

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук,

доцента **Балушкина Александра Леонидовича**

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

Официальным оппонентом при подготовке отзыва на диссертационную работу были приняты к изучению следующие документы: диссертация на 182 страницах текста, содержащая введение, четыре главы, заключение, список использованной литературы из 118 наименований работ и пять приложений, автореферат диссертации на 27 страницах.

Результаты анализа предоставленных материалов позволили сформулировать заключение о том, что диссертация Ле Куанг Хюи на тему: «Развитие метода расчета железобетонных балок по наклонному сечению на действие поперечных сил с учетом продольного армирования» отвечает признакам научно-квалификационной работы, соответствует паспорту научной специальности «2.1.1 Строительные конструкции, здания и сооружения» в части пункта 1: «Построение и развитие теории, разработка аналитических и вычислительных методов расчёта механической безопасности и огнестойкости, рационального проектирования и оптимизации конструкций и конструктивных систем зданий и сооружений».

Актуальность избранной темы

Изгибаемые элементы представляют наиболее распространенный вид железобетонных конструкций в промышленном и гражданском строительстве. В сечениях изгибаемых элементов действует не только изгибающий момент, но и

31

поперечная сила, которая может вызвать разрушение элемента по наклонному сечению.

В действующем нормативном документе СП 63.13330.2018, расчет **прочности наклонного сечения на действие поперечных сил** производится на основе уравнения равновесия проекций усилий от внешних и внутренних сил, действующих в наклонном сечении с длиной проекции «С» на продольную ось элемента. **Влияние продольной арматуры, в данном виде расчета прочности на действие поперечных сил, в явном виде не учитывается.** При этом многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых подтверждают влияние продольного армирования на несущую способность железобетонных изгибаемых элементов по наклонным сечениям при действии поперечных сил.

Существующие методы расчета прочности изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям, учитывающие влияние продольной растянутой арматуры трудоемки. Применение отмеченных моделей в практике проектирования железобетонных балок малопродуктивно, поскольку расчет должен осуществляться через множество промежуточных этапов, в которых многие расчетные параметры невозможно определить непосредственно из действующих нормативных документов (СП).

Таким образом, представленная диссертационная работа, в части разработки инженерного метода расчета железобетонных балок по наклонному сечению при действии поперечных сил с учетом продольного армирования для повышения точности результатов, эффективности расчета и в целом для обеспечения безопасности изгибаемых железобетонных элементов представляется актуальной и своевременной.

Анализ и оценка содержания диссертации

Во **введении** обоснована актуальность выбранной темы, поставлены цель и задачи исследования. Рассмотрена степень разработанности темы исследования, определены объект, предмет исследования. Сформулированы

научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, методы исследования, положения, выносимые на защиту. Приведена информация об апробации работы и публикациях.

В **первой главе** проанализированы и обобщены результаты исследований несущей способности железобетонных балок по наклонным сечениям в Российской Федерации и за рубежом. Рассмотрены методы расчета железобетонных балок по наклонному сечению с учетом влияния содержания продольной арматуры. Выявлены основные ограничения использования данных методов при расчете несущей способности изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям на действие поперечных сил. На основе проведенного анализа намечаются дальнейшие направления исследований.

Во **второй главе** описаны этапы подготовки и проведения экспериментальных исследований. Приведены результаты экспериментального исследования несущей способности железобетонных балок по наклонным сечениям под воздействием поперечных сил при различных процентах продольного армирования и длинах пролетов среза. На основании этих результатов были получены характеристики несущей способности и разрушения балок.

В **третьей главе** представлены численные исследования несущей способности железобетонных балок, выполненные методом конечных элементов с использованием программного комплекса ABAQUS/Explicit. Также проведено сравнение результатов численных и экспериментальных исследований. Кроме того, показаны напряжения в продольной и поперечной арматуре, а также характеристики разрушения балок в численных исследованиях.

В **четвертой главе** представлен предлагаемый метод расчета железобетонных балок по наклонному сечению на действие поперечных сил с учетом продольного армирования. Предложенный метод оценивается путем анализа экспериментальных результатов и статистического анализа с использованием базы данных других многочисленных исследователей.

В **заключении** изложены основные выводы по результатам

34

диссертационной работы и сформулированы перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

Оценка степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением общепризнанных научных гипотез, сопоставлением результатов расчетов с экспериментальными данными соискателя, статистическим анализом результатов экспериментальных исследований других авторов.

Основные выводы и рекомендации полностью отражают значимые результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований, подтверждают достижение цели работы и решение поставленных задач в диссертации.

Результаты диссертационной работы отражены в публикациях автора, обсуждались на 5 научно-практических конференциях. По теме диссертации опубликовано автором всего 6 научных статей, в том числе включенных в информационные базы ВАК и РИНЦ.

