

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**профессора, доктора технических наук Полищука Анатолия Ивановича** на диссертационную работу **Ле Тхюй Зыонг** на тему: «Исследование работы свай в слабых грунтах с учетом развития сил отрицательного трения вызванных водопонижением», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения

**Актуальность темы исследования.** Развитие городов и рост их населения сопровождается, как правило, увеличением объемов откачек пресной воды для нужд городского хозяйства и промышленных предприятий, что во многих случаях вызывает дополнительные осадки фундаментов существующих зданий и сооружений, превышающую допусаемые значения. В случае свайных фундаментов, прорезающих толщу слабых грунтов, негативное влияние понижения уровня подземных вод на их работу заключается в развитии сил отрицательного трения грунта по боковым поверхностям свай. Это создает дополнительную нагрузку на сваи, может вызвать дополнительные осадки и потерю их несущей способности. В настоящее время вопросам развития сил отрицательного трения грунта по боковым поверхностям свай посвящен ряд работ отечественных и зарубежных специалистов. При этом подавляющее большинство исследований направлено на рассмотрение отрицательного трения грунта по боковой поверхности свай как результат оседания грунтового массива под действием пригрузки на поверхности основания. Исследований сил отрицательного трения грунта по боковой поверхности свай, вызванных водопонижением, выполнено ограниченное количество. В первую очередь это относится к строительным площадкам, сложенным слабыми грунтами. Результаты таких исследований практически не отражены в нормативных документах. Поэтому рассматриваемая тема диссертационной работы «Исследование работы свай в слабых грунтах с учетом развития сил отрицательного трения вызванных водопонижением», является *актуальной*.

**Структура и содержание работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 145 наименований. Общий объем

диссертации составляет 128 страниц (формат А4), включая 47 рисунков, 23 таблицы и 5 приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, отражена степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследований, отмечена научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, личный вклад автора и представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения об их апробации.

В первой главе дан краткий обзор публикаций по теме диссертации. Рассмотрены особенности инженерно-геологических условий города Ханой, характеризующих распространение в основании слабых водонасыщенных глинистых грунтов. Приведены сведения о практике применения свайных фундаментов для зданий и сооружений на рассматриваемой территории и о негативных последствиях водопонижения на их осадки несущую способность. Приведены примеры негативных последствий водопонижения, вызванного откачками пресной воды для хозяйственных и коммерческих нужд города, подчеркнута острота проблемы, обоснована необходимость ее решения.

Рассмотрены условия развития отрицательного трения грунта на работу свайных фундаментов, результаты экспериментальных и аналитических исследований специалистов о его влиянии на несущую способность свай.

Полученные данные позволили сформулировать цель и задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена численным исследованиям работы свай в слабых грунтах с учетом развития сил отрицательного трения, вызванных водопонижением. Исследования выполнялись с использованием программного комплекса PLAXIS-2D.

Рассматривалась буровая свая, помещенная на всю ее длину в слабый водонасыщенный глинистый грунт, равный по мощности длине сваи и подстилаемый слоем песчаного грунта. Слабая глина и песок моделировались моделью Hardening-soil, буровая свая – линейно-упругим материалом. Для

имитации сил трения грунта по боковой поверхностью сваи устанавливался контактный элемент. Изменяющимися параметрами являлись длина и диаметр сваи, относительная глубина водопонижения, уровень нагружения сваи вертикальной нагрузкой, определяемый отношением  $P_{cv}/F_d$ , где  $P_{cv}$  – вертикальная нагрузка на сваю,  $F_d$  – несущая способность сваи. В исследованиях использовалось также соотношение модулей деформации грунта под нижним концом и вдоль боковой поверхности сваи. Начальный уровень подземных вод задавался на отметке поверхности грунта. Расчеты и моделирование выполнялись для ненагруженной и нагруженной сваи с учетом сжатия ее ствола.

Верификация разработанной конечно-элементной модели, выполненная с привлечением опубликованных результатов испытания сваи на центрифуге, показала возможность ее использования для проведения намеченных исследований.

