

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

АО «Институт Гидропроект», д.т.н.

Беллендир Е.Н.

02 20 24 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

АО «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Гидропроект» имени С.Я. Жука» на диссертационную работу Казаченко Сергея Андреевича на тему «Оценка влияния устройства котлованов на близлежащие инженерные коммуникации и окружающую застройку для условий города Москвы», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

1. Актуальность темы исследования

Активное использование подземного пространства сопряжено с решением задачи не только прочности и устойчивости самих подземных сооружений и выработок, но и с обеспечением сохранности зданий и сооружений окружающей застройки при устройстве этих сооружений и выработок. При этом, в последнее время широко применяются открытый и полужакрытый способы возведения подземных сооружений гражданского и транспортного назначения, что приводит к необходимости выполнения оценки влияния производимых работ на близкорасположенные сооружения.

В большинстве случаев, особенно на стадии предварительного проектирования, расчёт изменения НДС вмещающего породного массива выполняется в плоской постановке, что приводит к неточной, а иногда и вообще неверной оценке деформаций зданий и сооружений окружающей застройки в силу возникновения так называемого «углового эффекта». Для выполнения подобных расчётов требуется применение специализированных

геотехнических программных комплексов, реализующих метод конечных элементов, стоимость и эксплуатация которых является весьма значительной.

Все это свидетельствует об **актуальности** задачи по разработке методов оценки и предварительного прогнозирования деформаций окружающего подземные выработки массива грунта, а также зданий и сооружений окружающей застройки, не требующих специализированного программного обеспечения, особенно для стадии технико-экономического обоснования проекта.

2. Структура и содержание работы

На отзыв представлена диссертационная работа Казаченко Сергея Андреевича, состоящая из введения, 6 основных разделов, заключения с основными выводами и 3-х приложений.

Работа выполнена под руководством профессора, доктора технических наук М.Г. Зерцалова на кафедре Механики грунтов и геотехники Национального Исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ). Основные результаты работы получены в период обучения в аспирантуре НИУ МГСУ в 2012-2016 годах, а также в процессе профессиональной деятельности в проектных и изыскательских организациях после завершения обучения.

Во введении обоснована актуальность диссертации; описывается степень разработанности темы; ставятся цели и задачи исследований; формулируется их научная новизна; оценивается теоретическая и практическая значимость работы; описывается методология и методы выполненных исследований; приводится личный вклад автора и положения, выносимые на защиту; обосновывается достоверность результатов исследования; приводятся сведения об апробации работы.

В первой главе на основании обзора, существующих по теме исследования работ обосновывается необходимость определения дополнительных осадков окружающей застройки с целью обеспечения их сохранности и долговечности в инженерно-геологических условиях города

Москвы; приводится обзор и анализ существующих методик расчёта дополнительных осадок зданий и сооружений в окрестностях разрабатываемых котлованов, которые выполнены, в основном, в плоской постановке. В заключении главы автором сделаны выводы о сложном характере изменения НДС системы «грунтовый массив – подземное сооружение» и тем самым обосновано решение о проведении исследования в трёхмерной постановке.

Во второй главе описывается методика исследования и проведения численного эксперимента, который выполняется с применением метода конечных элементов (МКЭ) в комбинации с методом планирования эксперимента. Этот подход впервые был предложен и применён проф. Л.Н. Рассказовым в середине 70-х годов прошлого столетия при исследовании взаимодействия набросных плотин со скальным массивом. Здесь автором описывается выбранная идеально упруго-пластическая модель поведения массива; предлагается инженерная методика по учету разгрузки массива при устройстве выемки; делается выбор наиболее значимых факторов, влияющих на дополнительные осадки окружающей застройки, а также назначаются интервалы их варьирования. На основании этих исходных данных автором построена матрица полного факторного эксперимента, выполнено описание и установлены правила обработки результатов численного эксперимента с помощью регрессионного анализа.

