

**ИССЛЕДОВАНИЯ ОСАДКИ ОБВОДНЕННОЙ ТОЛЩИ ГРУНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ФУНДАМЕНТА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*В работе приведены результаты математического моделирования осадки грунтовой толщи при замачивании в зависимости от угла наклона пластов для различных типов фундаментов.*

*Ключевые слова:* грунт, фундамент, осадки, моделирования, обводненной.

**Актуальность проблемы.** Как известно, к просадочным относят грунты, которые, находясь под нагрузкой от собственного веса и внешнего давления, дают при замачивании дополнительные большие осадки, вызванные нарушениями их структурных связей. Наличие просадочных грунтов на площадке устанавливают по результатам инженерно-геологических испытаний, а также на основе проведения необходимых лабораторных исследований.

О просадочных свойствах грунтовой толщи судят по величине осадки ее поверхности от собственного веса при замачивании. Если эта осадка менее или более 5см, то грунтовую толщу по просадочным свойствам относят к I или II группе соответственно.

Проектирование фундаментов в просадочных грунтах выполняют в соответствии с требованиями [1] и начинают с определения предварительных размеров. Затем в целях уточнения полученных данных и выработки рекомендаций по водозащитным и конструктивным мероприятиям вычисляют величину возможной просадки толщи грунтов основания при замачивании в соответствии с требованиями [2]. При этом рассматривают различные типы проектируемых фундаментов.

Если в результате расчетов окажется, что возможные просадки окажутся больше допустимых для проектируемых зданий и сооружений, то необходимо закладывать комплекс мероприятий по водозащите площадки или усилению основания известными способами.

**Цель работы.** Исследование осадки обводнённой толщи грунтов в зависимости

от угла наклона залегания пластов, а также в зависимости от типа принятого фундамента.

**Изложение основного материала.** Основной задачей работы предусматривается:

1. Моделирование системы «здание-грунт» методом конечных элементов;
2. Исследование осадки грунтовой толщи в зависимости от угла наклона пластов для различных типов фундаментов;
3. Исследование осадки грунтовой толщи при замачивании в зависимости от угла наклона пластов для различных типов фундаментов;

Решение поставленных задач выполнялось на примере трехэтажного здания больницы №7 корпуса блока «Б» и результатами инженерно-геологических изысканий площадки в г. Луганске.

Краткое описание здания: размеры в осях 30x18м, сетка колонн 6x6м, в районе лестничной клетки 6x3м, высота этажа 3,6м, здание с полным железобетонным каркасом по серии ИИ-04, в здании имеются железобетонные диафрагмы жесткости, перекрытия из многопустотных плит, наружные стены из кирпича толщиной 510мм, кровля плоская из рулонных материалов, в здании имеется подвал

инженерно-геологические свойства грунтов:

- ИГЭ I: насыпные грунты, чернозем, щебень, суглинок, песок, строительный мусор. Грунты неоднородны по составу и сложености, мощность слоя до 0,5м;

- ИГЭ II: суглинки голубовато-серые, бурые, желто-серые, желто-бурые с включением песка мелкого, с включением дресвы мергеля до 10% тугопластичные в во-

доносущенном состоянии мягкопластичные., мощность слоя до 2м;

- ИГЭ III: глины серые, голубовато-серые, зеленовато-серые, желто-бурые с включением гравия мергеля светло-серого до 10%,полутвердые в водонасыщенном состоянии полутвердые, мощность слоя до 1,2м;

- ИГЭ IV - пески желто-коричневые, желто-бурые, зеленовато-серые, темносиние мелкие средней плотности водонасыщенные с включением гравия мергеля до 20% однородные, мощность слоя до 2,2м;

- ИГЭ V – глины черные, темно-серые с включением органических веществ до 0.08%, тугопластичные, в водонасыщенном состоянии тугопластичные., мощность слоя до 1м;

- ИГЭ VI – щебенистые грунты - щебень, дресва мергеля желто-серого с тонкодисперсным заполнителем до 50%, неоднородные., мощность слоя до 1,5м;

- ИГЭ VII – щебенистые грунты - щебень, дресва мергеля желто-серого с тон-

кодисперсным заполнителем до 20%, с включением глыб неоднородные, мощность слоя до 1,5м;

Система «здание-грунт» моделировалась конечными элементами в ПК ЛИРА по рекомендациям [3]. Элементы здания аппроксимировались стержневыми (колонны и ригели) и пластинчатыми (перекрытия, диафрагмы жесткости, стены) элементами. Грунтовое основание аппроксимировалось объемными элементами.