Результаты численных исследований, выполненных с использованием разработанной конечно-элементной модели, подтвердили факт существенного влияния понижения уровня подземных вод на работу сваи в слабом водонасыщенном глинистом грунте. Это влияние заключается в развитии на боковой поверхности сваи сил отрицательного трения, вызванных оседающим вследствие понижения уровня подземных вод грунтом, которые догружают сваю. Развитие сил отрицательного трения происходит до глубины, называемой «нулевой точкой» или «нулевой плоскостью», где смещение грунта относительно сваи равно нулю. Установлено, что глубина расположения «нулевой точки», характеризующая степень развития сил отрицательного трения на боковой поверхности сваи, увеличивается с увеличением глубины водопонижения и модуля деформации грунта под нижним концом сваи и уменьшается с увеличением длины сваи, ее диаметра и внешней нагрузки.

В третьей главе изложен математико-статистический анализ результатов проведенных численных исследований. Статистический анализ проводился на

основе теории планирования эксперимента и позволил определить степень влияния каждого из рассмотренных в численном исследовании факторов на глубину расположения «нулевой точки».

Анализ выполнен для трех различных случаев расположения «нулевой точки» в глинистом основании здания. Для каждого из рассмотренных случаев получено уравнение регрессии, выражающее зависимость нормализованной глубины расположения «нулевой точки» от учтенных факторов влияния и их сочетаний. Установленная относительная сила влияния отдельных факторов на глубину расположения «нулевой точки» для всех расчетных случаев представлена в графической форме в виде диаграмм. Диаграммы показывают, что наибольшее влияние на глубину расположения «нулевой точки» оказывает нормализованная глубина водопонижения  $h_w/L_{св}$  и соотношение модулей деформации грунта под нижним концом сваи и вдоль ее ствола  $E_{нес}/E_{гл}$ . Диаметр сваи  $D_{св}$ , ее длина  $L_{св}$  и уровень нагружения сваи вертикальной нагрузкой оказывают существенно меньшее влияние на глубину расположения «нулевой точки», но, тем не менее, достаточное для их обязательного учета в расчетах.

Факторный анализ выполнен в полном объеме, а полученные результаты подтверждают результаты численного анализа.

Четвертая глава посвящена разработке инженерного метода определения несущей способности сваи с учетом отрицательного трения, вызванного понижением уровня подземных вод. Несущая способность сваи с учетом сил отрицательного трения рассчитывается по известной формуле (7.8) СП 24.13330.2011 (так называемым «практическим методом»), где ключевым моментом, определяющим точность расчета, является правильное определение положения «нулевой точки». Полученное в результате математического полнофакторного моделирования уравнение регрессии позволяет, в общем случае, определить нормализованную глубину расположения «нулевой точки» в зависимости от всех пяти рассмотренных факторов. Для упрощения расчетов

полученные уравнения регрессии можно представить в графической интерпретации в виде номограмм, что позволяет заменить вычислительную работу выполнением простейших геометрических операций и считыванием ответов.

Наиболее простыми и удобными для применения являются четырехфакторные номограммы, в связи с чем диссертант, на мой взгляд, принял правильное решение о разработке пакета четырехфакторных номограмм для четырех значений модульного соотношения  $E_{nec}/E_{zл}$ , используя которые можно интерполяцией определить относительную глубину расположения «нулевой очки» для любого значения  $E_{nec}/E_{zл}$  по двум его ближайшим найденным по номограммам значениям. Возможность такой интерполяции диссертант подтвердил полученными в результате математического эксперимента графиками  $z_0/L_{св} = f(E_{nec}/E_{zл})$  для различных значений  $h_w/L_{св}$ ,  $D_{св}$ ,  $L_{св}$  и  $P_{св}/F_d$ , которые показывают, что во всех рассмотренных случаях между двумя ближайшими точками их можно рассматривать как прямые отрезки, как это делается при определении коэффициента сжимаемости грунта по результатам компрессионных испытаний. Номограммы для всех полученных уравнений 4-х факторной регрессии представлены в диссертационной работе. В конце главы приведен ряд примеров определения нормализованной глубины расположения «нулевой точки» по предложенным номограммам.

**Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.** Достоверность результатов работы обеспечена методологической основой диссертационного исследования, которой являются труды отечественных и зарубежных ученых в области геотехники, а также использованием современных программных комплексов и методик обработки экспериментальных данных. Эти данные не противоречат результатам развития сил отрицательного трения грунта на боковой поверхности свай, вызванных оседающей грунтовой толщи, полученных численным моделированием.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы заключается в установлении закономерностей влияния понижения уровня подземных вод на развитие сил отрицательного трения грунта на боковой поверхности буровых свай и осевых усилий по их длине; в установлении закономерностей изменения глубины расположения «нулевой точки» в зависимости от различных факторов и в разработке инженерного метода определения несущей способности буровой сваи в оседающем грунте.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическая значимость работы заключается в получении аналитических зависимостей (уравнений регрессии), позволяющих определять глубину развития сил отрицательного трения на боковой поверхности буровых свай, вызванных оседанием грунта при водопонижении в зависимости от влияющих на нее факторов и их сочетаний.

Практическая значимость работы заключается в разработке метода определения несущей способности сваи с учетом ее снижения при понижении уровня подземных вод; в возможности определения допускаемых объемов откачек пресной воды для бытовых и коммерческих нужд на территориях, сложенных слабыми водонасыщенными грунтами, при массовом строительстве на них зданий на свайных фундаментах, что, в частности, характерно для города Ханой; в возможности выполнения расчетов по разработанной методике с использованием специальных номограмм, что существенно сокращает время проектирования; в возможности использования результатов проведенных исследований и разработанного метода расчета для актуализации нормативных документов в области геотехники, в частности, региональных строительных норм г. Ханой.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.** Проведенные в диссертации исследования, их результаты, выводы и рекомендации обоснованы применением основных положений моделей поведения материалов, применяемых в механике грунтов, основных

закономерностей механики грунтов, теории упругости и пластичности, применением методов математической статистики, использованием современных программных комплексов и методик обработки экспериментальных данных.

**Замечания по диссертационной работе.** По диссертационной работе Ле Тхуй Зьонг имеются следующие замечания.

1. В диссертации исследовались вопросы работы буровых свай в слабых водонасыщенных глинистых грунтах с учетом развития сил отрицательного трения по их боковой поверхности при водопонижении. Однако не ясно, учитывалось ли взвешивающее действие подземной воды в основании при оценке влияния водопонижения на их работу?

2. Результаты выполненных исследований свидетельствуют, что в диссертации рассматривается развитие сил отрицательного трения на боковой поверхности буровых свай в слабом водонасыщенном глинистом грунте. Но в тексте диссертации нет информации о механизме взаимодействия рассматриваемого грунта с боковой поверхностью свай. Влияет ли волнообразная (шероховатая) боковая поверхность буровых свай на развитие сил отрицательного трения? Учитывалась ли такая схема взаимодействия буровой сваи и глинистого грунта в инженерном методе расчета ее несущей способности с учетом отрицательного трения при водопонижении?

3. При написании автореферата использован слишком мелкий масштаб рисунков и текста (например, рисунки 2, 5 и др.), что затрудняет их чтение и понимание отдельных фрагментов излагаемого материала.

4. В главе 1 диссертации, которая посвящена краткому обзору публикаций по заявленной теме, отсутствуют данные о осадках свайных фундаментов зданий, сооружений, обусловленных влиянием отрицательного трения грунта на работу свай.

Изложенные замечания не снижают научную и практическую ценность представленной диссертационной работы, которую можно рассматривать как

законченное научное исследование для решения важных народно-хозяйственных задач.

**Заключение.** Диссертация Ле Тхюй Зыонг является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертационная работа на тему: «Исследование работы свай в слабых грунтах с учетом развития сил отрицательного трения вызванных водопонижением» отвечает критериям документа «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Ле Тхюй Зыонг заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

**Официальный оппонент:**

Полищук Анатолий Иванович,  
доктор технических наук по специальности  
2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные  
сооружения, профессор, Федеральное государ-  
ственное бюджетное образовательное учрежде-  
ние высшего образования «Кубанский госу-  
дарственный аграрный университет имени  
И.Т. Трубилина», Заслуженный строитель РФ,  
заведующий кафедрой «Основания и фунда-  
менты».

3500044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13,  
тел. +7 (918) 293-97-30; адрес электронной  
почты: [ofpai@mail.ru](mailto:ofpai@mail.ru)

**Полищук  
Анатолий Иванович**

25.04.2023г.

Подпись Полищука Анатолия Ивановича заверяю:

