

УДК 624.131.7:624.048

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИНЪЕКЦИОННОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОГО НЕУСТОЙЧИВОГО ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЯ

Мигунова Т. А., студент группы ФПс-121, V курс

Соколов М.В., аспирант

Простов С.М., д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово, Россия

В работе рассмотрено административно-бытовое здание в городе Кемерово, конструктивные решения и грунтовые условия данного объекта можно считать характерными для рассматриваемой проблемы. По данным инструментальных наблюдений за объектом здание имеет неравномерные оседания и находится в аварийном состоянии.

Исследуемый объект представляет собой комплекс из двух объединенных зданий (корпусов), расположенных в городе Кемерово. Здание, имеющее размеры в плане 68,0х13,0м, относится к типовой серии, имеет 3 этажа. Стены здания выполнены из армированного кирпича толщиной до 610мм. Стены опираются на фундаменты ленточного типа с глубиной заложения до -3,320 м, состоящие из фундаментальных блоков ФСБ 9.5.6-т и плит ФЛ 28.8-3.

Инженерно-геологические изыскания на данной площадке проведены на глубину до 12,2м, они выявили наличие специфических грунтов в виде просадочных суглинков и насыпных грунтов. Вблизи поверхности земли были обнаружены современные техногенные отложения, распространенные на всей площадке и представляющие собой насыпной грунт, в верхней части которого просматривается асфальтобетон, далее – смесь суглинка с включением щебня, гальки и обломков кирпича мощностью 1,1 - 1,8м. (рис.1). Под техногенными отложениями залегают верхнечетвертичные современные суглинки, покровные бурые и серовато-бурые, легкие, пылеватые, лессовидные, в кровле макропористые, просадочные и непросадочные, от твердой до мягкопластичной консистенции. Затем располагаются верхнечетвертичные аллювиальные суглинки бурые, от полутвердой до твердой консистенции, легкие и тяжелые, гравелистые.

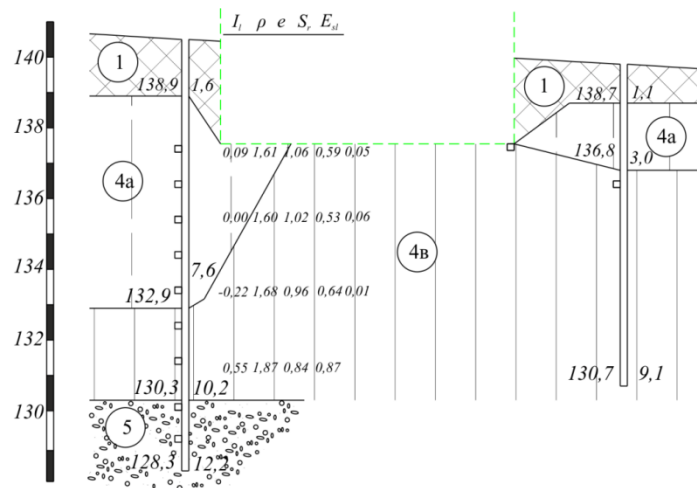


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез:
1, 4а, 4в, 5 – основные инженерно-геологические элементы

Литолого-генетические разновидности грунтов разделены на четыре инженерно-геологических элемента (ИГЭ) по строительным и физико-механическим свойствам (табл. 1).

Таблица 1

Физико-механические свойства ИГЭ

№ ИГЭ	Природная влажность W , д.е.	Влажность на границе текучести W_L	Влажность на уровне раскатывания	Число пластичности I_p , д.е.	Показатель текучести I_L , д.е.	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³	Коэффициент пористости e , д.е.	Коэффициент водонасыщения S_r	Модуль деформации E , МПа	Угол внутреннего трения ϕ , град.	Сцепление C , кПа
4а	0,28	0,32	0,2 2	0,1	0,62	2,7	1,61	1,3 5	1,0 0	0,7 5	9,5	17	25
4в	0,26	0,31	0,2 1	0,1	0,56	2,7	1,88	1,4 9	0,8 1	0,8 7	11, 9	12	27,3
5	0,33	0,33	0,2 1	0,1	0,02	2,7	1,81	1,5 0	0,7 9	0,7	24, 1	22	23

Геомеханический прогноз оседаний основан на численном моделировании грунтового основания здания с учетом работы системы «фундамент-грунт» на базе программного комплекса для геотехнических расчетов «Alterra» российского разработчика ООО «ИнжПроектСтрой», реализующего основные принципы данной концепции [1].