Рассматривались два типа фундамента, которые аппроксимировались объемными элементами:

а) плитный железобетонный толщиной 1м (см. рис. 1);

б) ленточный железобетонный под стены, столбчатые железобетонные под колонны толщиной 0,5м (см. рис. 2);

Глубина заложения обреза фундаментов 2,5м.

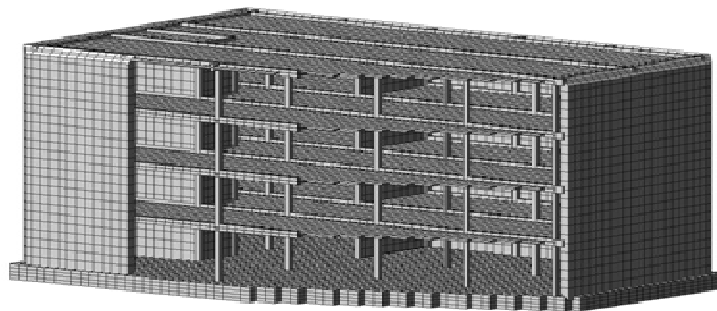


Рисунок 1 – Конечно-элементная расчетная схема здания с плитным фундаментом

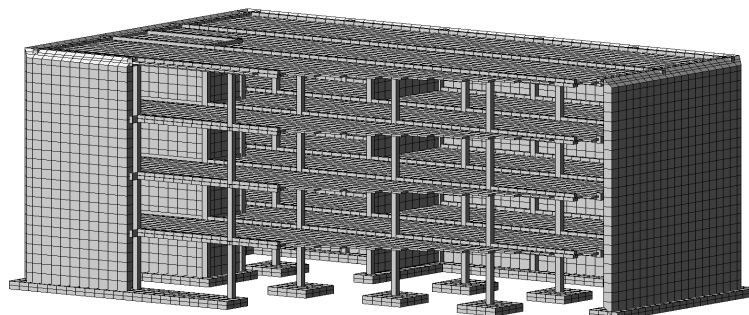


Рисунок 2 – Конечно-элементная расчетная схема здания с ленточным фундаментом

На элементы здания задавались нагрузки: собственный вес конструкций, полезная нагрузка на перекрытия, снеговая нагрузка на покрытие в соответствии с [4]. Определялись расчетные сочетания усилий для выявления наиболее неблагоприятного сочетания нагрузок на фундаменты. Рассматривались три варианта грунтового основания:

- 1) горизонтальное простираение слоев (см. рис. 3, а);
- 2) угол наклона пластов к горизонту  $4^{\circ}$  поперек здания (см. рис. 3, б);
- 3) угол наклона пластов к горизонту  $1,5^{\circ}$  вдоль здания (см. рис. 3, в);

Определялись вертикальные перемещения грунтового основания от собственного веса грунта, от веса здания при наиболее

невыгодных сочетаниях нагрузок, а также суммарные перемещения.

Результаты расчетов грунтового основания в естественном состоянии по первому варианту при различных фундаментах здания приведены на рисунках 4, 5, 6.

Результаты расчетов грунтового основания в естественном состоянии по второму варианту при различных фундаментах здания приведены на рисунках 7, 8, 9.

Результаты расчетов грунтового основания в естественном состоянии по третьему варианту при различных фундаментах здания приведены на рисунках 10, 11, 12.

