

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной деятельности
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный
университет имени В.И. Вернадского»,
д.м.н., профессор



Кубышкин А.В.

2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Мущанова Александра Владимировича** на тему: **«Действительная работа и формообразование стержневых структурных покрытий на нетиповом плане»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения**

Актуальность избранной темы

Повышение эффективности принимаемых конструктивных решений, их экономичность, учитывающая, также технологичность в изготовлении и удобство монтажа, являются одной из основных задач, на решение которой традиционно сосредоточивала свои усилия отечественная школа проектирования. Этим требованиям в полной мере соответствуют структурные покрытия, традиционной используемые при перекрытии сравнительно небольших квадратных планов (24x24 ... 36x36 м) или близких к ним. В связи с этим, дальнейшим логичным шагом в распространении этой конструктивной формы является стремление пользователей расширить ее применение на большие пролеты при сохранении вышеуказанных преимуществ, что и подтверждается традиционно большими масштабами использования структурных конструкций при перекрытии зданий и сооружений самого различного назначения.

Решение этой актуальной научно-технической задачи исследователем достигается за счет получения новых научных результатов в 2-х направлениях:

- отысканием оптимальной геометрии конструкции структурного покрытия для областей больших пролетов при нетрадиционном соотношении сторон прямоугольного плана (до 1:2.8) с сохранением типового сортамента металлопроката, используемого как для стержневых элементов, так и узловых соединений-коннекторов, при минимальной металлоемкости покрытия за счет варьирования соответствующих геометрических параметров и формы структурного покрытия;

- уточненной оценки несущей способности центрально-сжатых стержней из условия устойчивости, которая в своей основе базируется на конечно-элементном анализе напряженно-деформированного состояния конструкций, выполняемого с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР, при максимально точном воспроизведении в расчетной модели особенностей узловых соединений и стержневых элементов структурных покрытий.

В совокупности рассмотренные направления исследования обусловили, в конечном итоге, актуальность, высокую научную и практическую ценность полученных в работе результатов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждена данными экспериментальных исследований, которые выполнены с применением современных технологий и оборудования в лабораторных условиях, а также, соответствием результатов численных исследований устойчивости центрально-сжатых стержней их экспериментально зафиксированному напряженно-деформированному состоянию в составе испытываемой ячейки структурного покрытия. Обоснованность результатов подтверждается широкой апробацией основных результатов исследований на научных и научно-практических конференциях и семинарах, в работах, опубликованных в открытой печати в рецензируемых научных журналах, внедрением в практическую деятельность и учебный процесс ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка использованной литературы (149 наименований) и приложений. Общий объем работы составляет 185 страниц, в том числе 128 страниц основного текста, 33 полных страниц с рисунками и таблицами, 14 страниц списка использованной литературы, 57 страниц приложений.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цели и задачи, представлены объект и предмет исследования, сформулированы научная новизна, практическая ценность результатов работы и ее связь с государственными программами.

В первом разделе выполнен критический анализ состояния вопроса. Проанализированы результаты, полученные на основе выполненных аналитических, численных и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния и принципов рационального и оптимального проектирования структурных конструкций, ранее проведенных отечественными и зарубежными исследователями, рассмотрено влияние процесса потери устойчивости центрально-сжатых стержней на их несущую способность, отражение этих данных в современных нормах проектирования.

Во втором разделе на основе данных критического анализа выполнено обоснование методов исследования, положенных далее в основу выполняемых численных и экспериментальных исследований:

- потери устойчивости центрально-сжатых элементов структурных покрытий с учетом влияния на этот процесс их частичного защемления в узловых соединениях,
- метода экспериментальной оценки напряженно-деформированного состояния структурных конструкций и их элементов под действием статических нагрузок,
- метода решения задачи оптимизации геометрической формы структурного покрытия на прямоугольном нетиповом плане.

В третьем разделе представлены результаты численных исследований потери устойчивости и величин критических нагрузок (напряжений) центрально-сжатых стержней в упругой и упруго-пластической стадиях работы материала. Основной особенностью проведенных исследований является максимально точное воспроизведение конструктивного решения узлового соединения и самого трубчатого элемента-стержня в сформированной конечно-элементной модели, для которой дальнейший расчет напряженно-деформированного состояния выполнен в геометрически и физически нелинейной постановке. Используя полученные результаты построена модель для регрессионного анализа, на основе которой выполнено уточнение несущей способности центрально-сжатых стержней структурных конструкций с учетом их частичного защемления в шаровых вставках-коннекторах.

В четвертом разделе представлены разработанный план эксперимента и результаты экспериментальных исследований влияния узловых соединений структурных конструкций на устойчивость центрально-сжатых стержней. Представлены сформированные физические модели ячейки структурного покрытия, исследуемого при выполнении численных экспериментов и дальнейших оптимизационных расчетов, а также, одиночного стержня без узловых соединений, выполненные из материала природы в масштабе 1:1. На основе результатов испытаний выполнена верификация результатов численных исследований, представленных в третьем разделе работы. По данным проведенного экспериментального исследования установлено значительное увеличение несущей способности центрально-сжатого стержня по сравнению с расчетным значением, выполненным при условии использования традиционной шарнирно-стержневой модели.

