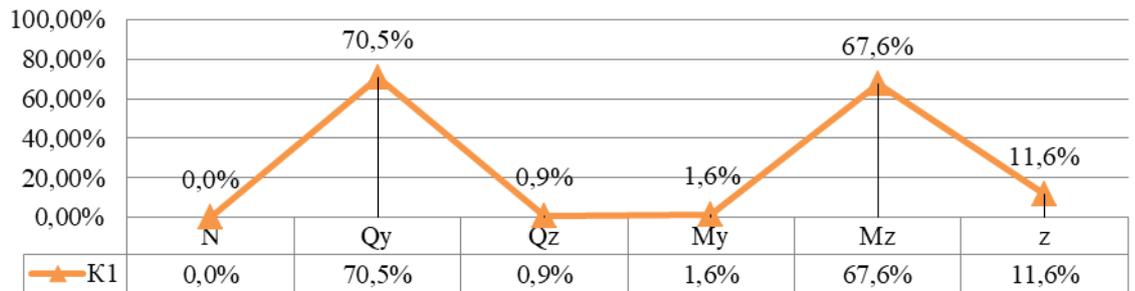
Построим диаграммы процентных соотношений усилий в конструктивных элементах по расчетным моделям.



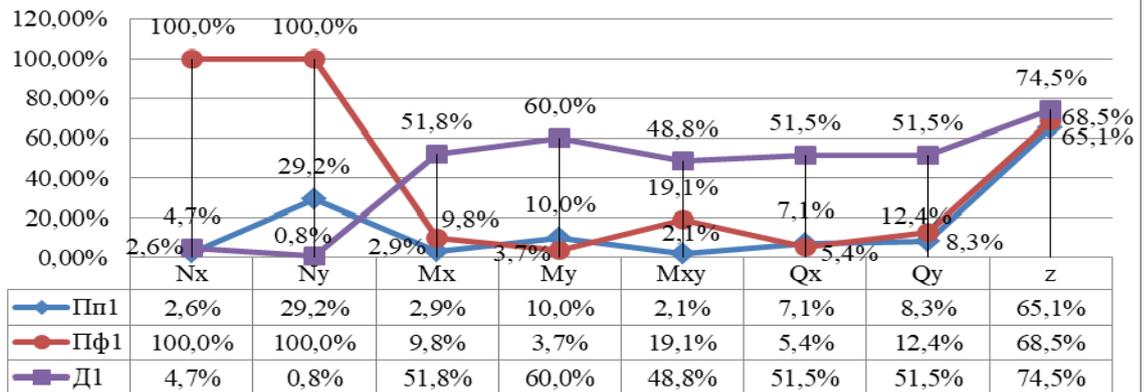
Сравнение 2 и 3 расчетной модели



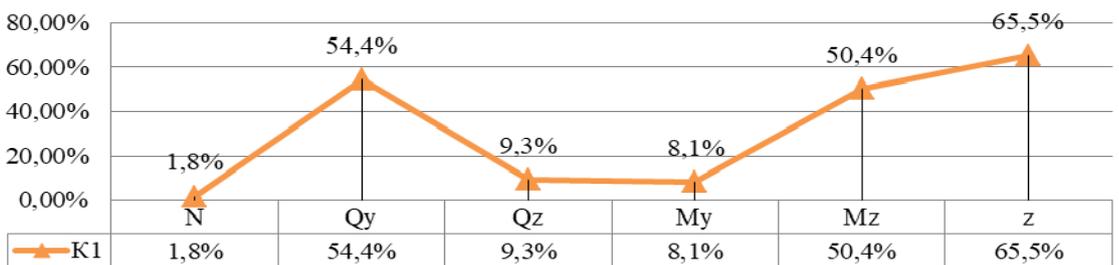
Сравнение 2 и 3 расчетной модели



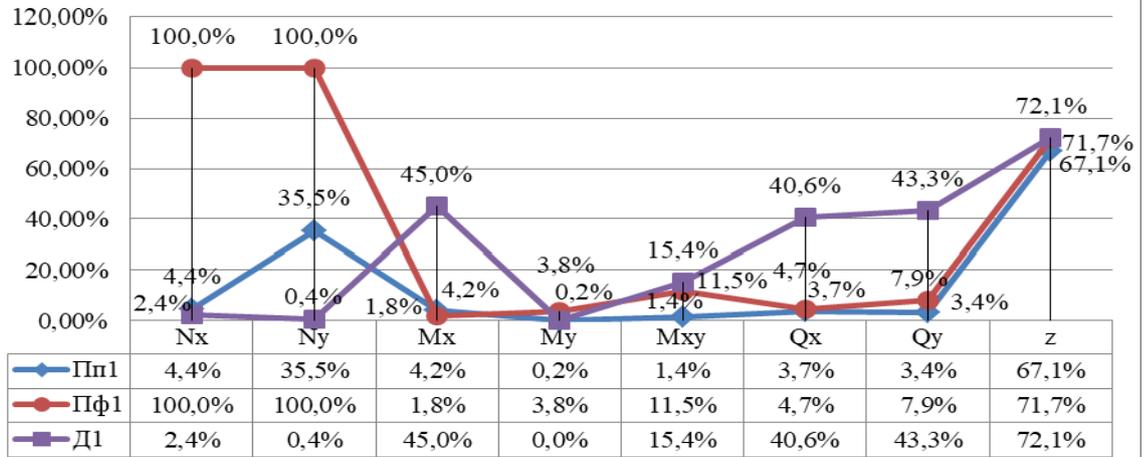
Сравнение 2 и 7 расчетной модели