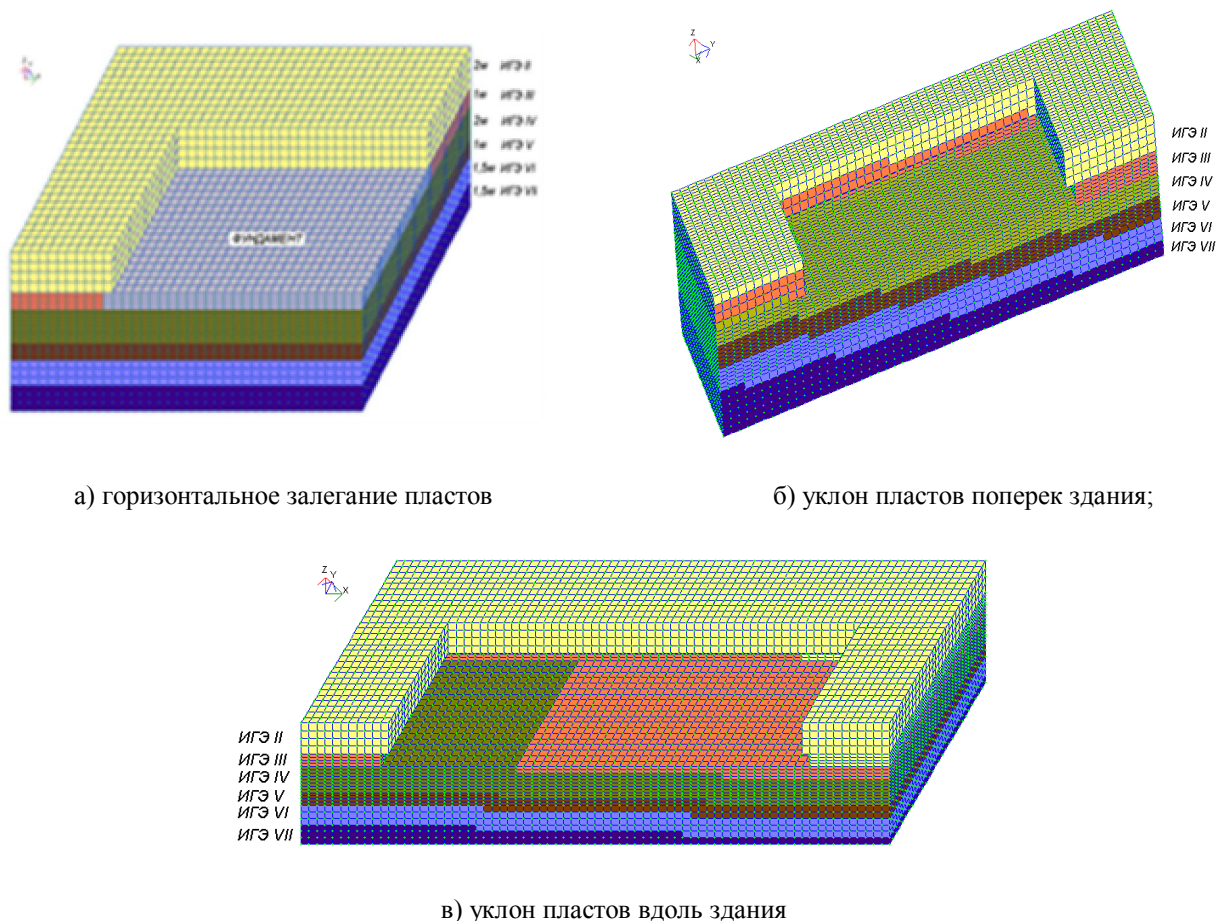


Рисунок 3 – Варианты грунтового основания

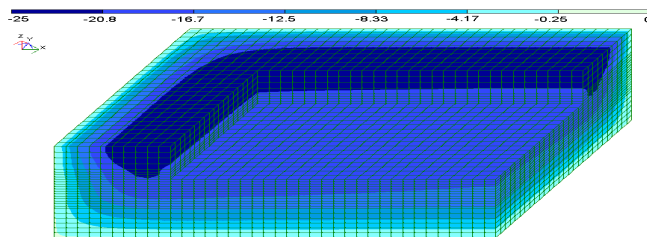
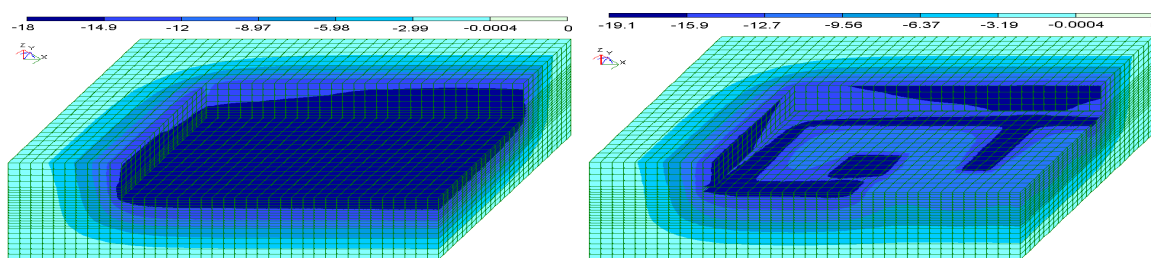


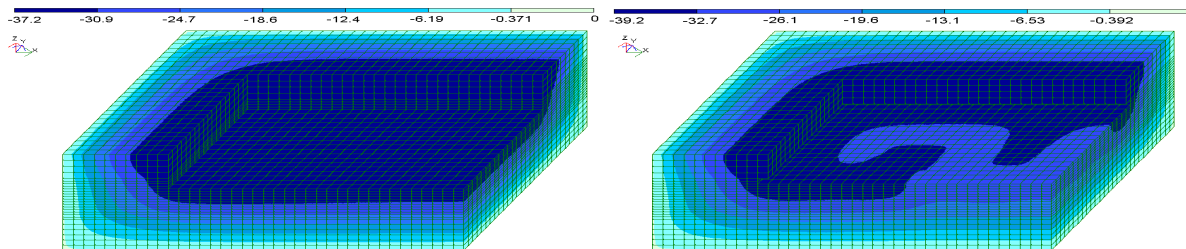
Рисунок 4 – Изополя перемещений по Z от собственного веса грунта для варианта 1, мм