В третьей главе разрабатывается численно-аналитический метод оценки влияния разработки котлованов на окружающую застройку на основании использования известного в теории упругости решения задачи Мелана; выполняется постановка задачи и дается обоснование применения подобного подхода к решению указанной задачи на основании сравнения полученных значений напряжений в окрестностях выработки как по задаче Мелана, так и по МКЭ. Автором приведено описание практических приёмов получения корректных значений перемещений дна и бортов котлована, которые основаны на ограничении расчётной области и уменьшении удельного веса

извлекаемого грунта. Здесь же выполняется сравнение дополнительных осадок бытовой поверхности, полученных по аналитическому методу и по МКЭ, которое показало удовлетворительное схождение форм эпюр перемещений и различие в величинах перемещений до 20%, что соответствует инженерной точности расчётов. Это обстоятельство позволяет рекомендовать метод при сравнении вариантов на предварительной стадии проектирования.

Также в главе 3 приводится метод учета и подбора жёсткости ограждения, выполненного по консольной схеме, на основании факторного анализа и МКЭ. Проведённые численные эксперименты позволяют оценить горизонтальные смещения ограждения при заданных значениях жёсткости, модуля деформации грунта и глубины выработки. В качестве критерия достаточной жёсткости ограждения рассматривается сохранность окружающей застройки, предельные дополнительные осадки которой определяются в соответствии с горизонтальными смещениями ограждения на основании решений, приведенных в данной главе.

В четвертой главе приводится анализ дополнительных вертикальных деформаций массива грунта по результатам проведённой серии численных экспериментов в пространственной постановке. Выполняется последовательная качественная и количественная оценка осадок поверхности в окрестностях разрабатываемого котлована как для случая со свободной поверхностью, так и при расположении сооружения в зоне влияния котлована. Анализ выполняется для поперечных сечений на различном удалении от ограждения котлована в пределах границы призмы обрушения грунта. Также выполняется анализ осадок при устройстве выработки вдоль котлована от центрального сечения к угловым точкам, а также по его глубине в пределах призмы обрушения.

Отдельно выполнен анализ влияния жёсткости сооружения на его осадки при устройстве выработок, а также приводится методика моделирования сооружения в виде сплошного массива с приведённым модулем деформации;

приводятся рекомендованные значения как по абсолютным значениям, так и по относительным разностям.

Выполненный анализ подтверждает значительное влияние «углового эффекта» на величину и характер изменения дополнительных осадок прилегающего массива и сооружений окружающей застройки, что говорит о необходимости его учета для обеспечения сохранности зданий и сооружений.

В пятой главе выполнен анализ горизонтальных перемещений ограждения котлована и вмещающего породного массива. Построен ряд графиков, иллюстрирующих характер деформаций ограждения по глубине в зависимости от грунтовых условий и расположения дополнительной нагрузки от сооружения. Подтверждаются выводы 4 главы в части необходимости учёта «углового эффекта», а также делается вывод о сложной форме призмы обрушения грунта, что необходимо учитывать, в частности, для обеспечения сохранности инженерных коммуникаций.

В шестой главе приводится инженерная методика определения дополнительных перемещений точек массива грунта при разработке котлованов в зависимости от изменения выбранных факторов; приводятся уравнения регрессии для определения дополнительных перемещений контрольных точек массива; даются формулы для перехода от безразмерных к натуральным значениям варьируемых факторов. Проведенная проверка соответствия полученных уравнений регрессии опытными данными, выполненная для нулевой и центральной точки факторного плана, показала удовлетворительную сходимость для инженерных расчётов предварительного этапа в пределах 15%. Здесь же выполнено сравнение результатов расчётов численного моделирования по полученным уравнениям с результатами мониторинга. С целью определения осадок окружающей застройки при проведении экскаваций, приведены блок-схемы для отыскания коэффициентов уравнений регрессии (приложение к диссертационной работе), а также порядок представления исходных данных в разработанную программу в электронной таблице Excel.

В заключении главы приводится методика определения перемещений подземных инженерных коммуникаций при устройстве выработок, которые предлагается определять по перемещениям точек грунтового массива без учета жёсткости при условии ограничения диаметра рассматриваемых коммуникаций значением 1000 мм.

