

"УТВЕРЖДАЮ"

Первый проректор-  
проректор по научной работе  
РУДН  
доктор медицинских наук, профессор, член-корр. РАН  
А.А. Костин  
11.11.2022

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН) на основании решения заседания департамента строительства**

Диссертация «Моделирование работы тонкостенных стальных профилей в составе пространственных рам с учетом стесненного кручения» подготовлена в департаменте строительства инженерной академии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов».

Гебре Тесфалдет Хадгембес, 28.11.1984 года рождения, гражданин Эритреи, в 2018 году с отличием окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» по направлению 08.04.01 «Строительство», профиль «Вычислительная строительная инженерия».

С 22.09.2018 по 21.09.2022 г. (приказ № 568/И) обучался в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» по программе подготовки научно-педагогических кадров по направлению, соответствующему научной специальности 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения». Диссертация подготовлена по научной специальности 2.1.9. Строительная механика.

Гебре Тесфалдет Хадгембес с 1 сентября 2019 года по настоящее время работает в должности ассистента департамента строительства инженерной академии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2022 году в Российском университете дружбы народов (РУДН).

Научный руководитель – Галишникова Вера Владимировна, доктор технических наук (шифр 05.23.17), проректор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) и профессор департамента строительства инженерной академии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Российского университета дружбы народов (РУДН).

Тема диссертационного исследования в окончательной редакции была утверждена на заседании Ученого совета инженерной академии РУДН 21.09.2021 г., протокол № 2022–08/10.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Тема диссертационного исследования соответствует основным направлениям научно-исследовательской работы департамента строительства инженерной академии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов».

**Актуальность темы исследования.** Обусловлена недостаточной изученностью вопроса о напряженно-деформированном состоянии тонкостенных элементов при стесненном кручении с учетом характеристик сечений, особенностей работы открытых и закрытых типов профилей. В представленной диссертации проводится сравнение данных, полученных экспериментальным путем, с результате расчета стержней пространственных рам методом конечных элементов при помощи уточненной теории, предложенной автором и реализованной в прикладных программах, а также с результатами, полученными с применением программного комплекса ABAQUS и ANSYS.

В настоящее время в большинстве работ, посвященных проблеме стесненного кручения тонкостенных элементов, принимаются допущения о том, что деформации сечения в плоскости сечения пренебрежимо малы и относительной деформацией сдвига срединной поверхности допустимо пренебречь. Однако при соответствующих нагрузках и граничных условиях может возникать деформация сдвига, которая оказывает существенное влияние на напряженное состояние тонкостенного элемента при кручении.

Достаточно подробно разработаны хорошо зарекомендовавшие себя теории кручения, позволяющие при стесненном кручении определять, как осевые и сдвиговые деформации, так и углы закручивания. При этом большое количество работ посвящено исследованию кручения балок открытого профиля, но гораздо меньше внимания уделялось вопросу кручения элементов закрытого профиля. В виду этого в представленной работе уделяется внимание проблеме кручения балок с тремя типами сечений (двутавр, швеллер и коробчатое сечение).

Для расчета тонкостенных балок разработан конечный элемент, учитывающий неоднородность кручения с использованием гиперболических интерполирующих функций, а также предлагается конечный элемент постоянной жесткости с учетом депланации сечения как для открытых, так и закрытых типов сечений. Введение этих предпосылок позволило устранить ограничения существующей теории кручения и получить уточненные конечные элементы для внедрения на практике.

**Степень разработанности темы исследования.** Современные исследователи внесли значительный вклад в развитие теории и разработку методов расчета тонкостенных конструкций. Экспериментальным и теоретическим исследованием сечений тонкостенных балок с ограниченным кручением занимались Тимошенко С.П., Власов В.З., Бычков Д.В., Белый Г.И., Туснин А.Р., Воронцов Г.В., Соловьев А.Б., Ватин Н.И., Лалин В.В., Рыбаков В.А. и др. Моделированию поведения тонкостенной конструкции с учетом стесненного кручения посвящены работы следующих авторов: Белый Г.И., Власов В.З., Тимошенко С.П., Бондарь, В.С., Даншин, В.В., Benscoter, S. U., Bank, L. C., Lee, J., Туснин А. Р., Ivanov, S.S., Azarov, A.A., Прокич, М., Wang, Z.-Q., Zhao, J.-C, Vukasović, M., Pavazza, F, Massa, J.C., Barbero, E.J., Kuttke, P., El Fatmi, Qi, H., Sapountzakis, E.J., Duan, L., Murin, J., Emre Erkmén, Wang, Z.Q., El Fatmi, Back, S. Y, Chen, B. Z, Shakourzadeh, H., и др.