При моделировании рассматривались наиболее аварийно опасные участки в продольном и поперечном сечениях с привязкой к основным осям здания. Фундаменты имеют при основании (подошве) размеры 2,4м и 3,0м, глубину заложения -3,32м. Общая протяженность фундамента вдоль здания составляет 32,1м. Грунтовые условия модели назначались в соответствии с геологическим разрезом (рис. 2) в обоих направлениях и отражали особенности слоистого неоднородного основания. Отличительной геологической особенностью здания стало характерный переход между ИГЭ-4а и ИГЭ-4в непосредственно под зданием в осях *Б* и *В*. Граничные условия и модели деформация элементов принимались аналогично работам [2].

Численная геомеханическая модель искусственного основания реализует совместно разработанную с инженерами ООО «НooЦентр» схему закрепления (рис. 2). Принятая схема закрепления обеспечивает снижение экономических затрат и согласуется с технологией производства ремонтно-восстановительных работ.

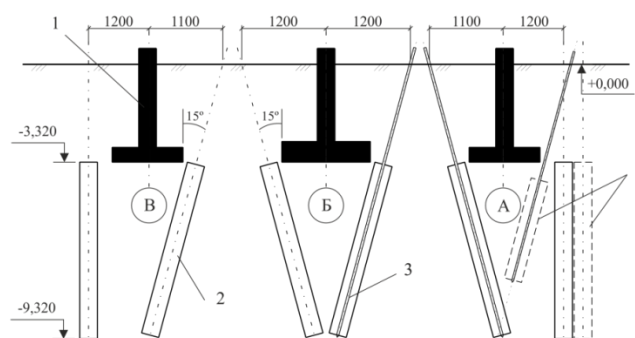


Рис. 2. Схема закрепления грунтов основания в поперечном сечении:
1 – фундамент; 2 – зона закрепления; 3 – инъектор; 4 – дополнительные инъекторы

Первый этап анализа, направленный на оценку оседаний земной поверхности S и степени их неравномерности, показал, что в продольном направлении здание имеет незначительную степень развития неравномерных оседаний, которая на всем интервале находится в допустимых пределах. Однако, вследствие особенности геологического строения основания сооружения, в поперечном сечении неравномерные оседания S развиты значительно больше и требуют упрочнения грунтового массива.

В связи с низкими прочностными и деформационными характеристиками грунтов элемента ИГЭ-4в южный фасад здания имеет значительные вертикальные оседания до $S = 11,3$ см, что превышает предельно допустимую величину $\Delta S_{\text{пред}} = 10$ см, что в поперечном направлении сильно выражены неравномерные оседания, что приводит к аварийному состоянию здания. При введении в расчет зон закрепления согласно схеме (см. рис. 2) значения S в среднем снижаются на 7%. Однако, фундаменты южного фа-

сада, оседания S которых превышают предельные значения, требуют изменения технологических параметров закрепления и введения дополнительных зон укрепления на основании геомеханического анализа, основные результаты которого представлены на рис. 3.

