

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук,

профессора **Пинуса Бориса Израилевича**

на диссертационную работу **Ле Куанг Хюи**

**«Развитие метода расчета железобетонных балок по наклонному сечению на действие поперечных сил с учетом продольного армирования»,**

представленную в диссертационный совет 24.2.380.01 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» к публичной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 - Строительные конструкции, здания и сооружения

### **1. Объем и структура диссертационной работы**

Диссертация Ле Куанг Хюи выполнена на 182 страницах основного текста, в который входит введение, четыре главы, заключение, список использованной литературы из 118 наименований и пять приложений. Автореферат диссертации занимает 27 страниц. Структура работы включает теоретические исследования, экспериментальные данные, численные модели и практические рекомендации, что обеспечивает полноту и системность изложения.

Во **введении** обоснована важность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследования. Проведен анализ степени разработанности темы, определены объект и предмет исследования. Также указаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, описаны методы исследования и основные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации работы и публикациях.

В **первой главе** представлены характеристики разрушений на наклонных сечениях изгибаемых железобетонных элементов. Проанализированы и прокомментированы результаты исследований несущей способности железобетонных балок по наклонным сечениям с учетом продольного армирования, проведенных в России и за рубежом. На основе оценки применения результатов исследований при оценке несущей способности изгибаемых железобетонных элементов по наклонному сечению на действие поперечных сил, предложены направления дальнейших исследований.

Во **второй** главе представлены этапы подготовки и проведения экспериментальных исследований. Полученные результаты испытаний включают механические и физические характеристики бетона и арматуры; величину разрушающей нагрузки железобетонных балок. Проанализированы особенности разрушения железобетонных балок, образование и развитие трещин в балках.

В **третьей** главе приведены результаты численных исследований, выполненных методом конечных элементов с использованием программного обеспечения ABAQUS на основе экспериментальных данных во второй главе. Представлено преобразование напряжений и деформаций бетонных материалов из экспериментов для применения в программном комплексе ABAQUS с помощью модели пластичного разрушения бетона с повреждениями (CDP - Concrete damaged plasticity). Также проведена оценка напряжений в продольной и поперечной арматуре, а также характеристик разрушения железобетонных балок в численных исследованиях.

В **четвертой** главе посвящена разработке предлагаемого метода расчета железобетонных балок по наклонным сечениям под действием поперечных сил с учетом продольного армирования. Эффективность предложенного метода оценивается на основе анализа экспериментальных данных и статистического анализа с использованием базы данных множества других исследователей.

В **заключении** изложены основные выводы по диссертационной работе, которые отражают главные результаты выполненных исследований, подтверждают достижение поставленной цели и сформулированы перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

**Автореферат** полностью соответствует основным идеям и выводам диссертации и оформлен согласно требованиям ВАК РФ.

## **2.Актуальность темы диссертационной работы**

Современные методы проектирования строительных конструкций, в том числе и железобетонных (СП 63.13330-2018) представляют собой приемлемый компромисс упрощенного учета физических закономерностей их поведения под нагрузкой, позволяющего получать приемлемую эксплуатационную надежность. Одновременно это предопределяет наличие объективных издержек проектных прогнозов, подтверждаемых практикой эксплуатации и требующей необходимой коррекции.

Рассматриваемая работа представляет собой экспериментально-аналитическое обоснование целесообразности коррекции расчета прочности изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям, учитывающей влияние ее продольного армирования. Подобные исследования априори актуальны и практически востребованы.

## **3.Новизна исследований и полученных результатов.**

Научная новизна сформулирована автором и, на наш взгляд, состоит в:

- систематизации и аналитическом обобщении авторских и многочисленных исследований, подтверждающих существенное влияние продольного армирования на прочность железобетонных изгибаемых элементов по наклонным сечениям;
- статистическом обосновании влияния различных факторов на прочность ЖБК при действии поперечных сил;
- разработке оригинальной статистически представительной методике практического учета уровня продольного армирования на прочность изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям.

