

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора **Проконова Альберта Юрьевича** на диссертационную работу **Барыкина Александра Борисовича** «Экспериментально-теоретические основы взаимодействия перекрестно-балочных фундаментов с наклонным основанием», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.02 – «Основания и фундаменты, подземные сооружения»

Представленная на отзыв диссертационная работа **Барыкина Александра Борисовича** на тему «Экспериментально-теоретические основы взаимодействия перекрестно-балочных фундаментов с наклонным основанием» состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 5 приложений и изложена на 184 печатных страницах, включает 67 рисунков и 11 таблиц. Список литературы состоит из 186 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

1. Актуальность исследования

Диссертационная работа Барыкина А.Б. посвящена развитию основ теории расчета перекрестно-балочных фундаментов на наклонных основаниях и разработке уточненной методики расчета прочности перекрестно-балочных фундаментов на основе наиболее полного учета напряженно-деформированного состояния наклонного основания при действии перераспределенных нормальных контактных давлений под подошвой фундамента. Автором диссертации обоснована необходимость дальнейшего проведения работ экспериментально-теоретического характера, направленных на выявление особенностей взаимодействия перекрестно-балочных фундаментов с наклонными основаниями. Это обусловлено тем, что в настоящее время остаются практически неизученными вопросы распределения нормальных контактных давлений под подошвой такого фундамента и напряженно-деформированного состояния конструкции при взаимодействии с наклонным основанием, не установлено влияние перераспределения контактных давлений на несущую способность фундаментов по нормальным и наклонным сечениям.

Эти обстоятельства позволяют утверждать, что выбранная тема и проведенные автором теоретические и экспериментальные исследования являются актуальными и имеют важное значение для развития строительной науки и практики страны, в особенности при проектировании и строительстве зданий и сооружений в пересеченной местности.

2. Структура и объем работы

Первая глава диссертации содержит подробный обзор исследований по предлагаемой теме. Автором проведен анализ современного состояния исследований, связанных с взаимодействием фундаментов и основания, а также определения нормальных контактных давлений под подошвой фундаментов. Отмечено, что особенности взаимодействия перекрестно-балочных фундаментов с наклонным грунтовым основанием, учитывающие не только влияние фи-

зико-механических характеристик грунта, но и угла наклона основания остаются малоизученными. Отсутствуют методики расчета действительной эпюры контактных давлений в основании под такими фундаментами с учетом их перераспределения и применении ее к определению прочности конструкции.

Автором исследованы вопросы расчета прочности железобетонных конструкций, в том числе фундаментов. Обоснована актуальность проведенных в работе исследований с целью совершенствования расчета нормальных сечений с учетом диаграммы состояния бетона сжатой зоны для продольных балок фундамента.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил сформулировать цель исследований и поставить задачи для её достижения.

Во второй главе выбраны направления экспериментальных исследований, выполнены физические эксперименты и проведен анализ полученных результатов. В ходе планирования эксперимента определены варьируемые углы наклона основания для оценки особенностей взаимодействия перекрестно-балочных фундаментов с грунтовым основанием. Разработана методика проведения экспериментов. Приняты и обоснованы: конструктивные решения опытных образцов перекрестно-балочных фундаментов, необходимый набор измерительных приборов и оборудования для нагружения фундаментов. Произведен подробный анализ результатов экспериментов каждой серии. На основании анализа сделаны обоснованные выводы по характеру распределения осадок, коэффициентов жесткости и контактных давлений в зависимости от внешней нагрузки, угла наклона основания и угла внутреннего трения грунта. Разработана методика определения объемной эпюры распределения коэффициентов жесткости основания.