а) плитный фундамент;

б) ленточный фундамент

Рисунок 5 – Изополя перемещений по Z от веса здания для варианта 1, мм:



а) плитный фундамент

б) ленточный фундамент

Рисунок 6 – Изополя суммарных перемещений по Z для варианта 1, мм:

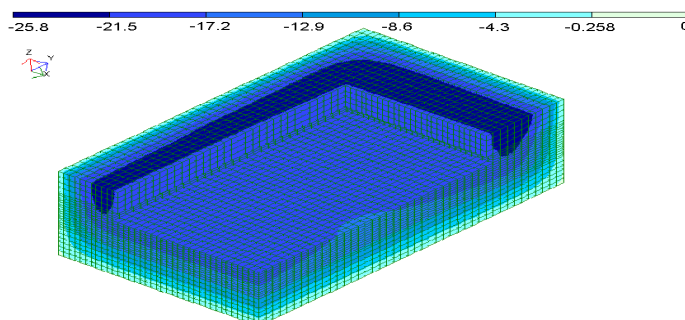
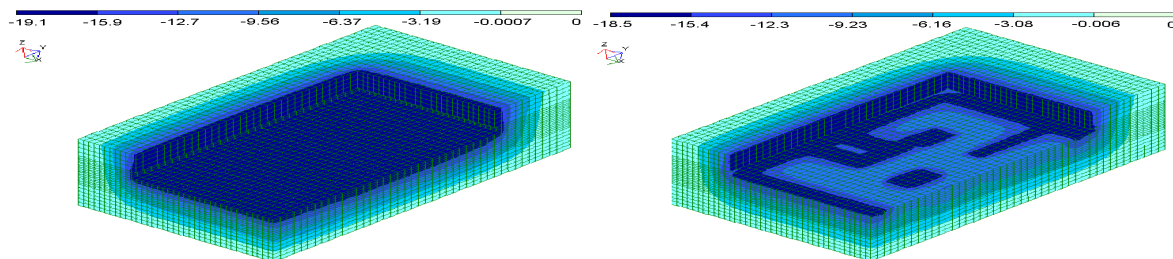


