

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Бенина Андрея Владимировича на диссертационную работу Евсеева Николая Андреевича «Развитие метода расчета зданий монолитной конструктивной системы во взаимодействии с основанием при учете физически нелинейной работы железобетонных конструкций», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Рецензируемая работа выполнена на 175 страницах машинописного текста, включая 116 рисунков, 6 таблиц, список литературы из 133 наименований, в том числе 39 на иностранных языках, а также 7 приложений к диссертации на 27 страницах.

### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

Одним из основополагающих принципов проектирования и расчета зданий на современном этапе развития строительной науки является принцип совместного расчета сооружения и основания. В настоящее время благодаря развитию современных вычислительных средств и появлению верифицированных программных продуктов решение данной задачи возможно в трехмерной постановке с использованием нелинейных моделей как основания, так и материала строительных конструкций, в частности железобетона. При этом основное внимание, как правило, уделяется именно нелинейным моделям основания, так как при любых воздействиях деформации основания оказываются нелинейными, а материал конструкций с целью упрощения и ускорения расчета описывается линейными моделями. Однако, известно, что характер деформирования железобетонных конструкций также имеет явно выраженный нелинейный характер, при этом теория нелинейного деформирования железобетона в настоящее время достаточно проработана.

Действующие нормы проектирования СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением №1)» и СП 430.1325800 «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования» рекомендуют выполнять расчет железобетонных конструкций с учетом нелинейного характера деформирования используя коэффициенты понижения модуля упругости бетона, обобщенно учитывающего различные факторы работы железобетона.

Однако на этапе совместного расчета здания и основания с учетом нелинейного характера деформирования конструкций возникает ряд сложностей:

- отсутствие процедуры верификации полученных результатов не позволяет в полной мере оценить их достоверность;
- совместный расчет здания и основания с использованием нелинейных моделей приводит к большим временным затратам и требует наличия специализированной вычислительной техники, что является существенным недостатком во внедрении данных методов расчета в практике проектирования.

Несмотря на наличие апробированной теории нелинейного расчета железобетона, на практике при расчете зданий ограничиваются расчетами с учетом нелинейного характера деформирования железобетона только отдельных конструкций или узлов, а перераспределение усилий в конструкциях всего сооружения учитывается, в соответствии с СП 63.13330.2018 и СП 430.1325800, за счет коэффициентов понижающих жёсткость. Данный подход применяется при расчетах зданий всех классов ответственности, в том числе уникальных. Необходимо отметить, что в СП 63.13330.2018 и СП 430.1325800 применяются различные подходы к определению понижающих коэффициентов, что может привести к их неверному определению, и, как следствие, к занижению или к завышению значений усилий в отдельных элементах (конструкциях) здания.

В представленной на рассмотрение работе Евсеев Николай Андреевич подошел к решению этого вопроса комплексно. Диссертант предложил научно обоснованную методику расчета зданий монолитной конструктивной системы во взаимодействии с основанием с учетом нелинейного характера деформирования железобетонных конструкций, основанную на предварительном определении понижающих коэффициентов жёсткости железобетонных конструкций и проведении многоэтапной процедуры верификации сложных численных расчетов.

Поэтому рассматриваемая работа, направленная на решение комплекса важных проблем, является весьма актуальной.

## **2. Научная новизна исследований и полученных результатов**

Основным научным результатом исследований можно считать разработку методики расчета зданий монолитной конструктивной системы во

взаимодействии с основанием, позволяющей учитывать нелинейный характер деформирования железобетона.

К новым научным результатам можно отнести:

1. Теоретическое установление факта завышения жесткости отдельных железобетонных конструкций при их расчете с использованием нормативных (СП 63.13330 и СП 430.1325800) понижающих коэффициентов, как следствие, приводящее к недостоверной оценке их напряженно-деформированного состояния.

2. Вывод теоретических зависимостей для определения коэффициентов снижения жесткости железобетонных элементов после трещинообразования при длительном нагружении и уточнении их значений, по сравнению с получаемыми при использовании действующих отечественных и зарубежных норм.

3. Разработку методики расчета зданий монолитной конструктивной системы во взаимодействии с основанием в квазиупругой постановке работы железобетонных конструкций с использованием понижающих коэффициентов жесткости элементов и численное доказательство достоверности получаемых результатов путем их сравнения с расчетами с использованием апробированной нелинейной теории деформирования железобетона.

4. Численное доказательство влияния учета нелинейного характера деформирования железобетонных конструкций при комплексных расчетах системы «здание - основание» на напряженно-деформированное состояние как отдельных строительных конструкций здания, так и на неравномерность осадок здания.

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов, сформулированных в диссертации**

В рассматриваемой диссертации автором критически проанализированы теоретические положения и выводы, выполненные предшествующими исследователями, а также имеющиеся практические рекомендации по вопросам проектирования и методам расчета железобетонных зданий монолитной конструктивной системы во взаимодействии с основанием с учётом нелинейного характера деформирования железобетона, изложенные в 74 отечественных и 30 зарубежных источниках, а также в 19 отечественных и зарубежных нормативно-правовых документах.

Изучение выводов, научных результатов и основных положений диссертации позволило установить, что соискатель Евсеев Николай Андреевич в достаточной степени владеет рассматриваемыми в диссертации вопросами и четко излагает доказательства правильности своих научных результатов и выводов. Автором корректно использованы апробированные опытом теория нелинейного деформирования железобетона, методы оценки жесткости железобетонных конструкций при действии длительных нагрузок и методы численного моделирования учета нелинейного характера деформирования железобетонных конструкций при совместных расчетах здания и основания.

