

По графику отчетливо видно, что за период с 2007 года скорость подъема уровня грунтовых вод значительно увеличилась. Объясняет это, скоростью и плотность застройки исследуемого микрорайона, как говорилось выше, за счет низких фильтрационных свойств покровных лессовых суглинков и супесей на застраиваемой территории города в результате утечек из водонесущих коммуникаций и сооружений, инфильтрации дождевых и талых вод при нарушении их поверхностного стока, последствия баражного эффекта при строительстве на свайном фундаменте.

Результатом подъема уровня грунтовых вод и источников техногенного замачивания по материалам изысканий 2015 г в верхнечетвертичных субэразальных лессовых отложениях представленными просадочными супесями и суглинками твердой консистенции в интервале 3,0-10,0 м выделены ограниченные линзы замоченных грунтов до мягкопластичной консистенции. В отложениях красnodубровской свиты представленными суглинками полутвердой консистенции в интервале 10,0-12,0 м выделены линзы замоченных суглинков до мягкопластичной консистенции.

В заключение можно сделать следующие выводы. За последнее десятилетие скорость подъема уровня грунтовых вод увеличилась вдвое, относительно предшествующего десятилетия. Их подъем может привести к замачиванию лессовых просадочных грунтов, что спровоцирует неравномерную просадку оснований зданий и сооружений и может привести к разрушению.

#### Литература

1. Амосова Л.Н. Анализ объектов подтопления грунтовыми водами на территории г. Барнаула // Ползуновский альманах. – Барнаул, 2016. - № 1. – С. 14 – 17.
2. Осипов В.И. Деформируемость лессовых пород на урбанизированных территориях приобского плато// Вестник Алтайского государственного университета. – Барнаул, 2000. – № 1. – С. 52 – 67.

### ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОГО МАССИВА ПРИ УСИЛЕНИИ ФУНДАМЕНТА ЗДАНИЯ В Г. ЛЕНИНСК–КУЗНЕЦКИЙ

С.С. Тарек

*Научный руководитель профессор Л.А.Строкова*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

Актуальность работы. В последние годы в строительной практике все чаще приходится проектировать объекты с наращиванием этажности на фундаментах, не рассчитанных на это. Использование этих участков без специальной инженерной подготовки невозможно. Особенно перспективным становится метод армирования грунтов, т.к позволяет снизить материалоемкость и стоимость усиления фундаментов, повысить распределительную способность основания.

Цель работы: изучить характер распределения напряжений в основании оценить влияние армирования на несущую способность и деформативность основания.

В административном отношении исследуемая площадка расположена по адресу: ул. Коростылева, 6 в г. Ленинск - Кузнецкий. В геоморфологическом отношении район представляет собой аккумулятивно - денудационную слабоволнистую равнину. Площадка расположена на водораздельном склоне, примыкающем к долине р. Иня. Исследуемая площадка расположена в пределах малоэтажной городской застройки. Поверхность площадки спланирована. Абсолютные отметки поверхности понижаются от 265,5 до 261,5м в северо-западном направлении. Окружающая территория застроена, присутствуют подземные водонесущие коммуникации.

Здание храма Иверской иконы прямоугольной формы (рис. 1) с размерами в крайних осях 33,28\*25,78 с переменной высотой от 4,71 до 38 м с тремя круглыми алтарями. Количество этажей – 2 этажа с подвалом под частью здания. Максимальные отметки храма: центрального купола - +32,0 м; встроенной колокольни - +38,0 м. Фундамент здания – ленточный на естественном основании. Материал фундаментов- монолитный железобетон, стены – кирпичные, перекрытие – монолитное железобетонное [1].

В геологическом строении территории принимают участие верхнепермские отложения осадочного комплекса, перекрытые с поверхности толщей рыхлых четвертичных отложений. Верхнепермские породы представлены континентальными осадками ильинской подсерии ( $P_2$  il) – песчаниками с прослоями и линзами алевролитов, аргиллитов, конгломератов. На размытой поверхности верхнепермских отложений залегают четвертичные элювиальные отложения, перекрытые чехлом лессовидных суглинков.