В заключении работы сформулированы основные выводы по диссертационной работе, а также приводятся рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

В приложениях приводятся коэффициенты уравнений регрессии для определения дополнительных вертикальных и горизонтальных перемещений, а также список публикаций автора.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений подтверждается анализом имеющихся научных работ по теме исследования и использованием справочной и нормативной документации по теме исследования. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением общеизвестных решений теории упругости; использованием сертифицированного геотехнического комплекса ZSoil, основанном на методе конечных элементов, а также выполненным сравнением аналитических и численных решений с данными мониторинга, опубликованных в открытых источниках.

4. Научная новизна

Научная новизна заключается в решении инженерных задач и полученных научных результатах:

- решены практические задачи по оценке влияния разработки котлованов на здания, сооружения и подземные инженерные коммуникации, даны уравнения для определения величин дополнительных осадков, обуславливающих это влияние;

- предложен численно-аналитический метод определения осадок окружающего массива в плоской постановке задачи с учетом жёсткости ограждающей конструкции; метод может быть рекомендован к использованию на предварительных этапах проектирования;
- исследовано влияние жёсткости сооружения на его дополнительную осадку при устройстве выемок, даны рекомендации по учету жёсткости при численном моделировании.

5. Научная и практическая ценность диссертации

При выполнении диссертационной работы получены уравнения регрессии для определения дополнительных вертикальных и горизонтальных перемещений вмещающего массива грунта, зданий, сооружений и инженерных коммуникаций окружающей застройки; приведены блок-схемы для определения коэффициентов уравнения регрессии; даны конкретные рекомендации по назначению приведенного модуля деформации для моделирования сооружений окружающей застройки; дан анализ изменения НДС прилегающего массива и ограждения котлована для различных грунтовых условий с учетом «углового эффекта».

6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Приведенные в диссертации методы и инженерные приемы могут служить основанием для дальнейшего развития и совершенствования расчётов взаимной работы подземных сооружений, устраиваемых открытым способом, со вмещающим породным массивом.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Полученные уравнения регрессии могут быть использованы на предварительном этапе проектирования, в частности, на этапе технико-экономического обоснования проекта, что позволит сократить сроки и стоимость предпроектных работ.

8. Замечания

По работе могут быть сделаны следующие замечания:

1. К факторам, влияющим на деформации ограждения котлована и, как следствие, на перемещения окружающей застройки, можно также отнести такие факторы как жёсткость ограждающей конструкции котлована, инженерно-геологические и гидрогеологические условия котлована, различные соотношения его размеров и формы относительно приведенных в диссертации. На следующих этапах исследований следует учесть данные факторы, в особенности, при современных возможностях по обработке больших массивов статистических данных.
2. Полученное численно-аналитическое решение рассматривает только котлованы, выполненные по консольной схеме. Следует пояснить, каким образом может быть учтено наличие различных вариантов крепления котлована и дополнительно оговорить применимость полученного метода.
3. В качестве подтверждения применимости полученных уравнений автор приводит сравнение расчётов с результатами мониторинга, что ввиду сложности постановки масштабного натурального эксперимента, является хорошим способом верификации полученных результатов, однако, по-видимому, следует расширить данные сравнения дополнительными примерами, в частности, из открытых источников.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Казаченко Сергея Андреевича.


9. Заключение

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация Казаченко Сергея Андреевича на тему «Оценка влияния устройства котлованов на близлежащие инженерные коммуникации и окружающую застройку для условий города Москвы» является завершённой научно-

квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук. Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание учёной степени кандидата технических наук, а ее автор Казаченко Сергей Андреевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании отдела Экспертизы проектной документации и системы менеджмента качества АО «Институт Гидропроект» «_01_» __февраля__ 2024__ года (Протокол заседания № _01/а_ от «02» __февраля__ 2024_ г.).

Начальник отдела ОЭПДиСМК
АО «Институт Гидропроект»,
к.т.н.

 Александров Андрей Викторович
06.02.24

Адрес: Волоколамское шоссе, д.2, Москва,
Российская Федерация, 125993
E-mail: hydro@hydroproject.ru
Тел.: +7 (495) 727-36-05