Достоверность основных результатов диссертации подтверждается данными экспериментального исследования, проведенного с использованием стандартных методов и аттестованного лабораторного оборудования. Достоверность теоретических частей обоснована общепринятыми понятиями, формулами и математическими моделями. Результаты исследований в практике подтверждаются актом внедрения в учебный процесс СПбГАСУ и справкой о внедрении в деятельность ЗАО «Архитектура и Строительство VIETARCH» (г. Ханой, Вьетнам) для расчета несущей способности железобетонных балок на стадии предварительного проектирования.

Новизна научных результатов

Новизна научных результатов заключается в:

- получении и анализе теоретических и экспериментальных данных по влиянию продольной арматуры на несущую способность железобетонных

элементов по наклонным сечениям при действии поперечных сил;

- предложении усовершенствованной методики расчета железобетонных элементов по наклонному сечению на действие поперечных сил и повышении точности расчетов;

- установлении зависимости несущей способности железобетонных балок по наклонному сечению на действие поперечных сил от коэффициента продольного армирования и длины пролета среза;

- возможности эффективного использования предлагаемой методики на практике для оценки несущей способности изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям при действии поперечных сил.

Значимость полученных результатов для науки и практики

- в определении влияния коэффициента продольного армирования и длины пролета среза на несущую способность балки по наклонному сечению;

- в разработке метода расчета изгибаемых железобетонных элементов по наклонному сечению с учетом продольного армирования;

- в получении новых экспериментальных результатов для пополнения базы данных по несущей способности железобетонных балок по наклонному сечению.

- в развитии дальнейших исследований при изменении физико-механических характеристик материалов, размеров и формы железобетонных балок.

- в построении целевой функции для прогнозирования несущей способности железобетонных балок по наклонному сечению в исследованиях с применением ИИ.

Замечание по тексту диссертации

1. Стр. 9. По тексту работы: « Проведена оценка результатов расчета по предлагаемому методу с применением методов математической статистики....».

На стр. 92-93 таблица 4.2 приводятся только значения отношений параметров, полученных автором экспериментально, к соответствующим значениям оцененным по предлагаемой методике: $Q_{\text{exp}}/Q_{\text{расчет}}$.

- Результаты **статистической** обработки результатов расчетов по **предлагаемому методу** выполнены в сравнении с экспериментальным исследованием **других авторов** представлены в п.4.3.2. на стр. 96. Табл. 4.4.
2. Стр. 45-46. Тема представленной работы касается методов расчета железобетонных элементов (ЖБЭ) по наклонным сечениям при действии поперечных сил. Значительное влияние на несущую способность изгибаемых ЖБЭ в таком расчете, оказывает не только прочность бетона на сжатие, но и в значительной степени **прочность бетона на растяжение и прочность при срезе**. Поэтому при выполнении эксперимента на **опытных** изготовленных образцах – кубах целесообразнее было оценить **прочность бетона на растяжение при раскалывании**. Полученное экспериментальное значение прочности бетона на растяжение R_{bt}^{exp} можно было использовать для верификации предлагаемой расчетной модели
3. Стр. 53, рис. 2.25 (стр. 57 рис. 2.33, стр.58 рис. 2.35). Представлены графики зависимостей «Сила – перемещение траверсы» $P - \Delta$, кН–мм. Графики в точке «0» имеют разный наклон. При упругой работе бетона, данная экспериментальная зависимость трансформируется в график «момент–кривизна» $M - \rho^{-1}$. Тангенс угла наклона зависимости $M - \rho^{-1}$ при $M = 0$, с учетом коэффициента пропорциональности – это упругая жесткость сечения опытной балки при изгибе $B_e = E_{b0} I_{red}$. Параметр упругая жесткость при изгибе B_e позволяет **для каждой отдельной** опытной балки вычислить фактический начальный модуль упругости бетона E_b , а не нормировать его через прочность на сжатие – R_b , как указано на стр.46 формула (2.4).
- При численном моделировании с использованием комплекса ABAQUS можно было использовать фактическое значение начального модуля упругости бетона E_b для каждой балки. Результаты данных расчетов представлены на стр. 73-74.
4. Стр. 70. По тексту работы: «Размер сторон конечных элементов при моделировании экспериментальных балок принят **не более 10** мм, как показано на рисунке 3.10».
- При расчетном пролете опытных балок – 900 мм и высоте сечения балок $h=120$ мм размер шага по длине составляет $\Delta_L = (1/90)L$, а по высоте сечения $\Delta_h = (1/12)h$. Указанные параметры шагов формируют достаточно «грубую» расчетную конечно - элементную сетку.
- В тексте диссертации следовало точно указать фактические размеры шагов по сечению и по длине опытных образцов, какие были приняты при выполнении численного эксперимента.

Адрес: 150023, г. Ярославль, ул. Кривова, 40;
корпус «С», первый этаж, С-120

ФГБОУ ВО «ЯГТУ»

Электронная почта: balushkinal@ystu.ru

Телефон: +7 (4852) 44-36-61

Подпись Балущкина А.Л. удостоверяю:

Проректор по экономическим,
правовым и социальным
вопросам



Парфенов С.А.