В третьей главе на основе экспериментальных данных разработана методика теоретического расчета эпюры нормальных контактных давлений под подошвой перекрестно-балочных фундаментов на наклонных основаниях с использованием модели основания Винклера с переменным коэффициентом жесткости. Алгоритм данной методики включает в себя первоначальное построение расчетной трапециевидной эпюры контактных давлений без учета перераспределения для жестких фундаментных балок. Форма эпюры определяется, исходя из условия неравномерности распределения коэффициентов жесткости под подошвой фундаментной ленты. Для гибких фундаментных балок эпюра приобретает криволинейный характер за счет перераспределения давлений с помощью расчетных коэффициентов. Для проверки достоверности данного алгоритма был проведен расчет эпюр контактных давлений под фундаментом из перекрестных лент на песчаном склоне по предлагаемой методике и выполнено сравнение полученных результатов с данными экспериментов на крупномасштабных моделях фундаментов, приведенных в предшествующих исследованиях, а также численных моделей, рассчитанных с помощью геотехнической программы Plaxis 2D. Сопоставительный анализ показал, что предлагаемая инженерная методика получения эпюры нормальных контактных давлений в основании с учетом действительных деформаций адекватна и учитывает особенности деформирования такого типа фундаментов на наклонных основаниях. Рас-

хождения между экспериментальной эпюрой и теоретической составило в среднем не более 19%. Для практического применения предлагаемой методики введены соответствующие ограничения величины давлений в основании.

В четвертой главе на основании обработки экспериментальных данных разработана методика расчета прочности перекрестно-балочных фундаментов на склонах при совместном действии изгибающих моментов и продольных сил на основе деформационной модели с применением криволинейной формы эпюры напряжений в сжатой зоне бетона с учетом перераспределенной эпюры контактных давлений.

Заключение содержит основные результаты и выводы по работе.

В приложениях представлены сведения об испытанных фундаментах, а также справки, подтверждающие внедрение результатов диссертационного исследования.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертации представлена уточненная методика расчета прочности перекрестно-балочных фундаментов на основе наиболее полного учета напряженно-деформированного состояния наклонного основания при действии перераспределенных нормальных контактных давлений под подошвой фундамента. Проблема учета реального напряженно-деформированного состояния наклонного основания производится с учетом экспериментально установленных соотношений и теоретически разработанных расчетных схем с максимально приближенной к действительности раскладке внешних и внутренних усилий. К достоинствам работы следует отнести проведенные экспериментальные исследования, позволившие установить аналитические соотношения между контактными давлениями, осадками и коэффициентами жесткости основания в зависимости от линейного расположения расчетного сечения фундамента, а также угла внутреннего трения грунта. Заслуживают внимание и рекомендации по применению предлагаемой методики расчета для практического использования в расчетной практике.

Обоснованность положений и выводов по диссертации подтверждается использованием общепринятых методик экспериментальных исследований, применением расчетных зависимостей теорий строительной механики, механики грунтов и механики железобетона, достаточной сходимостью результатов расчета с результатами, полученными в ходе экспериментальных исследований, а также апробацией результатов исследований на научно-технических конференциях, симпозиумах, в том числе и международных.

4. Новизна полученных научных положений, выводов и рекомендаций

К научной новизне работы следует отнести:

- экспериментально выявленные особенности взаимодействия перекрестно-балочных фундаментов с наклонным основанием, выражающиеся в изменении коэффициентов жесткости основания и его осадок в процессе нагружения наклонного основания;

– расчетную модель определения ординат эпюры нормальных контактных давлений под подошвой фундамента с учетом изменяющегося по длине балки фундамента коэффициента жесткости и изменяющейся формой эпюры, учитывающая угол наклона основания;

– алгоритм расчета перекрестно-балочных фундаментов по прочности с учетом перераспределения контактных давлений под подошвой фундамента и диаграмм деформирования бетона и арматуры фундамента.

5. Практическая значимость результатов

Практическое значение результатов работы заключается в разработке автором методики расчетов контактных давлений в наклонном основании и напряженно-деформированного состояния железобетонных балок перекрестного фундамента при проектировании зданий и сооружений на склонах при различных углах наклона основания и уровнях внешней нагрузки. Она может быть использована в практике проектирования и оценки несущей способности конструкций фундамента, позволяя получить более точные результаты расчета, в том числе и при экспертной оценке несущей способности с учетом приведенных ограничений и соответственно более точно оценить условия взаимодействия системы «основание-фундамент» при проектировании, а также обследовании зданий и сооружений перед реконструкцией.