Обоснованность и достоверность результатов исследований, выводов и рекомендаций достигается корректным обоснованием ограничений и допущений, принятых в ходе исследования, применением автором современного математического аппарата и сертифицированных программных комплексов, проведенной сравнительной оценкой достоверности полученных результатов теоретических расчетов с данными, полученными разными исследователями в результате натурных экспериментов, а также с результатами эталонного решения задачи о деформировании железобетонного элемента, выполненного в соответствии с требованиями СП 63.13330.

#### **4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации**

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы заключается в следующем:

- возможности определения понижающих коэффициентов жёсткости железобетонных конструкций, позволяющих заменить сложные численные расчеты конструкций с учетом нелинейного характера деформирования железобетона на упрощенные квазиупругие расчеты без существенной потери точности и значительном уменьшении длительности выполнения расчетов;
- применения многоэтапной процедуры верификации сложных численных расчетов с учетом нелинейного характера деформирования железобетонных конструкций, включающей в себя сопоставление результатов расчета с данными, получаемыми в результате применения действующих норм, а также с результатами натурных измерений, выполняемых непосредственно на объекте строительства.

Разработанная соискателем процедура верификации результатов использована и успешно внедрена ООО «Институтом архитектурно-строительного проектирования, геотехники и реконструкции» (ООО «ПИ Георекострукция» при проектировании объектов в городах Санкт-Петербург и Омск.

## **5. Критические замечания и недостатки**

Положительно оценивая рассматриваемую работу в целом, отмечая ее высокий научный уровень, достаточную степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, стоит отметить ряд замечаний.

5.1. Формула 3.2 (стр. 63) для приведенного модуля упругости железобетона не учитывает различие в модулях упругости бетона при растяжении и сжатии, наблюдаемое в экспериментах при накоплении повреждений в бетоне.

5.2. Для учета ползучести бетона автор использует формулу (см., например, формулу 1.4 на стр. 24) из СП 63.13330. Данный способ учета ползучести бетона без явного введения времени в качестве параметра в выражениях для коэффициентов снижения жесткости не позволяет получить консервативную оценку перемещений, деформаций и, соответственно, жесткостей элементов железобетонных конструкций (см., например, результаты расчетов, приведенные на рис. 3.9 и 3.13).

5.3. В работе отсутствует описание математической модели деформирования грунта, а также соответствующие значения механических характеристик грунта, используемые в расчетах в разделах 5.2-5.4.

5.4. Формулировки рассматриваемых нелинейных краевых задач, решаемых в разделах 3.3, 4.3, 4.4, 5.2-5.4 являются не полными. Не указаны используемые граничные условия (для грунта и здания), порядки аппроксимаций в конечных элементах, число степеней свободы, методы решения нелинейных задач, точности итерационных процедур). Это не позволяет производить проверку корректности полученных результатов.

5.5. Имеется ряд замечаний по оформлению работы:

- уравнение 2.8 на стр. 35 содержит опечатки;
- на рис. 2.20 на стр. 54 при сжатии деформации оказались положительными;
- на стр. 9 при описании теоретической значимости работы пропущен ряд слов: «Теоретическая значимость работы: конструкций возможно определить понижающие коэффициенты жесткости...» и т.п.

Необходимо отметить, что отмеченные недостатки носят рекомендательный характер, не относятся к главному содержанию работы и не существенно влияют на общую оценку работы. Предложенные рекомендации могут быть учтены автором в дальнейших научных исследованиях. В целом, работа выполнена на высоком профессиональном уровне и хорошо оформлена.

## **6. Выводы и рекомендации**

В целом, диссертационная работа является законченной научно-исследовательской работой, в которой на основе выполненных автором обобщений, теоретических, расчетных и экспериментальных исследований решена научная задача, посвященная развитию методов комплексного расчета зданий во взаимодействии с основанием с учетом физически нелинейного характера деформирования железобетона.

Автором по теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, в которых отражены основные положения диссертационной работы. Из них 7 опубликованы в рецензируемых научно-технических журналах по перечню ВАК РФ, в которых рекомендуется публикация материалов и результатов диссертаций, одна работа индексируется в международной базе данных Scopus.

Диссертация выполнена на современном научном уровне и представляет собой законченную самостоятельную научно-квалификационную работу. Представленные материалы изложены в логической последовательности.

Автореферат отражает содержание диссертационной работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ. Стиль изложения способствует пониманию диссертации и позволяет объективно оценить личный вклад автора и полученные результаты исследования.

В ходе проведения своих научных исследований, автор показал себя профессионально подготовленным специалистом в области расчета строительных конструкций, зданий и сооружений.

Разработанная им методика квазиупругого расчета железобетонных конструкций, позволяющая учитывать снижение жесткости здания за счет учета физически нелинейного характера деформирования железобетона и использования понижающих коэффициентов жесткости, может успешно использоваться в совместных расчетах зданий и оснований и вносит значительный вклад в развитие теории расчета железобетонных конструкций.

## Заключение

Вышеизложенный материал дает основание считать, что диссертационная работа Евсеева Николая Андреевича по содержанию, форме, актуальности, полноте поставленных и решенных задач, совокупности новых научных результатов, в достаточной степени аргументированных, отвечает требованиям п.9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям.

За развитие метода расчета железобетонных зданий монолитной конструктивной системы во взаимодействии с основанием при учете физически нелинейного характера деформирования железобетона, Евсеев Николай Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Официальный оппонент,

доцент кафедры «Механика и прочность материалов  
и конструкций» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный  
университет путей сообщения Императора Александра I»,  
кандидат технических наук,  
доцент

Бенин Андрей Владимирович

190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д.9  
(812)310-31-28  
[nich@pgups.ru](mailto:nich@pgups.ru)

13 мая 2021 года

Подпись руки Бенина  
удостоверяю.  
Заместитель начальника Службы  
персоналом О.А. Умецкая  
«13» 05 2021 г.

