

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента

Соловьева Алексея Витальевича

на диссертационную работу Лобовского Михаила Олеговича

«Совершенствование методов расчета устойчивости сквозных двухветвевых элементов стальных конструкций»,

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

Актуальность темы диссертационной работы. Сквозные элементы из стали находят широкое применение в каркасах зданий и сооружений различного назначения. Стержень сквозной колонны состоит из двух или нескольких ветвей (швеллеров или двутавров), соединенных между собой в плоскостях полок планками или решетками различной конфигурации. На сквозные колонны каркаса зданий действует не только продольная сила, но и изгибающий момент, возникающий при действии горизонтальных нагрузок или смещения продольной силы с оси центра тяжести сечения. Так же дополнительные усилия возникают при наличии возможных несовершенств сечения по длине стержня (искривления, погибы и т.п.). Одной из основных задач, стоящей при расчете несущей способности таких элементов, это обеспечение устойчивости, как самого стержня, так и его отдельных элементов. В настоящее время расчет устойчивости сжато-изогнутых стальных двухветвевых решетчатых элементов регламентирован нормами СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции». В нем заложены методики проверки устойчивости как общей для всего стержня, так и отдельно взятых ветвей. При этом существующие подходы содержат ряд допущений и упрощений, которые не в полной мере отражают действительное состояние сжато-изгибаемого стержня. Несмотря на многочисленные теоретические и экспериментальные исследования работы сквозных стержней методика их расчета на устойчивость при действии продольных сил и изгибающих моментов до конца не сформирована.

В связи с этим исследование работы и устойчивости сквозных решетчатых стержневых элементов конструкций, разработка методик их расчета и проектирования является весьма актуальной задачей.

Анализ и оценка содержания работы. Диссертация Лобовского М.О. состоит из введения, пяти глав, общих выводов с описанием полученных результатов, списка использованной литературы, приложения и акта внедрения. Общий объем работы – 114 страниц, включающий 66 рисунков, 9 таблиц. Количество источников использованной литературы – 155 наименований, в том числе 25 на иностранных языках.

Структура работы соответствует заявленной специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения и отражает специфику и логику проведенного исследования.

Во введении сформулированы актуальность исследования, степень разработанности темы, научно-техническая гипотеза, объект и предмет исследования, цель и научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, личный вклад автора, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе выполнен обзор теоретических и экспериментальных работ, посвященных исследованию напряженно-деформированного состояния, а так же устойчивости сплошных и сквозных внецентренно сжатых элементов из стали, проведен анализ существующих методик их расчета и проектирования, сделан вывод об актуальности темы исследования, определена цель и сформулированы задачи исследования.

Во второй главе проводятся численные исследования устойчивости сквозного решетчатого стержня на основании аналитического метода расчета предложенного Г.И. Белым. Применение данного метода позволило определить резервы несущей способности внецентренно сжатого элемента при его расчетах на устойчивость.

В третьей главе проводятся исследования, посвященные общей устойчивости стержневых элементов. Приведена обратная численно-аналитическая методика расчета стержневых элементов на общую устойчивость при различных вариантах закреплений концов стержня, параметров сечения и действия нагрузки. Проведенные расчеты позволили показать резерв несущей способности по устойчивости ветвей внецентренно сжатой сквозной колонны по отношению к результатам, полученным по нормативным методикам. Определена зависимость общей устойчивости от устойчивости отдельных ветвей из плоскости решетки.

В четвертой главе на основе методов расчета на устойчивость, разработанным Белым Г.И., проведены расчеты двухветвевых стержневых элементов с решеткой. При проведении расчетов учитывалась возможность наличия в элементах стержня дефектов и повреждений различного характера. Показано влияние на устойчивость таких отклонений как расцентровка элементов решеток в узлах, отсутствие отдельных элементов решетки, наличие искривления сквозного элемента. При анализе форм потери устойчивости использовался программный комплекс Ansys Mechanical. Исследуемая модель решетчатого элемента была создана на основе метода конечного элемента. На основании полученных результатов исследования предложен расчетный метод анализа общей устойчивости сквозных двухветвевых элементов стальных конструкций при наличии дефектов и повреждений различного характера.

В пятой главе отражены результаты экспериментальных исследований работы сквозного двухветвевых стержня при наличии дефектов и повреждений различного характера. Произведено сравнение численных результатов, получаемых по разработанной методике расчета с экспериментальными данными. Сделан вывод об удовлетворительной сходимости результатов и возможности применения разработанных методов расчета в практике проектирования конструкций.