Личный вклад соискателя заключается в его непосредственном участии в получении исходных данных, разработке экспериментальных стендов и методики испытаний, модельных экспериментах по исследованию и установлению особенностей взаимодействия перекрестно-балочных фундаментов с наклонным основанием, в обработке и интерпретации экспериментальных данных и апробации результатов исследования.

6. Достоверность результатов исследований

Подтверждение достоверности и обоснованности полученных положений и выводов обеспечено использованием общепринятых методик экспериментальных исследований, применением расчетных зависимостей теорий строительной механики, механики грунтов и механики железобетона, хорошей сходимостью результатов расчета с результатами, полученными в ходе экспериментальных исследований.

7. Замечания по диссертационной работе

1. Не обосновано, из каких соображений в экспериментах были выбраны углы наклона склона 0° , 15° и 30° (стр. 46).

2. На рис. 2.9 (стр. 55) автор приводит график зависимости предельной нагрузки на фундамент от ширины подошвы при $\alpha = 0^\circ$ и отмечает, что «при увеличении ширины подошвы b в 2,4 раза нагрузка P увеличилась в 3 раза». Точно такие же выводы сделаны автором и при $\alpha = 15^\circ$ (рис. 2.21, стр. 67), и при $\alpha = 30^\circ$ (рис. 2.33, стр. 79). При этом неясно, исходя из каких критериев найдена предельная нагрузка, а также почему с увеличением угла наклона основания с 0

до 30° она возрастает одинаково (в 1,33 раза) для всех значений ширины подошвы.

3. При определении на физических моделях контактных давлений по длине балки всех трех фундаментов Ф-1, Ф-2 и Ф-3 (рис. 2.12, 2.13, 2.14) автором установлено увеличение давления по мере приближения к удерживающей конструкции (примерно на 15-20% относительно давления под дальней поперечной лентой), однако, не дано объяснение, почему возникает такой эффект на горизонтальном основании при вертикальном приложении нагрузок, а также почему удерживающая конструкция в данном случае оказывает влияние на перераспределение напряжений. В идеальном случае при горизонтальном однородном основании и равномерном загрузении вертикальной нагрузкой давление под каждой из лент должно быть одинаковым.

4. Из приведенного описания физической модели и результатов моделирования непонятно, учитывалось ли влияние изменяющейся по длине фундамента мощности основания на формирование эпюры контактных напряжений.

5. Автором выполнен расчет коэффициента жесткости основания K (рис. 2.15 – 2.17, стр. 60-61), единица измерения которого обозначена на графиках, как кг/м^3 . Однако, в работе не описано, как рассчитывался коэффициент жесткости, и почему получена такая размерность. Также не объяснен эффект увеличения коэффициента жесткости от «верхней» опоры к «нижней», которые на горизонтальном основании не имеют различий и передают одинаковые вертикальные нагрузки.

6. В 3-й главе при разработке методики определения нормальных контактных давлений в основании при взаимодействии с перекрестно-балочным фундаментом автор использует результаты эксперимента (глава 2), при этом выводит коэффициент δ_s (стр. 96), учитывающий неравномерность распределения осадок по длине склона и определяемый через угол наклона фундамента α (формула 3.7). В дальнейшем автор делает вывод о том, что «коэффициент δ_s меняется в зависимости от угла наклона основания от 1,47 при $\alpha = 0$ до 3,31 при $\alpha = 45^\circ$. Неясно, на основании чего сделан такой вывод, поскольку эксперименты с углом наклона фундаментов $\alpha = 45^\circ$ не проводились и возможность экстраполяции результатов эксперимента на интервал $30^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ не доказана.

7. При моделировании и разработке методики автором принята абсолютно неподвижная удерживающая конструкция. В реальных условиях, при закреплении удерживающей конструкции на склоне, в зависимости от ее конструктивных особенностей, возможны ее как вертикальные, так и горизонтальные деформации совместно с грунтом, что повлияет на напряженно-деформированное состояние наклонных фундаментов и их основания, включая перераспределение контактных напряжений под подошвой. Было бы целесообразным уточнить в работе, для каких параметров удерживающей конструкции справедлива предложенная методика, а также рекомендовать рациональные параметры такой конструкции.