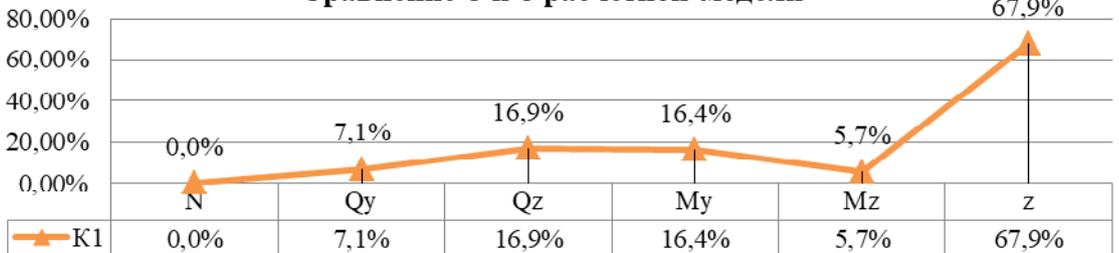
Сравнение 2 и 7 расчетной модели



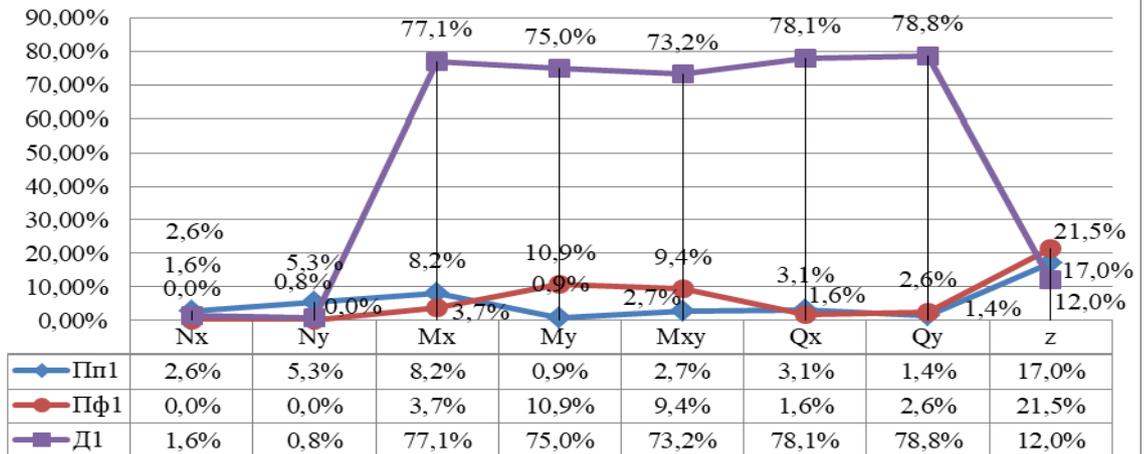
Сравнение 3 и 8 расчетной модели



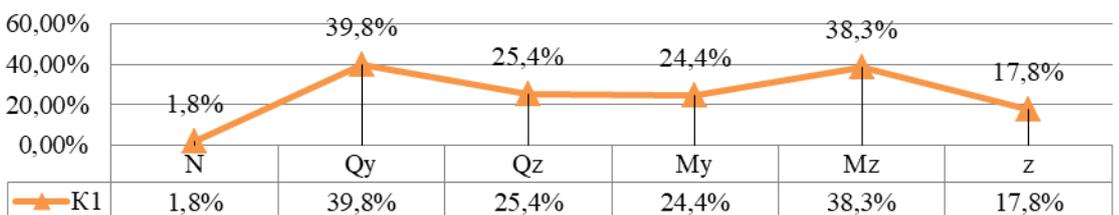
Сравнение 3 и 8 расчетной модели



Сравнение 7 и 8 расчетной модели



Сравнение 7 и 8 расчетной модели



По результатам расчетов по восьми вариантам расчетных схем можно сделать следующие выводы:

1) Плита перекрытия Пп1:

а) картины распределений напряжений и перемещений в плите Пп1 для расчетных моделей № 1, 4–6 схожи между собой, изополя напряжений и перемещений распределены равномерно и определены жесткостными и конструктивными параметрами здания, а также равномерным распределением грунтов под сооружением. Величины напряжений по N, Q, M разнятся в пределах 20%, разница перемещений между схемой с жестким закреплением (№1) и схемами с податливым основанием (№4,5,6) составляет более 90%, между схемами № 4 и 5 – 37%, № 4 и 6 – 14%;

б) картины распределений напряжений и перемещений в плите Пп1 для расчетных моделей № 2, 3, 7, 8 также схожи между собой, изополя перемещений распределены неравномерно, имеет место плавное увеличение перемещений в сторону роста оврага. Величины изополей напряжений по M имеют скачкообразные значения в местах границы двух грунтовых оснований. Расхождение величин напряжений по N, Q, M и перемещений по z для схем с различными грунтовыми условиями (№2 и 3) составляет от 1,4 до 13,7%, для схем, в которых грунтовые условия задавались в модуле «ГРУНТ» (№7 и 8) расхождение составляет от 0,9 до 17%, для схем № 2 и 7 – от 2,1 до 65,1%, № 3 и 8 – от 0,2 до 67,1%.

2) Фундаментная плита Пф1:

а) картины распределений напряжений и перемещений в фундаментной плите Пф1 для расчетных моделей № 4–6 схожи между собой, изополя напряжений и перемещений распределены равномерно и определены жесткостными и конструктивными параметрами здания, а также равномерным распределением грунтов под сооружением. Величины напряжений по N, Q, M

разнятся в пределах 30%, разница перемещений между схемами с податливым основанием № 4 и 5 – 38%, № 4 и 6 – 14%;

б) картины распределений напряжений и перемещений в фундаментной плите Пф1 для расчетных моделей № 2, 3, 7, 8 также схожи между собой, изополя перемещений распределены неравномерно, имеет место плавное увеличение перемещений в сторону роста оврага. Величины изополей напряжений по Q, M имеют скачкообразные значения в местах границы двух грунтовых оснований. Расхождение величин напряжений по N, Q, M и перемещений по z для схем с различными грунтовыми условиями (№2 и 3) составляет от 2,3 до 62,2%, для схем, в которых грунтовые условия задавались в модуле «ГРУНТ» (№7 и 8) расхождение составляет от 1,6 до 21,5%, для схем № 2 и 7 – от 3,7 до 68,5%, № 3 и 8 – от 1,8 до 71,7%.

3) Диафрагма жесткости Д1:

картины распределений напряжений по N и перемещений, кроме схем № 1 и 7, в диафрагме жесткости Д1 схожи между собой, характер распределения изополей напряжений по M и Q можно условно разделить на две группы: схемы №1,4,5,6 и №2,3,7,8, что обусловлено варианностью грунтовых условий и поперечным расположением диафрагмы в компоновке сооружения. Расхождение величин перемещений между схемой с жестким закреплением (№1) и схемами с податливым основанием (№4,5,6) составляет более 90%, между схемами № 4 и 5 – 38%, № 4 и 6 – 14%.

Расхождение величин напряжений по N, Q, M и перемещений по z для схем с различными грунтовыми условиями (№2 и 3) составляет от 0,4% до 83,8%, для схем, в которых грунтовые условия задавались в модуле «ГРУНТ» (№7 и №8) расхождение составляет от 0,8% до 78%, для схем № 2 и 7 – от 0,8 до 74,5%, № 3 и 8 – от 0,4 до 72,1%.

4) Колонна К1:

картины распределений напряжений и перемещений в колонне К1 для всех расчетных моделей схожи между собой. Расхождение величин перемещений между схемой с жестким закреплением (№1) и схемами с податливым основанием (№4,5,6) составляет более 90%, между схемами № 4 и 5 – 37%, № 4 и 6 – 14%.

Расхождение величин напряжений по N, Q, M и перемещений по z для схем с различными грунтовыми условиями (№2 и 3) составляет от 0,9% до 70,5%, для схем, в которых грунтовые условия задавались в модуле «ГРУНТ» (№7 и 8) расхождение составляет от 1,8% до 39,8%, для схем № 2 и 7 – от 1,8 до 65,5%, № 3 и 8 – от 5,7 до 67,9%.