В пятом разделе диссертации автором представлены:

- разработанный алгоритм оптимального проектирования структурных покрытий на нетиповых прямоугольных планах, отличающийся от ранее разработанных возможностью учета уточненной несущей способности центрально-сжатых стержней из условия устойчивости, обусловленного их частичным защемлением в узловых соединениях, с учетом возможного изменения общей геометрии конструкции покрытия и податливости опорных конструкций;

- результаты оптимизационных исследований и полученные на их основе функциональные зависимости для назначения оптимальных геометрических параметров проектируемой конструкции и удельного расхода стали на стадии предпроектной разработки;

- результаты учета влияния податливости опорных конструкций на параметры оптимальной геометрии и удельную металлоемкость.

В **выводах** изложены основные результаты работы, составляющие научную и практическую ценность проведенного исследования.

Излагаемый материал представлен в четкой логической последовательности и соответствующим образом структурирован. Представленная на рецензию работа является самостоятельно выполненным и завершенным научным трудом, а автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность основных положений диссертации подтверждается отсутствием в них противоречий по отношению к базовым и фундаментальным положениям, лежащим в основе закономерностей изменения параметров напряженно-деформированного состояния исследуемой конструктивной формы, теории устойчивости стержней, теории оптимального проектирования строительных конструкций.

При этом, основная научная новизна полученных в работе результатов состоит в:

- уточнении несущей способности центрально-сжатых элементов структурного покрытия, выполненных из стали с расчетным сопротивлением $R_y = 240$ МПа, обусловленной учетом их частичного защемления в шаровых вставках-коннекторах, и выраженной через уточненные значения коэффициента приведения геометрической длины стержня к расчетной μ и коэффициента продольного изгиба φ , как функций гибкости стержня λ ;

- разработанном алгоритме оптимизации конструктивной формы структурного покрытия по критерию удельной металлоемкости, отличающегося от ранее разработанных подходов возможностью уточненного учета несущей способности цен-

трально-сжатых элементов, новым подходом к назначению общей геометрии и оптимальных геометрических параметров проектируемых систем на нетиповых прямоугольных большепролетных планах, в том числе, с учетом податливости опорных конструкций.

- установленных зависимостях оптимальных геометрических параметров и удельной металлоемкости проектируемой конструкции как функций расчетной нагрузки и формы плана покрытия.

Замечания

1. Несмотря на достаточный объем и критический анализ ранее проведенных исследований, на наш взгляд, анализ работ, посвященных оптимальному проектированию структурных покрытий, должен быть более представительным, поскольку этому вопросу посвящено большое количество работ как отечественных, так и зарубежных исследователей. Кроме того, отсутствует сравнение результатов оптимизации проектных решений, полученных автором, с полученными ранее. Такое сравнение позволило бы дополнительно обосновать важность выбранных автором параметров проектирования для получения оптимальных проектных решений.

2. Выполненное автором исследование устойчивости стержней в конечно-элементной постановке, несомненно, отличается новизной и оригинальностью. Вместе с тем, задаваемое при использовании статического метода начальное несовершенство в виде полуволны синусоиды с максимальной стрелой отклонения $f/l = 1/700$, требует более четкого обоснования, поскольку в конечном итоге влияет на искомую оценку несущей способности центрально сжатого стержня из условия устойчивости.

3. Проведенная в четвертом разделе работы верификация результатов численных исследований данными эксперимента на моделях, выполненных в масштабе 1:1, является необходимым, но не достаточным по объему исследованием, поскольку проведена лишь для стержней с теоретическим значением гибкости $\lambda = 120$. Для более корректного сравнения результатов следовало бы провести экспериментальную проверку и для других (в первую очередь меньших) значений гибкостей стержней.

4. Учитывая, что исследованию подвергается многократно статически неопределимая система и одной из задач исследования ставится уточненная оценка несущей способности центрально-сжатых стержней в составе структурного покрытия, интересным в научном и практическом плане явлением могло бы стать изучение остаточной несущей способности стержней в закритической стадии работы и его влияние на уточненную несущую способность сооружения в целом. Однако это явление абсолютно не рассматривается как при проведении численных, так и экспериментальных исследований.

Общие выводы

Следует отметить, что указанные замечания в большей степени носят рекомендательный характер, направленный на дальнейшее развитие работы, и не влияют на общую положительную оценку работы. В целом, в работе решена актуальная научно-техническая задача разработки методики оптимального проектирования структурных покрытий на нетиповых прямоугольных планах с учетом значимых параметров проектирования и уточненной несущей способности центрально-сжатых стержней, обеспечивающих возможность использования типовых конструктивных элементов.

По своей актуальности, научной и практической значимости полученных результатов, диссертация в полной мере отвечает требованиям п. 2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мушанов Александр Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры строительных конструкций Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» «05» марта 2021 г., протокол №6.

Кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой строительных
конструкций Академии строительства
и архитектуры (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»



С.В. Родин

Академия строительства и архитектуры
(структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,
295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181,
Тел.: +7 (3652) 22-24-59, e-mail: contact@aca.cfuv.ru, Сайт: www.aca.cfuv.ru

Настоящим я, Родин Станислав Владимирович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.



С.В. Родин

Личные подписи к.т.н., доцента Родина Станислава Владимировича заверяю:

Ученый секретарь ФГАОУ ВО
«КФУ им. В.И. Вернадского»



Л.М. Митрохина

ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,
295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4,
e-mail: sciensec@yandex.ru

Настоящим я, Кубышкин Анатолий Владимирович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Доктор медицинских наук, профессор,
проректор по научной деятельности
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»



А.В. Кубышкин