8. Для повышения практической значимости работы автору следовало бы разработать рекомендации по рациональному загрузению рассматриваемых фундаментов для выбора оптимальной конструкции здания.

В.Н. АНИСИМОВ

Председателю диссертационного
совета Д 999.194.02
д.т.н., профессору
Пшеничкиной В.А.

Я, Прокопов Альберт Юрьевич, даю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Барыкина Александра Борисовича на тему: «Экспериментально-теоретические основы взаимодействия перекрестно-балочных фундаментов с наклонным основанием» по специальности 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Сведения об официальном оппоненте

| | |
|---|--|
| Фамилия, имя, отчество | Прокопов Альберт Юрьевич |
| Ученая степень, наименование отрасли науки, научных специальностей по которым защищена диссертация | Доктор технических наук, 25.00.22 Геотехнология (подземная, открытая и строительная) |
| Ученое звание | Профессор по кафедре «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы» |
| Полное наименование организации, являющейся местом работы в момент предоставления отзыва, должность | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», заведующий кафедрой «Инженерная геология, основания и фундаменты» |
| Список основных публикаций по теме диссертации в журналах ВАК за последние 5 лет (не более 15 публикаций) | 1. Прокопов А.Ю., Акопян В.Ф., Гаптлисламова К.Н. Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива и взаимного влияния подземных конструкций существующих и вновь возводимых сооружений в береговой зоне морского порта Тамань// Инженерный вестник Дона. – 2013. – №4. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2104 2. Прокопов А.Ю., Должиков П.Н., Ивлиева Е.О. Определение влияния искусственного основания на деформированное состояние здания// Научное обозрение. – 2014. – №9. – Ч.3. – С. 742 – 745. 3. Прокопов А.Ю., Тетерин А.В., Тетерин Е.А. Сдвигения и деформации оснований в районах интенсивной подработки горными выработками// Научное обозрение. – 2014. – №12. – Ч.2. – С. 519 – 523. |

4. Прокопов А.Ю., Ткачева К.Э. Исследование напряженно-деформированного состояния фундамента вертикального резервуара с учетом динамики эксплуатационных нагрузок// Инженерный вестник Дона, 2015, №3. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3200>
5. Прокопов А.Ю., Прокопова М.В., Ткачева К.Э. Моделирование напряженно-деформированного состояния породного массива при различных схемах углубки вертикальных стволов// Известия ТулГУ. Науки о Земле, 2016. – №2. – С. 155 – 163.
6. Ремез Н.С., Осипова Т.А., Прокопов А.Ю. Прогнозирование устойчивости полигонов твердых бытовых отходов в качестве оснований сооружений// Научное обозрение. – 2016. – №7. – С. 57 – 60.
7. A. Prokopov, V. Matua, V. Akopyan Monitoring of the Geotechnical State of the Array During the Reconstruction of the Roki Tunnel// Procedia Engineering. – Vol. 150. – 2016. – P. 2255-2260. (Scopus)
8. A. Prokopov, M. Prokopova, Ya. Rubtsova The experience of strengthening subsidence of the soil under the existing building in the city of Rostov-on-Don// MATEC Web of Conferences. Vol. 106. 2017. 02001. International Science Conference SPbWOSCE-2017 «SMART City»
DOI <https://doi.org/10.1051/matecconf/201710602001> (Scopus, WoS)
9. P. Dolzhikov, A. Prokopov, V. Akopyan Foundation Deformations Modeling in Underworking and Hydroactivated Rocks// International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing 692, https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_69 (Scopus)

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Инженерная геология, основания и фундаменты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет (ДГТУ)»

А.Ю. Прокопов

Подпись д.т.н., профессора Прокопова А.Ю. заверяю

Ученый секретарь ученого совета

В.Н. Анисимов