В работе рассмотрены и критически оценены основные результаты как отечественных, так и зарубежных исследований. Опыт, накопленный при исследовании поведения тонкостенных сечений с ограниченным кручением, применим для анализа и проектирования элементов каркаса тонкостенных стальных конструкций.

**Научно-техническая гипотеза.** При расчете тонкостенных стальных элементов необходимо учитывать эффекты стесненного кручения. В виду этого, автором предлагается теория, учитывающая эффект депланации поперечного сечения тонкостенного элемента при кручении.

**Ценность научных работ соискателя** заключается в разработке положений конечно-элементной теории расчета пространственных стальных тонкостенных элементов, реализации этих положений в программных приложениях для расчета элементов с учетом стесненного кручения, проведении экспериментальных исследований, направленных на определение параметров напряженно-деформированного состояния балки в условиях стесненного кручения, обработки экспериментальных данных и критического анализа полученных результатов.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в разработке аналитических моделей и общей теории расчета тонкостенных элементов открытого и закрытого типов сечений на стесненное кручение. Автором разработаны конечно-элементная теория кручения тонкостенного пространственного балочного элемента открытого сечения и приближенная теория стесненного кручения с учетом депланации сечения. Предлагаемые теории могут успешно применяться для расчетов конструкций, подверженных комбинированным нагрузкам изгиба и кручения.

Достоверность предлагаемых теорий получила практическое подтверждение в результате проведенных при личном участии автора лабораторных экспериментов.

Положительную оценку также получили полнота и обоснованность использования материалов диссертации в работах, опубликованных автором. Диссертация полностью соответствует специальности 2.1.9. Строительная механика.

**Специальность, которой соответствует диссертация.** Диссертация Гебра Тесфалдета Хадгембеса «Моделирование работы тонкостенных стальных профилей в составе пространственных рам с учетом стесненного кручения», по своему содержанию, предмету и методам исследования соответствует специальности 2.1.9. Строительная механика и следующим пунктам Паспорта специальности: п. 1. «Общие принципы расчета зданий, сооружений и их элементов на всех этапах жизненного цикла.», п. 2 «Линейная и нелинейная механика конструкций, зданий и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета», п. 4 «Численные и численно-аналитические методы расчета зданий, сооружений и их элементов на прочность, жесткость, устойчивость при статических, динамических, температурных нагрузках и других воздействиях», п. 11 «Экспериментальные методы исследования зданий, сооружений и их элементов».

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.** Основные положения диссертации опубликованы в 10 печатных работах, из них 8 публикаций в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, 2 публикации – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных «Перечнем РУДН» / ВАК РФ, 9 зарегистрированных программ для ЭВМ.

Диссертационное исследование полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

***Публикации в изданиях, индексируемых в БД Scopus:***

1. Tesfaldet Gebre, Evgeny Lebed, Vera Galishnikova, Comparative study of the AISC-LRFD, Eurocode 3 & SP 16.13330.2017 steel member's design, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., Volume 675 (012009)
2. T. H. Gebre, and V. V. Galishnikova, 2020, The impact of section properties of thin-walled beam section with restrained torsion J. Phys.: Conf. Ser. 1687 012020. DOI:10.1088/1742-6596/1687/1/012020
3. V. V. Galishnikova, T. H. Gebre, Behaviour of Thin-Walled Beam with Restrained Torsion. Journal of Magazine of civil engineering 110(2)11009 DOI:10.34910/MCE.110.09
4. T. H. Gebre, V. V. Galishnikova and E. M. Tupikova, warping behaviour of open and closed thin-walled sections with restrained torsion. Engineering Letters, 30(01):pp354-361.