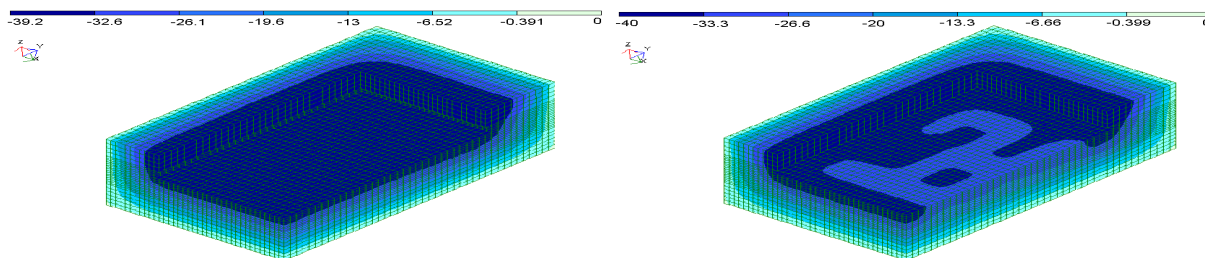
Рисунок 7 – Изополя перемещений по Z от собственного веса грунта для варианта 2, мм



а) плитный фундамент;

б) ленточный фундамент

Рисунок 8 – Изополю перемещений по  $Z$  от веса здания для варианта 2, мм:



а) плитный фундамент;

б) ленточный фундамент

Рисунок 9 – Изополю суммарных перемещений по  $Z$  для варианта 2, мм:

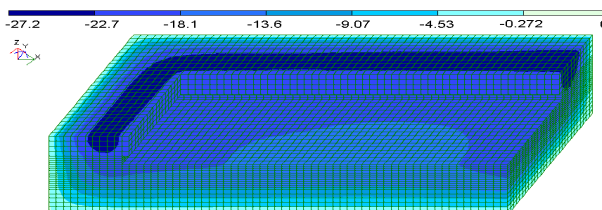
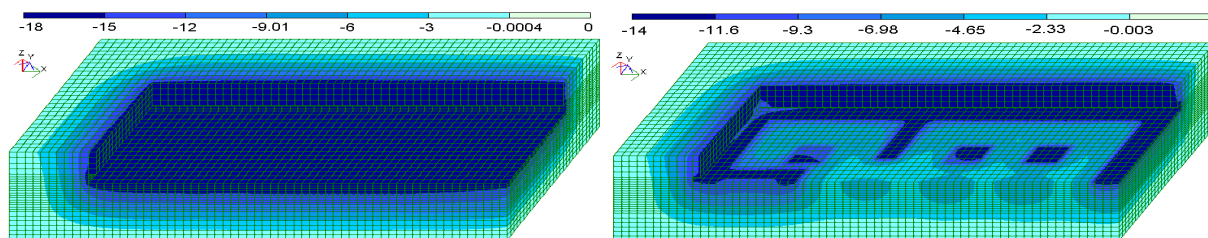


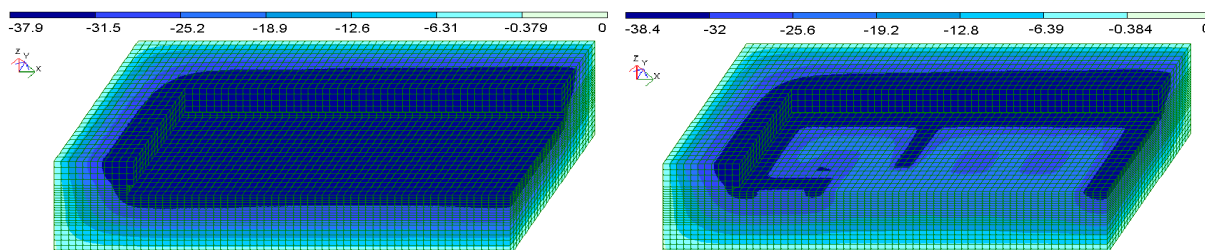
Рисунок 10 – Изополю перемещений по  $Z$  от собственного веса грунта для варианта 3, мм



а) плитный фундамент;

