

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.380.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 10.02.2022 № 1

О присуждении Смирнову Максиму Олеговичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Прочность и устойчивость стержневых элементов конструкций из холодногнутых профилей с фактически редуцированным сечением» по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения принята к защите 02.12.2021 (протокол заседания № 26) диссертационным советом 24.2.380.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 2 ноября 2012 года № 714/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.02.2014 года №55/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.03.2014 года №126/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25.05.2016 года №590/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.12.2017 года №1246/нк., приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 30.01.2019 года №37/нк., приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26.01.2022 года №86/нк.

Соискатель Смирнов Максим Олегович «05» июля 1993 года рождения.

В 2017 году соискатель с отличием окончил ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений». В 2021 году окончил ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», освоив программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 08.06.01 «Техника и технологии строительства» по направленности «Строительные конструкции, здания и сооружения» (очная форма обучения).

Работает старшим преподавателем на кафедре информационных технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре металлических и деревянных конструкций ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Белый Григорий Иванович, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра железобетонных и каменных конструкций, профессор-консультант.

Официальные оппоненты:

Туснин Александр Романович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», кафедра металлических и деревянных конструкций, профессор;

Соловьев Алексей Витальевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», кафедра металлических и деревянных конструкций, заведующий;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», город Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Богдановой Галиной Алексеевной (кандидат технических наук, доцент, кафедра «Строительные конструкции, здания и сооружения», и.о. заведующего кафедрой), указала, что представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Вопросы, решенные диссертантом в работе, имеют существенное значение для решения важных прикладных задач в области проектирования металлических конструкций. Работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Смирнов Максим Олегович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 4 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Научные статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных изданиях, перечень которых размещен на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии и приравненные к ним:

1. Белый Г. И., Смирнов М.О. Совершенствование инженерной методики расчета на прочность стержневых элементов легких стальных тонкостенных конструкций // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 1 (78). С. 72-81. (авторский вклад 50%).

2. Смирнов М.О. Совершенствование методики определения редуцированных сечений стержней из холодногнутох профилей при однопараметрическом нагружении. // Вестник гражданских инженеров. 2020. №2(79). С 60-67. (авторский вклад 100%).

3. Белый Г. И., Смирнов М.О. Обратный численно-аналитический метод расчета легких стальных тонкостенных стержневых элементов // Промышленное и гражданское строительство. 2021. №3. С. 57-68. (авторский вклад 50%).

4. Смирнов М.О. Совершенствование обратного численно-аналитического метода расчета ЛСТК на устойчивость при внецентренном сжатии. // Вестник гражданских инженеров. 2021. №1 (84) С. 46-52. (авторский вклад 100%).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ООО «Фирма УНИКОН», г. Кемерово, президент научно-исследовательской и проектно-строительной фирмы УНИКОН, почетный строитель РФ, член союза архитекторов РФ, член Научного Совета «Металлические конструкции» РААСН, член рабочих групп подкомитетов 18 и 20 ТК 465 «Строительство», кандидат технических наук **Катюшин Виктор Васильевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- На наш взгляд не совсем удачным является введение соискателем параметра φ как безразмерного напряжения в сечении стержня от продольной силы ввиду идентичности с устоявшимся обозначением через φ коэффициента продольного изгиба при центральном или внецентренном сжатии.

- Исходя из положения соискателя о том, что им разработана инженерная методика, следовало бы более развернуто показать, каким образом определяется предлагаемый им коэффициент потери местной устойчивости и формы сечения φ_{loc} , являющийся существенным отличием предлагаемой методики от нормативной по СП 260.1325800.2016.

- В диссертационной работе при аналитических и численных расчетах (судя по автореферату), рассматриваются идеальные, как по форме сечения, так и по прямолинейности его оси, тонкостенные стержни. Однако, именно несовершенства формы сечения и искривления оси тонкостенного стержня, приводят к существенному снижению его несущей способности как в сжатых зонах сечения, так и стержня в целом по сравнению с

идеализированной моделью. Возможно, неучёт этих факторов приводит к расхождениям расчетной несущей способности тонкостенных стержней по предлагаемой методике по сравнению с нормативной, приведенной в СП 260.1325800.2016.

2. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (институт АО «НИЦ «Строительство»), г. Москва, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией высотных зданий и сооружений Отдела металлических конструкций №6, кандидат технических наук **Конин Денис Владимирович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- Из текста автореферата не ясно, каким образом в обратной численной методике расчета на прочность стержней учитываются случайные эксцентриситеты и погибы, в том числе возможные локальные погибы? Можно ли в предложенную инженерную методику включить в параметрическом виде случайные эксцентриситеты?

- В процессе исследования и проверки, полученных численных и аналитических методик рассмотрены составные поперечные сечения, имеющие две плоскости симметрии. Возможно ли использовать предложенные автором подходы к несимметричным поперечным сечениям, которые также широко используются при строительстве зданий, в том числе модульных быстровозводимых зданий?

3. ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», заведующий кафедрой металлических конструкций, доктор технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения, профессор **Зверев Виталий Валентинович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- В автореферате говорится: «... испытываемые образцы разрушались при глубоких пластических деформациях». Что понимается под «глубокими пластическими деформациями»? Особенно, учитывая, что используются малые толщины листа.

- Чем объяснить существенный запас несущей способности (до 55%) при расчете по Североамериканским нормам (стр. 21)?
- Желательно пояснить тезис: «однако, испытываемые образцы теряют местную устойчивость лишь на определенных участках...». О каких участках идет речь? Их протяженность, расположение?

4. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, заместитель заведующего ОМК, кандидат технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения **Урицкий Михаил Романович.**

Отзыв положительный, имеются замечания:

- В автореферате расчеты представлены на примере спаренных С-образных профилей, применима ли данная методика при других типах поперечных сечений, например, одиночные С, Σ , Z –профили?
- В списке основных научных публикаций по теме диссертации у статьи под номером 3 не точное название.

5. ООО «НИИ Транснефть», г. Москва, старший научный сотрудник отдела технологии строительства и ремонта, кандидат технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения **Липленко Максим Александрович.**

Отзыв положительный, имеются замечания:

- Автор в расчетах использует допущение о постоянной редукации сечения по всей длине рассчитываемого стержня. Как известно, редукация, вызванная местной потерей устойчивости граней тонкостенного профиля, зависит от напряженно-деформированного состояния, которое может меняться по длине стержня, что и отмечается самим автором. Проводилась ли оценка фактической редукации на несущую способность элементов подверженных действию продольной силы и изгибающего момента?
- Из автореферата диссертации осталось неясным, каким образом в предлагаемой методике учитывается потеря формы сечения профиля?

6. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», заведующий кафедрой инноватики и интегрированных систем качества, доктор технических наук, доцент **Фролова Елена Александровна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- В программе по определению редуцированных характеристик сечения, изложенной в автореферате, представлен расчет только спаренных С-образных профилей. Не указано применим ли ее функционал для расчета элементов из одиночных профилей.

- Исходя из содержания автореферата, инженерные расчеты по предложенной методике предполагается выполнять, опираясь на табличные значения коэффициентов φ_{loc} , такой подход не является универсальным из-за необходимости большого количества таблиц под каждый конкретный тип сечения.

7. ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», профессор кафедры строительных конструкций Строительного института, кандидат технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения, доцент **Корсун Наталья Дмитриевна**.

Отзыв положительный, замечаний нет.

8. ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», доцент кафедры «Механика», кандидат технических наук по специальности 01.02.03 – Строительная механика, доцент **Волков Владимир Павлович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- В цели исследования (стр. 5) указано разработка метода расчета, что следовало бы заменить на разработку методики расчета.

- Приведен сравнительный анализ результатов расчета на прочность ЛСТК по предложенной методике с результатами расчетов по EN 1993-1-3-2006 (стр. 16-18), а следовало бы сравнить с результатами эксперимента.

- Сравнительный анализ результатов расчета ЛСТК на общую устойчивость с 3-мя экспериментальными исследованиями зарубежных и отечественных авторов, а также с результатами расчета МКЭ, желательно представить в виде графиков (наглядность), а не в виде цифр погрешностей отклонения (стр. 22-23).

- Т.к. автор защищается по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения, то желательно представить собственные экспериментальные исследования.