Таким образом, напряжения в конструкциях зависят от геометрии и жесткости здания, расположения элемента в общей архитектуре сооружения и от инженерно-геологических особенностей. При развитии неравномерных осадок основания в гибких сооружениях не возникают дополнительные усилия, напротив – сооружения и фундаменты, обладающие некоторой жесткостью, не могут в каждой точке следовать за осадкой основания. Это приводит к уменьшению давления в точках, где податливость грунтов больше, и наоборот, в результате чего перераспределяется давление по подошве фундаментов. Аналогичная картина наблюдается при сравнении грунтовых оснований различной податливости в условиях постоянства жесткостных характеристик сооружения.

В фундаментных плитах возникают дополнительные усилия, связанные с изгибом этих конструкций, а также надфундаментных конструкций. Включение в работу фундаментов и конструкций сооружения на изгиб из-за неравномерностей осадок основания приводит к уменьшению этих неравномерностей. Рассматриваемый процесс тем интенсивней, чем большей жесткостью обладают включающиеся в работу конструкции или же чем меньшей податливостью обладают основания.



Учитывая изложенное, основания надо рассчитывать с учетом совместной работы фундаментов и надфундаментных конструкций на изгиб.

Литература

1. Брылев В.А. О количественных критериях антропогенной эволюции рельефа // Рельеф и хозяйственная деятельность. М., 1982. С. 104 - 112.
2. Дудлер И.В. Инженерно-геологический контроль при возведении и эксплуатации намывных сооружений. М.: Стройиздат, 1987. 182 с.
3. Зарецкий Ю.К. Вязко-пластичность грунтов и расчеты сооружений. М.: Стройиздат, 1988. 350 с.
4. Мулюков Э.И. Классификация причин отказов оснований фундаментов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1992. № 3. С. 28-30.
5. Тер-Мартirosян З. Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 551 с.
6. Цытович Н. А. Инженерный метод прогноза осадок фундаментов. М.: Стройиздат, 1988. 120 с.
7. Слюсаренко С.А., Степаненко Г.П., Глотова М.А. и др. Проектирование и устройство фундаментов на намывных песчаных грунтах. К.: Будивэльнык. 1990. 128 с.
8. James K. Mitihell fundamentals of soil behavios. Second Edition. 1993. 437 p.
9. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1994. 288 с. перевод изд.: Gerhard Spaethe. Die Sicherheit tragende Bankonstruktionen. ISBN.5-274-01208-6.
10. Жур В.Н. Определение несущей способности в грунтовых условиях II типа по просадочности свай по фондовым материалам полевых испытаний свай статической нагрузкой // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2144/.



11. ЧМШКЯН А.В. Совершенствование методов расчета просадочных деформаций // Инженерный вестник Дона. 2012. №4 (часть 2). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1256/.

12. Karl Terzaghi, Ralf B. Peck, Cholamreza Mesri. Soil Mechanics in Engineering Practice. Third Edition. 1995. 549 p.

References

1. Brylev V.A. O kolichestvennykh kriteriyakh antropogennoy evolyutsii rel'yefa [Rel'yef i khozyaystvennaya deyatel'nost']. M., 1982. pp. 104 - 112.

2. Dudler I.V. Inzhenerno-geologicheskiy kontrol' pri vozvedenii i ekspluatatsii namyvnykh sooruzheniy [Engineering and geological control during the construction and operation of alluvial facilities]. M.: Stroyizdat, 1987. 182 p.

3. Zaretskiy YU.K. Vyazko-plastichnost' gruntov i raschety sooruzheniy [Viscous-plasticity of soils and calculations of structures]. M.: Stroyizdat, 1988. 350 p.

4. Mulyukov E.I. Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. 1992. № 3. pp. 28-30.

5. Ter-Martirosyan 3. G. Mekhanika gruntov [Soil mechanics]. M.: ASV, 2009. 551 p.

6. Tsytovich N. A. Inzhenernyy metod prognoza osadok fundamentov [Engineering method for predicting foundation sediments]. M.: Stroyizdat, 1988. 120 p.

7. Slyusarenko S.A., Stepanenko G.P., Glotova M.A. i dr. Proyektirovaniye i ustroystvo fundamentov na namyvnykh peschanykh gruntakh [Design and installation of foundations on alluvial sandy soils]. K.: Budivel'nyk. 1990. 128 p.

8. James K. Mitihell fundamentals of soil behavios. Second Edition. 1993. 437 p.

9. Shpete G. Nadezhnost' nesushhih stroitel'nyh konstrukcij. [Reliability bearing structures]. M.: Strojizdat, 1994. p. 288.



10. Zhur V.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2144/.
11. Chmshkyan A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2012. №4 (part 2). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1256/.
12. Karl Terzaghi, Ralf B. Peck, Cholanreza Mesri. Soil Mechanics in Engineering Practice. Third Edition. 1995. 549 p.