В общих выводах изложены основные итоги и выводы по результатам диссертационной работы.

Научная новизна и достоверность полученных результатов. Автором получены следующие новые научные результаты:

- для расчета общей устойчивости сквозных двухветвевых колонн с решеткой разработан аналитический метод расчета, в котором учитывается уточненная схема реальной работы стержня, учитывающая обеспечение устойчивости отдельных ветвей;
- проведены исследования и разработаны предложения по применению обратного метода расчета общей устойчивости ветвей сквозной двухветвевой колонны в случае ее внецентренного сжатия;
- проведены исследования и предложена методика учета влияния повреждений различного характера решетки на общую устойчивость внецентренно сжатых двухветвевых элементов;
- произведена верификация результатов расчета устойчивости сквозных элементов с решеткой, получаемых по предложенной методике расчета, путем сравнения с результатами, полученными при расчете методом конечного элемента и результатами натурных испытаний.

Обоснованность и достоверность основных положений, выводов и рекомендаций подтверждается тем, что автор в своей работе использует проверенные методы строительной механики, а также результаты экспериментальных исследований на натурных моделях.

Научная и практическая значимость работы. Научная значимость работы заключается в развитии методик расчета устойчивости стальных двухветвевых стержневых элементов с решеткой. Автором разработаны методики и предложения по расчету общей устойчивости элементов стальных двухветвевых колонн с решеткой различной конфигурации при внецентренном сжатии с учетом возможного наличия повреждений решетки.

Практическое значение работы заключается в повышении эффективности проектирования стальных решетчатых конструкций. Автором предложена и обоснована методика оценки общей устойчивости сквозного стержня с решеткой, а так же отдельных ветвей конструкции изготовленных из стали.

Основные результаты исследований опубликованы в 4 печатных работах, в том числе 3 работы опубликованы в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утвержденный ВАК РФ.

Основные выводы по диссертации научно обоснованы и отражают суть выполненных научных исследований. Автореферат соответствует содержанию диссертации и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ. Стиль изложения способствует пониманию диссертации и позволяет объективно оценивать личный вклад автора в полученные результаты исследования.

Вопросы и замечания по диссертационной работе:

1. В подразделе 2.4, для проведения деформационного расчета, предлагается использовать алгебраический полином (формула 2.21), который позволяет получить критический параметр силы N^0 с точностью до 0,9%. Непонятно, что это за точность и относительно чего она дана?

2. В подразделе 4.3 отсутствует описание рассчитываемой конечно-элементной модели и геометрических характеристик сечения.

3. В главе 5 ставится задача по проведению экспериментальных исследований действительной работы сквозных элементов стальных конструкций. Однако модель колонны выполнена из алюминия с применением вытяжных заклепок в качестве соединения элементов. Нет обоснования равнозначности натуральных конструкций из стали и соединений на сварке с испытываемой моделью. Как выполняются условия теории подобия при разработке модели?

4. В подразделе 5.2 идет описание подготовки к натурным испытаниям. Непонятно заявление, что все тензометрические датчики прошли тарировку на тарировочной балке. Проводилась ли совместная тарировка тензодатчиков с тензометрической станцией для определения коэффициента погрешности измерений с заданной вероятностью?

5. Как при испытаниях учитывалась тонкостенность конструкций? В теоретических изысканиях анализ местной устойчивости элементов сечений профиля и влияния искажений параметров сечения не рассматривался.

6. Несмотря на значительное количество тензометрических датчиков, индикаторов и прогибомеров данные об их показаниях в процессе нагружения, а так же схемы деформации конструкций отсутствуют.

7. Непонятно почему у образцов без дефектов предельная нагрузка по таблице П.3 составляет 2,51 тс, а у образца без расколов таблица П.5 составляет 3,7 тс. Означает ли это, что без расколов несет больше?

Сделанные замечания не снижают ценности исследований и их результатов. Диссертация представляет собой законченный научный труд по актуальной строительной тематике, который содержит научную новизну и имеет практическую значимость.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Лобовского Михаила Олеговича «Совершенствование методов расчета устойчивости сквозных двухветвевых элементов стальных конструкций» представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены и научно обоснованы методики расчета двухветвевых стержневых элементов с решеткой на общую устойчивость при внецентренном сжатии, учитывающие возможное наличие дефектов и повреждений элементов конструкции. Внедрение разработанных методик внесет существенный вклад в развитие экономики страны, в частности ее строительной отрасли. Диссертационная работа Лобовского М.О. соответствует критериям,