9. ООО «Строительное Проектирование», г. Тула, генеральный директор, доктор технических наук, профессор **Злобин Сергей Федорович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- В работе указывается на разработку алгоритма определения фактической редукции сечения при совместном действии и взаимном влиянии всех действующих усилий, однако, как таковой, конечный набор инструкций, описывающий порядок действий для решения задачи (т.е. собственно алгоритм), в тексте явно или в виде ссылки отсутствует.

- Учитывая применение численных методов, в том числе МКЭ в Ansys, без внимания остался аспект оценки погрешности получаемых результатов, например, в виде анализа сопоставления значений напряжений при различных размерах конечных элементов.

- На стр. 22 автореферата делается вывод о влиянии редукции на устойчивость и указываются конкретные значения $\varphi_{loc}=0,68...0,8$ и $0,92$, однако, данные значения относятся к конкретному спаренному С-образному профилю 190x90x20x2.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в научной и образовательной средах, в исследуемой предметной области, а также способностью определить научную и практическую ценность диссертации, спецификой и актуальностью их основных научных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая методика и программа расчета тонкостенных холодногнутых стальных элементов на прочность и общую устойчивость при действии нескольких силовых факторов с учетом фактической редукции сечения, позволяющая существенно повысить точность и скорость выполнения расчетов; программа для определения фактической редукции при совместном действии усилий в сечении тонкостенных холодногнутых стальных элементов, вызванной потерей местной устойчивости и формы сечения, позволяющая ускорить и автоматизировать вычисления;

предложена инженерная методика расчета элементов легких стальных тонкостенных конструкций на прочность и устойчивость при общем характере загрузки с введением коэффициента φ_{loc} , учитывающего влияние потери местной устойчивости на несущую способность;

доказана перспективность использования в строительной науке и практике проектирования обратной численно-аналитической методики расчета на прочность и общую устойчивость тонкостенных холодногнутых стальных элементов, отражающей их действительную работу;

введено в терминологическое обеспечение исследуемых задач понятие коэффициента потери местной устойчивости и устойчивости формы сечения в расчетах на прочность, зависящего от относительных эксцентриситетов приложения продольной силы, а в расчетах на общую устойчивость – от относительных эксцентриситетов и условной гибкости стержня.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, определяющие целесообразность и возможность применения обратной численно-аналитической методики для расчета тонкостенных холодногнутых стержней, а также необходимость учета фактической редукции в задачах прочности и общей устойчивости;

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы:

метод «эффективной ширины», принятый в действующих европейских и отечественных нормах для определения редукиции; техническая и деформационная теории расчета тонкостенных стержней открытого профиля; метод конечных элементов для верификации полученных результатов, полученных в ходе аналитических расчетов;

изложен подход к расчету элементов легких стальных тонкостенных конструкций при общем характере загрузки, подразумевающий замену редуцированного сечения на нередуцированное с догрузением фиктивной силой, компенсирующей ослабление. При таком подходе геометрические характеристики ослабленного сечения определяются относительно главных осей нередуцированного сечения, что существенно упрощает построение инженерной методики расчета;

раскрыты несоответствия существующей нормативной методики расчета тонкостенных холодногнутых элементов их действительной работе, которые противоречат некоторым основным принципам строительной механики, которые могут приводить к недостоверным результатам;

изучено влияние потери местной устойчивости и потери формы сечения на прочность и общую устойчивость легких стальных тонкостенных стержней при действии продольной силы с двухосными эксцентриситетами;

проведена модернизация существующей нормативной методики расчета тонкостенных холодногнутых элементов на прочность и общую устойчивость при действии нескольких силовых факторов, повышающая точность получаемых результатов и существенно увеличивающая скорость расчетов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена обратная численно-аналитическая методика расчета, что подтверждается справкой о внедрении в практическую работу ООО «ЦНИИ ПроектСтальКонструкция», г. Москва Теоретические положения и полученные результаты исследований используются в учебном процессе

ФГБОУ ВО «СПбГАСУ» при выполнении выпускных квалификационных работ, дипломных проектов и магистерских диссертаций;