## **4.Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

В диссертации дан глубокий анализ исследований в области сопротивления изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям, подтверждающих существенное влияние продольной арматуры не учитываемое расчётами. Подчеркнута ограниченность косвенных интерактивных подходов и предложена коррекция двухблочной модели профессоров А.А. Гвоздева –А.С. Залесова, учитывающая напряженное состояние в вершине наклонной (критической) трещины, которая зависит от уровня продольного армирования конструкций.

Приемлемость предлагаемой модели подтверждается экспериментальными данными автора и других исследований.

### **5. Достоверность**

Достоверность результатов и выводов подтверждается тщательными, к сожалению ограниченными, испытаниями автора на современном аттестованном оборудовании, использовании оригинальных статических обобщений результатов других исследований.

Результаты исследований автора одобрены на представительных научных конференциях и опубликованы в представительных научных изданиях.

В ходе работы были отмечены некоторые замечания, связанные, например, с возможностью расширения экспериментальной базы и уточнения отдельных расчетных коэффициентов. Эти замечания не снижают научной ценности работы и не влияют на основную идею и результаты исследования, однако могут стать основанием для дальнейших доработок и уточнений.

### **6. Научная значимость работы.**

Работа является многогранной систематизацией теоретических исследований и экспериментальных данных и вносит существенный вклад в теорию и практику расчета прочности изгибаемых железобетонных конструкций.

Диссертация содержит статистически обоснованную коррекцию двухблочной модели профессора А.А. Гвоздева и А.С. Залесова, учитывающую влияние продольной арматуры на стадийность напряженно-деформированного состояния и прочность железобетонных элементов по наклонным сечениям.

### **7. Практическая значимость работы.**

Практическая значимость исследования состоит в разработке инженерного метода расчета прочности по наклонным сечениям изгибаемых железобетонных конструкций, учитывающего влияние продольного армирования, повышает надёжность проектных решений и снижает риск хрупких разрушений.

Практическая приемлемость методики автора подтверждена 2 актами внедрения.

### **8. Теоретическая значимость.**

Работа представляет собой экспериментально-аналитическое и статистическое обобщение влияния продольного армирования на прочность изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям и могут являться существенным

фактором дальнейших исследований в конструкционной механике.

### **9. Вопросы и замечания.**

1. Важнейшим фактором оценки соответствия авторско-экспериментальных и проектно-статистических данных сопротивления является угол дилатации бетона. Его физический смысл, величина и условия назначения при моделировании нуждаются в соответствующем обосновании.

2. Моделирование в ABAQUS предполагает абсолютное сцепление арматуры и бетона вплоть до разрушения. Как контролируется его сохранение при образовании наклонных трещин в зоне анкеровки продольной арматуры?

3. Высокая погрешность численного моделирования (п 4.в Выводах гл.3) автор объясняет неточность эмпирической зависимости  $R_b$  и  $R_{bt}$  ? Чем доказано и объясняется?

4. Авторская экспериментальная база нуждается в большей статистической представительности.

### **10. Выводы и рекомендации.**

1. Приведенные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы и не влияют на её общую положительную оценку.

2. Диссертация содержит ключевой вывод о влиянии уровня продольного армирования и длины пролета среза на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям.

3. Разработан и обоснован инженерный метод расчёта, учитывающий влияние продольного армирования на прочность железобетонных элементов по наклонным сечениям, позволяющий существенно повысить точность проектных работ.

4. Рекомендуется дальнейшее развитие исследований по автоматизации расчёта и расширению базы экспериментальных данных.

### **11. Общее заключение**

Диссертационная работа Ле Куанг Хюи «Развитие метода расчета железобетонных балок по наклонному сечению на действие поперечных сил с учетом продольного армирования» представляет собой законченное исследование и полностью отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, содержит все необходимые