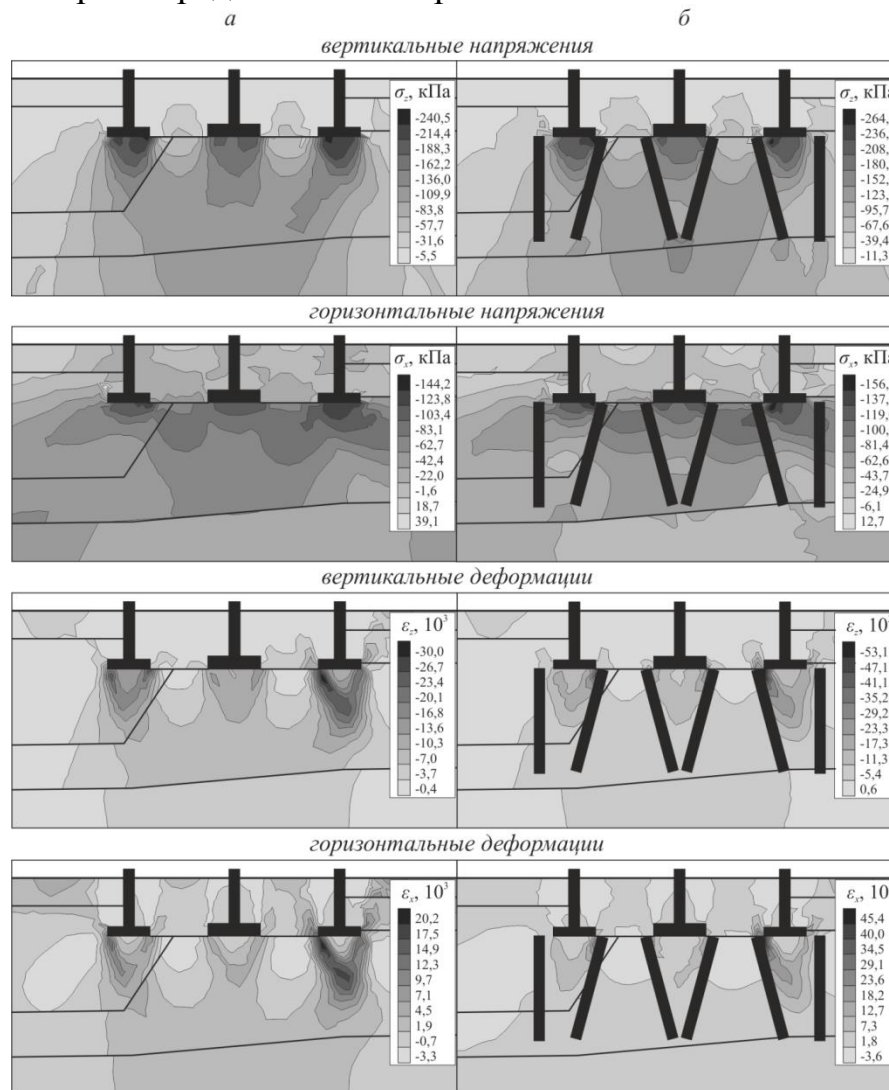


Рис. 3. Поля изолиний вертикальных σ_z , горизонтальных σ_x напряжений и деформаций ε_z , ε_x в естественном (а) и закрепленном (б) грунтовом массиве

Распределение деформаций происходит несимметрично, аналогично распределению напряжений. В естественном массиве деформации ε_z и ε_x концентрируются под фундаментом вдоль оси A . На границе слоев ИГЭ-4а и ИГЭ-4в отмечены разности деформаций. Наиболее характерные графики распределения деформаций ε_z и ε_x вдоль осей z_{li} и z_{ri} представлены на рис. 4