определены перспективы дальнейшей разработки представленных в диссертационной работе алгоритмов и методик для упрощения поиска коэффициентов потери местной устойчивости, поиска эффективных форм поперечных сечений, внедрения в постпроцессоры современных расчетно-вычислительных комплексов;

создана программа для определения редукции в сечениях легких стальных тонкостенных стержней, позволяющая определять эффективные характеристики при любом напряженном состоянии и учитывающая как местную потерю устойчивости, так и потерю формы сечения;

представлены рекомендации по построению конечно-элементных моделей тонкостенных холодногнутых элементов, учитывающих начальные несовершенства, нелинейность и пространственную работу.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ зарубежных и отечественных исследователей, рассмотренных в диссертации, проведен анализ корректности использования выбранных условий закрепления и способов приложения нагрузки, выполнено сравнение с результатами численных и аналитических расчетов;

теория построена на методе «эффективной ширины», утвержденном действующими нормами проектирования, технической теории В.З. Власова, деформационной теории упругих стержней, обобщенной Б.М. Броуде и Е.А. Бейлиным, а также численно-аналитическими методами решений Г.И. Белого;

идея базируется на анализе и обобщении передового теоретического, практического зарубежного и отечественного опыта расчета тонкостенных стержней открытого профиля и элементов легких стальных тонкостенных конструкций;

использованы ранее накопленные наукой и практикой знания, научный опыт моделирования, исследования и расчета тонкостенных холодногнутых профилей;

установлена хорошая сходимость результатов, полученных по представленной в диссертационной работе обратной численно-аналитической методике расчета с натурными испытаниями зарубежных и отечественных исследователей, а также с результатами расчетов методом конечных элементов;

использованы современные методики сбора и обработки исходных данных и результатов расчета с обоснованием выбора объектов исследования и их достаточности для заключения соответствующих выводов.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии автора на всех этапах исследования; в постановке задач диссертационного исследования; в анализе и обобщении теоретических и экспериментальных материалов по теме исследования; разработке программ по вычислению фактической редукции в сечениях элементов легких стальных тонкостенных конструкций и определению коэффициентов потери местной устойчивости и устойчивости формы сечения при расчетах на прочность и общую устойчивость; в верификации полученных аналитических результатов через анализ натурных испытаний зарубежных и отечественных исследователей; сравнении результатов расчетов по обратной численно-аналитической методике с действующими нормативными методами; подготовке основных научных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В исследованиях предлагается сохранить нередуцированное сечение, но ввести дополнительную фиктивную силу. На слайдах, посвященных расчетам на устойчивость, есть выражения, которые позволяют ее определить. Но при расчете на прочность нет формулы для определения фиктивной силы.

2. В представленной инженерной методике расчета на устойчивость указано, что коэффициент φ можно получить в аналитическом виде. Далее приведено три уравнения для его определения по различным формам потери общей устойчивости: квадратное, кубическое и четвертой степени. Как в аналитическом виде получить коэффициент φ , например, из уравнения четвертой степени? В данном случае утверждение о возможности получения коэффициентов φ аналитически не является корректным.

3. В докладе говорится о том, что использование нормативной методики приводит к недостоверным результатам. Чем это подтверждается?

Соискатель Смирнов М.О. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. В случае расчета на прочность нет необходимости в определении фиктивной силы, так как, определив фактический коэффициент продольной силы φ_{ef} , можно сразу получить коэффициент φ_{loc} .

2. В таком случае аналитически получить коэффициент φ не получится, но можно воспользоваться программными инструментами (например, Mathcad) и получить коэффициент численными методами.

3. В докладе были представлены графики зависимости коэффициентов φ_{ef} (при расчете на общую устойчивость), полученные различными способами (в том числе по нормативным методикам). По графикам можно судить о том, что расчет по нормативной методике может занижать несущую способность.

На заседании 10.02.2022 года диссертационный совет принял решение – за решение актуальной научно-практической задачи по расчету тонкостенных холодногнутых профилей на прочность и устойчивость с учетом фактической редукции, имеющей значение для развития знаний в области строительства зданий и сооружений, присудить Смирнову М.О. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения, участвовавших в

заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

10.02.2022 г.



Морозов Валерий Иванович

Попов Владимир Мирович