5. T. H. Gebre, V. V. Galishnikova and E. M. Tupikova the design guide for space frames with or without warping restraint at nodes, AIP Conference Proceedings 2559, 050016 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0099013>
6. Tesfaldet Gebre, Vera Galishnikova, Evgeny Lebed, Evgeniya Tupikova Warping Bimoment and Its Effect on Analysis of Thin-Walled Sections, AIP Conference Proceedings 2559, 050012 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0101531>
7. Tesfaldet Gebre, Vera Galishnikova, Evgeny Lebed, Evgeniya Tupikova Finite Element analysis of 3D thin-walled beam with restrained torsion. Proceedings of FORM 2022, Lecture Notes in Civil Engineering 282, [https://doi.org/10.1007/978-3-031-10853-2\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-031-10853-2_34).
8. Vatin N.I., Gebre T.H., and Gebreslassie S.B., 2020, The trends and practical look of advanced steel frame structures, Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings, Vol 16, No 3, Pp. 203-208. DOI 10.22363/1815-5235-2020-16-3-203-208.

*Публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК:*

1. Vera V. Galishnikova, Tesfaldet H. Gebre, 2018, A Comparative study of Beam Design Curves against lateral Torsional Buckling Using AISC, EC and SP. Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings, Pp. 25-32. DOI: 10.22363/1815-5235-2019-15-1-25-32
2. Tesfaldet H. Gebre. 2018, The development of chart-based method for steel beam designs using the Russian sections, Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings, Vol 16, No 3. Pp. 192-197. <https://doi.org/10.22363/1815-5235-2018-14-6-495-501>

*Зарегистрированные программы для ЭВМ:*

1. Выбор сечения стального элемента, подлежащего изгибу с кручением, 2021. Программа для ЭВМ. 2021 г. заявка No 2021665309.
2. Расчет на устойчивость колонн в стальных каркасах зданий с учетом бокового раскачивания, 2021 г. Программа для ЭВМ. заявка No 2021665310.
3. Проектирование тонкостенных балок с учетом стесненного кручения методом конечных элементов с использованием Mathcad, 2022 г. Программа для ЭВМ. заявка No 2022616355.
4. Конечно-элементный анализ плоской фермы с использованием программирования на Java, 2022 г. Программа для ЭВМ. заявка No 2022618840.
5. Конечно-элементный расчет тонкостенных конструкций при комбинированной нагрузке с учетом стесненного кручения с использованием Mathcad, 2022 г. Программа для ЭВМ 2022616354.

6. Проектирование пластинчатых балок с использованием Mathcad. 2022 г. Программа для ЭВМ 2022660918.
7. Проектирование элементов балки на изгиб с использованием Mathcad, 2022 г. Программа для ЭВМ 2022662050.
8. Расчет свойств сечения швеллерной балки тонкостенного сечения с использованием Mathcad, 2022 г. Программа для ЭВМ 2022660841.
9. Проектирование и Анализ Ребристых Перекрытий. На 1-й, 2-й И Кровельном Уровнях, 2022 г. Программа для ЭВМ 2022661044.

#### *Участие в международных конференциях*

1. 04–05 Апреля. 2019, Инженерные системы - 2019, Научно-практическая конференция с международным участием, Инженерная академия, RUDN University Москва, Российская Федерация (докладчик).
2. 28–30 Апреля 2020 года, Международная конференция по инженерным системам 2020 (ICES 2020), научно-практическая конференция с международным участием, Инженерная академия, Российского университета дружбы народов (RUDN University) Москва, Российская Федерация (докладчик).
3. 08–10 Декабря 2020, Международная академия астронавтики (IAA) SciTech Forum, Инженерная академия Российского университета дружбы народов, Москва, Российская Федерация (докладчик).
4. 28–30 Апреля 2021 года, Международная конференция по инженерным системам 2021 (ICES 2021), научно-практическая конференция с международным участием, Инженерная академия, Российского университета дружбы народов (RUDN University) Москва, Российская Федерация (докладчик).
5. 11–13 ноября 2021 года, II-научная конференция "Моделирование и методы структурного анализа", Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация (докладчик).
6. 20–22 Октября 2021 года, международная конференция по инженерным изысканиям, Инженерная академия Российского университета дружбы народов (RUDN University) Москва, Российская Федерация (докладчик).
7. 06–08 Апреля 2022 года, Международная конференция по инженерным системам 2022 (ICES 2022), научно-практическая конференция с международным участием, Инженерная академия, Российского университета дружбы народов, Москва, Российская Федерация (докладчик).
8. 20–22 Апреля 2022 года, Международная научная конференция "Передовые достижения в области гражданского строительства, строительство формирование жилой среды" (FORM-2022), Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация (докладчик).

Диссертационная работа Гебра Тесфалдета Хадгембеса «Моделирование работы тонкостенных стальных профилей в составе