а

б

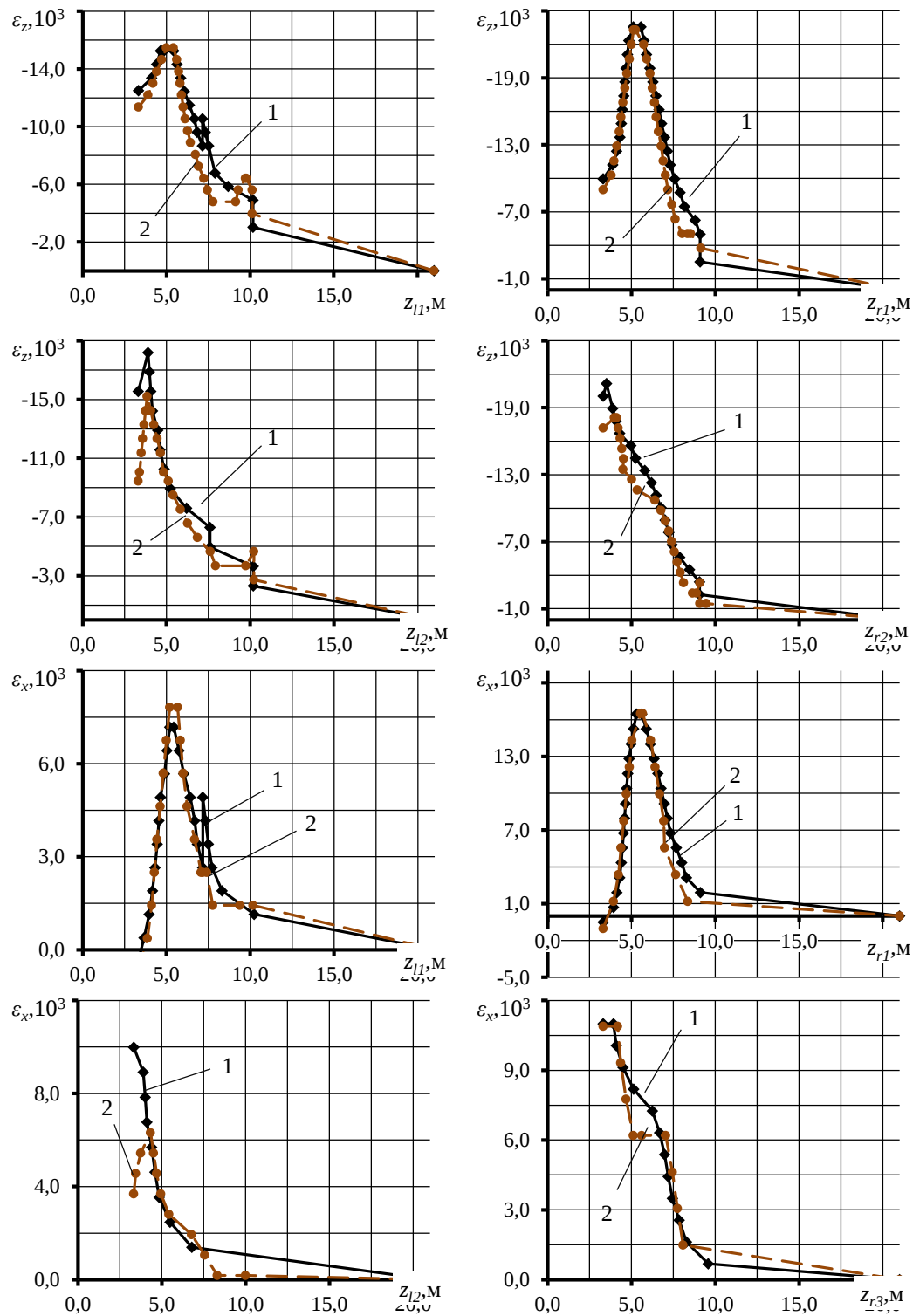


Рис. 4. Зависимости деформаций ε_z и ε_x от глубины модели под левым фундаментом (а) вдоль осей z_{li} и под правым фундаментом (б) вдоль осей z_{ri} в массиве:

1 – естественном; 2 – закрепленном

Анализ приведенных зависимостей показал значительную эффективность закрепления на диапазонах $z_{l1} = 6,0 \dots 9,0$ м., $z_{l2} = 7,0 \dots 10,0$ м, однако вдоль осей z_{r1} и z_{r2} существенного снижения деформаций ε_z не отмечено.

Характерной особенностью является отсутствие разности деформаций на границе слоев в диапазонах $z_i = 3,0 \dots 9,5\text{м}$.

Таким образом, проведенный геомеханический анализ показал, что принятая схема закрепления является эффективной для фундаментов вдоль осей *Б* и *В*, однако требует усиления в области фундаментов вдоль оси *А*. На основании полученных данных рекомендуется расположение дополнительной одной наклонной зоны закрепления глубиной до 7,5м для снижения вертикальных деформаций, и одной – вертикальной со смещением 1,7м для снижения поперечных деформаций ε_x . Расположение дополнительных иньекторов показано на рис. 4.

Список литературы

1. Фадеев А.Б., Метод конечных элементов в геомеханике.— Москва: Недра, 1987.— 221с.
2. Простов, С. М. Анализ напряженно-деформированного состояния укрепляемых грунтовых оснований на основе интегральных критериев / С. М. Простов, М. В. Соколов // Вестник КузГТУ.— 2015.— №6.— С.52-61.