Геолого-литологический разрез на исследованную глубину 15,0 м представлен (сверху - вниз) следующими инженерно-геологическими элементами (ИГЭ): :

ИГЭ 1 ( $t Q_{IV}$ ). Насыпной грунт. Представлен смесью почвы и суглинка с включениями обломков кирпича до 20%. Представляет собой обратную засыпку котлована. Распространен повсеместно, залегает с поверхности. Мощность слоя 0,5 – 4,2 м.

ИГЭ 2 ( $adQ_{III-IV}$ ). Суглинок бурый, аллювиально – делювиальный, от твердой до мягкопластичной консистенции, ожелезненный насыщенный водой. Залегает в виде пласта до глубины 6,6 – 8,4 м.

ИГЭ 3 ( $adQ_{III-IV}$ ). Глина с линзами суглинка серовато – бурого цвета и пестроцветный элювиальный твердой

консистенции с примесью углистого материала. Залегает в виде пласта до глубины 9,0 – 12,5 м.

ИГЭ 4 ( $eQ_{II}$ ). Структурный элювий – продукт выветривания песчаников, аргиллитов и алевролитов, представляет собой дисперсную зону коры выветривания осадочных пород. Грунт сохранил сплошность, текстурные и структурные особенности материнских пород, но имеет низкую прочность. Керн разламывается и растирается руками. Грунт неоднородный по составу, что обусловлено различной степенью выветривания и состава исходного материала, плотный по бурению. Залегает в виде пласта вскрытой мощностью 2,5 – 6,0 м [1].



Рис. 1. Вид храма

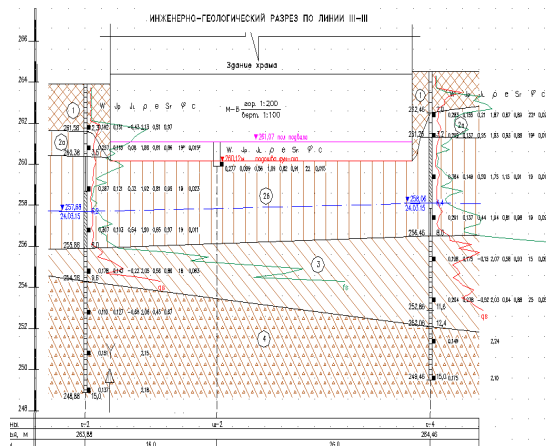


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез

Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива проводилось мною для выбранного объекта в программах PLAXIS [2]. Грунтовой массив размером длиной 50 м, высотой 20 м представлен в виде 2D – модели. После построения геометрической модели и задания свойств грунта PLAXIS автоматически сгенерирована сетка конечных элементов из 4238 неправильных треугольных 15-узловых элементов. При расчете конечного элемента смещения рассчитываются по узлам, напряжения – в 552 интегральных точках Гаусса (или точках напряжения).

Для оценки поведения грунта использована упругопластическая модель с изотропным упрочнением *Hardening Soil Model* (Plaxis) модель учитывает несовпадение модуля упругости ветвей разгрузки и повторного нагружения, наблюдаемое при лабораторных испытаниях. Модель точно описывает поведение грунта при экскавации грунта, при устройстве подпорных стен и проходке туннелей, сопровождающейся уменьшением среднего эффективного напряжения и одновременно мобилизацией сопротивления пород сдвигу. Ограничения модели: неспособность учесть явления анизотропии прочности и жесткости, ползучести и длительной прочности, непригодность для моделирования динамических процессов [2].

Здание моделировалось жесткой плитой, опертой на межузловые анкеры. Удельный вес плиты представлял собой нагрузку от целого здания [2]. Данные по материалам фундаментов присвоены межузловым анкерам. Физико-механические свойства грунтов и материалов указаны в табл. 1.

Таблица 1

Свойства материалов:  
Грунты (Soil & Interfaces)

Hardening Soil		ИГЭ 1	ИГЭ 2	ИГЭ 3	ИГЭ 4
Type		Drained	Drained	Drained	Drained
$\gamma_{unsat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	19.00	18.40	18.40	19.80
$\gamma_{sat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	19.00	19.00	18.90	20.80
$E_{50}^{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	50000.00	7000.00	6000.00	23000.00
$E_{ocd}^{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	97054.51	7000.00	6000.00	23000.00
power (m)	[-]	0.50	0.40	0.40	0.40
$c_{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.00	18.00	11.00	6.00
$\varphi$	[°]	30.00	19.00	16.00	17.00
$E_{ur}^{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	300000.00	21000.00	18000.00	69000.00
n	[-]	0.200	0.200	0.200	0.200

Здания (Plates)

ID	Name	Type	EA	EI	w	n	M_p	N_p
			[кН/м]	[кНм <sup>2</sup> /м]	[кН/м <sup>2</sup> ]	[ - ]	[[кНм/м]	[кН/м]
1	плита	Elastic	60000	5000	8,4	0,33	1,00E+15	1,00E+15

Фундаменты (Anchors)

ID	Name	EA	F_max,comp	F_max,tens
		[кН/м]	[кН/м]	[кН/м]
1	колонны	120000	1,00E+15	1,00E+15
2	ленточные фунд.	2000000	1,00E+15	1,00E+15

При задании начальных условий сгенерированы давление воды и начальные напряжения. Расчеты заключались в моделировании процесса нагружения с помощью опции расчета *Staged construction*. В данном случае, моделирование проводилось для оценки изменения напряженно-деформированного состояния грунтового массива при возведении сооружения и прогноза его изменения при усилении фундамента буронабивными сваями. Расчеты вертикальных перемещений грунтовой толщи без усиления фундамента составили 7,92 мм (рис. 3), с усилением грунтов основания – 7,85 мм (рис. 4).

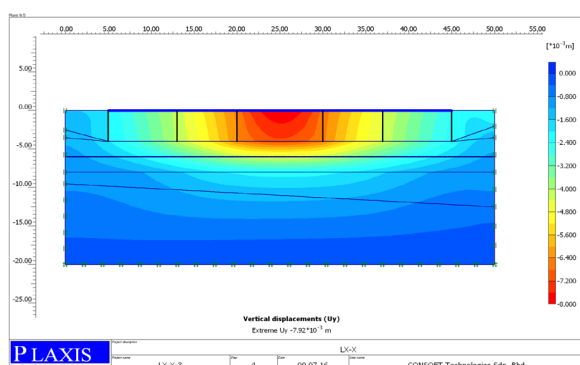


Рис. 3. Вертикальные перемещения после надстройки здания до усиления фундамента

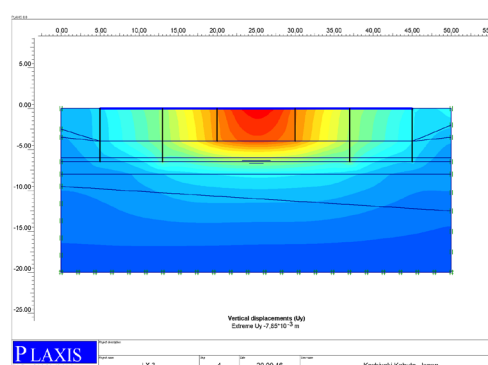


Рис. 4. Вертикальные перемещения в грунтовом массиве после усиления фундамента

Таким образом, полученные результаты численных расчетов, учитывающие значительную неоднородность грунтов основания и фундаментов, могут рассматриваться как удовлетворительные. По расчетным сечениям прослеживается несимметричное распределение напряжений-деформаций, связанное, главным образом, с несимметричностью конструкций подземной части здания типах фундаментов, усиления фундаментов буронабивными сваями.

Литература

- Сахаров В.Н., Минтянов Ю.В., Технический отчет по инженерно - геологическим изысканиям: Объект: «Обследование грунтов по площадке строительства Иверской церкви в г. Ленинск – Кузнецкий (рабочий проект). Шифр 0553 ГУП «Кузбассдорфондпроект» 2015 г.
- Plaxis. Material Models Manual. 2016. – 216 с.