б) ленточный фундамент

Рисунок 11 – Изополю перемещений по  $Z$  от веса здания для варианта 3, мм:



а) плитный фундамент;

б) ленточный фундамент

Рисунок 12 – Изополю суммарных перемещений по  $Z$  для варианта 3, мм:

По результатам расчетов вариантов грунтового основания в естественном состоянии при различных фундаментах можно сказать следующее. Осадка грунтовой толщи при малых углах уклона пластов практически не меняется, с увеличением уклона пластов осадка незначительно увеличивается в сторону уклона. Для здания с плитным фундаментом осадка грунтовой толщи равномерная, по величине зависящая от уклона пластов, для ленточных фундаментов четко выражены локальные зоны осадки грунтовой толщи.

Для исследования просадки грунтовой толщи при замачивании грунтовыми водами с различными уклонами пластов и различными фундаментами здания рассматривались следующие варианты:

- 4) горизонтальное простираение слоев (см. рис. 3, а);
- 5) угол наклона пластов к горизонту  $4^{\circ}$  поперек здания (см. рис. 3, б);
- 6) угол наклона пластов к горизонту  $1,5^{\circ}$  вдоль здания (см. рис. 3, в);

Уровень поверхности грунтовых вод принят в уровне обреза фундаментов, т.е. 2,5м от поверхности земли.

Для данных вариантов определялись вертикальные перемещения поверхности грунтового основания от собственного веса водонасыщенного грунта на уровне подошвы фундаментов и общие перемещения от собственного веса грунта и веса здания.

Результаты расчетов грунтового основания в водонасыщенном состоянии по четвертому варианту при различных фундаментах здания приведены на рисунках 13, 14.

Результаты расчетов грунтового основания в водонасыщенном состоянии по пятому варианту при различных фундаментах здания приведены на рисунках 15, 16.

Результаты расчетов грунтового основания в водонасыщенном состоянии по шестому варианту при различных фундаментах здания приведены на рисунках 17, 18.

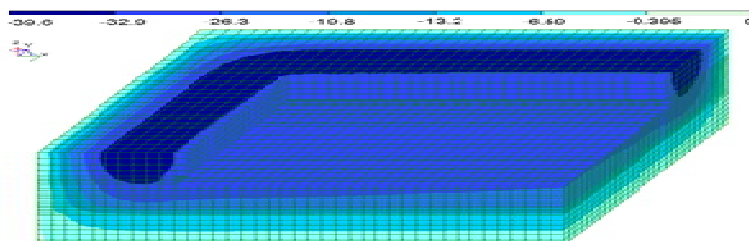
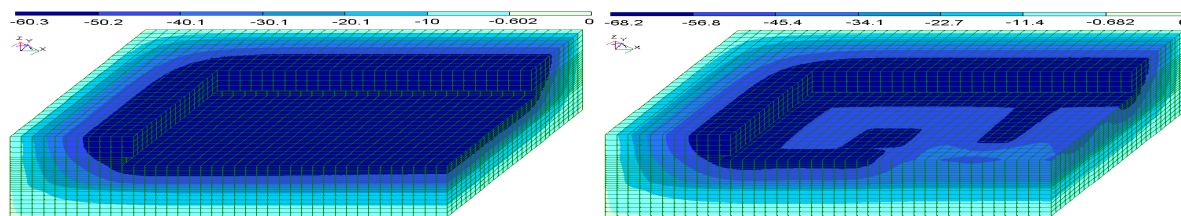


Рисунок 13 – Изополя перемещений по Z от собственного веса водонасыщенного грунта для варианта 4, мм



а) плитный фундамент;

б) ленточный фундамент

Рисунок 14 – Изополя суммарных перемещений по Z для варианта 4, мм:

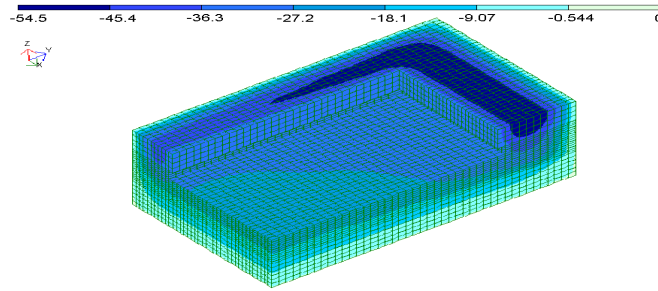
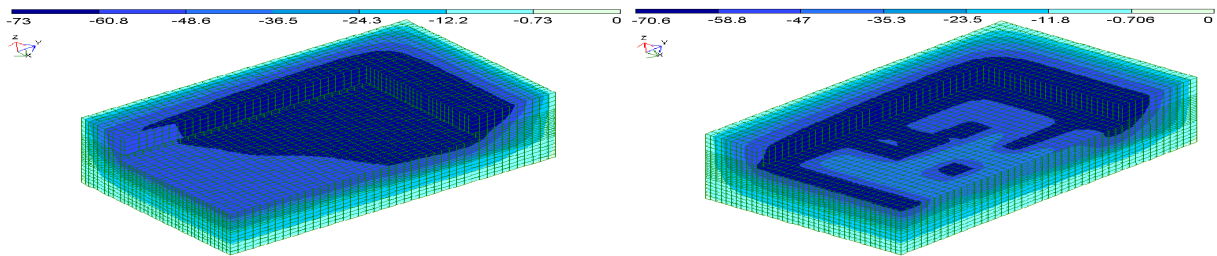


Рисунок 15 – Изополя перемещений по Z от собственного веса водонасыщенного грунта для варианта 5, мм



а) плитный фундамент;

б) ленточный фундамент

Рисунок 16 – Изополя суммарных перемещений по Z для варианта 5, мм:

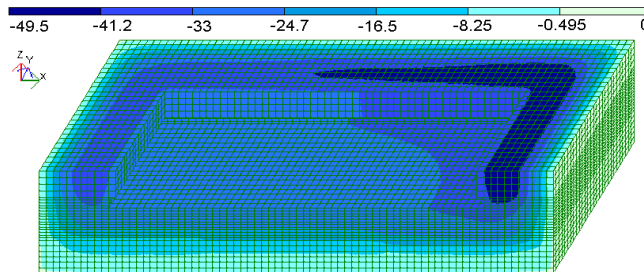
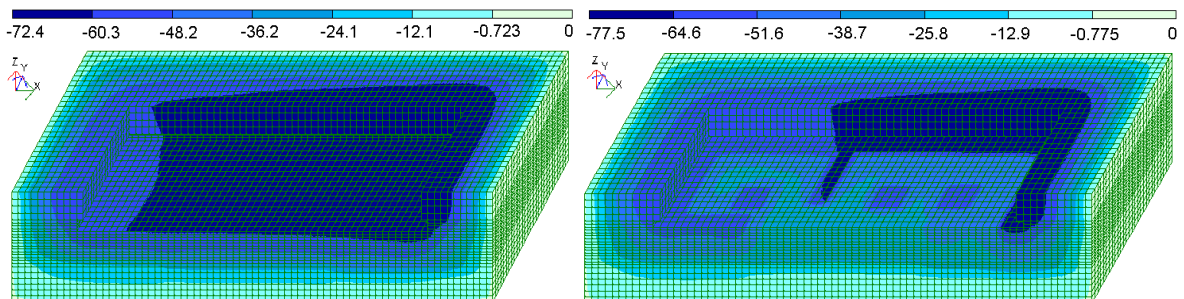


Рисунок 17 – Изополя перемещений по Z от собственного веса водонасыщенного грунта для варианта 6, мм



а) плитный фундамент;

б) ленточный фундамент

Рисунок 18 – Изополя суммарных перемещений по Z для варианта 6, мм:

Таблица 1 – Максимальные перемещения грунтовой толщи под фундаментом, мм

Вариант грунтовой толщи	Вид нагрузки	Плитный фундамент		Ленточный фундамент	
		Грунт в естественном состоянии	Водонасыщенный грунт	Грунт в естественном состоянии	Водонасыщенный грунт
Горизонтальное залегание пластов	Собственный вес грунта	20,6	31,3	20,6	31,3
	Суммарная нагрузка	36,3	59,5	37,2	68,2
Уклон пластов к горизонту 4° поперек здания	Собственный вес грунта	21,3	34	21,3	34
	Суммарная нагрузка	38,5	66,3	39,9	70,6
Уклон пластов к горизонту 1,5° вдоль здания	Собственный вес грунта	21,1	38	21,1	38
	Суммарная нагрузка	36,9	71,3	38,3	77,6

Проанализируем полученные результаты просадки поверхности водонасыщенного грунта от собственного веса по рисункам 13, 15, 17. С увеличением уклона пластов наблюдается увеличение просадки, причем ощутимо заметна ее неравномерность по уклону.

Общая просадка грунтовой толщи по рисункам 14, 16, 18 больше при ленточном фундаменте для горизонтальных пластов и пластов с малым уклоном, при этом для вариантов с наибольшим уклоном пластов величина просадки меньше для ленточного фундамента, по сравнению с плитным.

Результаты расчетов для всех вариантов приведены в таблице 1

**Выводы.** 1. Осадка грунтовой толщи в естественном состоянии при малых уклонах пластов (до 2°) почти одинаковая, разница для плитного фундамента составляет 1,7%, для ленточного фундамента разница составляет 3%. С увеличением уклона пластов (более 3,5°) осадка увеличивается.

Для здания с плитным фундаментом при уклоне пластов 4° осадка более равномерная, разница с горизонтальным залеганием пластов составляет 6%, тогда как для здания с ленточным фундаментом наблюдается неравномерная осадка, увеличивающаяся в сторону уклона, разница с горизонтальным залеганием пластов составляет 7,3%.

2. При водонасыщении грунтов просадка поверхности грунтовой толщи от собственного веса значительно увеличивается. Для горизонтально расположенных пластов просадка увеличивается на 52% по сравнению с осадкой грунтов в естественном состоянии, для уклона пластов 1,5° – на 80%, для уклона пластов 4° – на 60%. Невозможно проследить зависимость просадки от уклона залегания пластов

ввиду того, что при водонасыщении изменение характеристик грунтовых слоев для каждого из них различно. Можно только заключить, что с увеличением ук-



лона наблюдается неравномерная просадка, увеличивающаяся в сторону уклона для любого типа фундаментов.

3. Осадка грунтовой толщи в естественном состоянии для здания с плитным фундаментом незначительно меньше осадки при ленточном фундаменте - до 4% для всех вариантов грунтового основания. То же прослеживается и при водонасыщении грунтов – общая просадка грунтовой тол-

щи для здания с плитным фундаментом меньше на 14% по сравнению с ленточным фундаментом.

4. При выборе типа фундамента рекомендуется выполнять вариантное проектирование, при котором помимо определения осадки (просадки) грунтовой толщи необходимо учитывать и стоимостные показатели принимаемого фундамента.

#### Библиографический список

1. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Ч.1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування.
3. Улицкий В.М. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). / ПИ «Геореконструкция»/Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. – СПб. 2010. – 208 с.
4. ДБН В.1.2-2-2006. Навантаження і впливи. Норми проектування.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Дроздом Г.Я.*

*Статья поступила в редакцию 27.06.2013.*

**Асп.Абед С.Ф.** (ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ ОСАДУ ОБВОДНЕНИХ ТОВЩИ ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТИПУ ФУНДАМЕНТА МЕТОДУ СКІНЕЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

*У роботі наведені результати математичні моделюванні осадки ґрунтової товщі при замо-чуванні в залежності від кута нахилу пластів для різних типів фундаментів.*

**Ключові слова:** ґрунт, фундамент, осідань, моделюванні, обводненої.

**Abed S.F.** (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)

#### **RESEARCH PRECIPITATION FLOODED THICKNESS OF SOILS IN DEPENDENCE ON THE TYPE OF FOUNDATION BY FINITE ELEMENT METHOD**

*The paper presents the results of mathematical modeling of precipitation soils by soaking, depending on the angle of recovery for different types of foundations.*

**Keywords:** soil, foundation, subsidence, modeling, flooded.