



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**"ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ"**

Согласовано:  
Проректор по научной работе  
  
В.Ф. Мушанов  
« 20 » \_\_\_\_\_ г.



Утверждаю:  
Ректор  
Н.М. Зайченко  
« 2 » \_\_\_\_\_ г.



**Отчет о научной работе кафедры  
за 2023 год**

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Мушанов В.Ф.  
Подпись \_\_\_\_\_ ФИО

Утверждено на заседании кафедры «Теоретическая и прикладная механика»  
название

«27» декабря 2023 г., протокол №5

№ п/п	Наименование раздела	Примечание
1.	<b>Адрес</b> (почтовый, телефон, e-mail, web site): 86123 г. Макеевка, ул. Державина 2, тел. (06232) 6-13-01, e-mail: mvf@donnasa.ru, web site: donnasa.ru	
2.	<b>Руководитель:</b> д.т.н., проф. Мущанов В.Ф.	
3.	<b>Состав кафедры:</b> а) штатные сотрудники: - профессора – 1, - доценты – 6, - старшие преподаватели – 1, - ассистенты – 2, - преподаватели-стажеры – 0; б) совместители внешние: - профессора – 0, - доценты – 0, - старшие преподаватели – 0, - ассистенты – 0, - преподаватели-стажеры – 0; в) совместители внутренние: - профессора – 0, - доценты – 0, - старшие преподаватели – 0, - ассистенты – 0, - преподаватели-стажеры – 0; г) докторанты – 0, д) аспиранты – 0, е) соискатели – 3, ж) штатные научные сотрудники – 10.	
4.	<b>Приоритетные направления научных исследований</b> <i>(в соответствии с действующими на данный момент <a href="http://donnasa.ru/?page_id=9030&amp;lang=ru">http://donnasa.ru/?page_id=9030&amp;lang=ru</a>):</i> Особенности действительной работы пространственных конструкций и мониторинг технического состояния пространственных металлических конструкций. Разработка вероятностных методов расчета и проектирования пространственных металлических конструкций. Совершенствование методов расчета и проектирования пространственных большепролетных конструкций с учетом геометрической, физической и конструктивной нелинейности	

5.	<p><b>Консультационные и инженерные услуги, предлагаемые кафедрой</b> (сведения о научно-исследовательских лабораториях и инженерных центрах, функционирующих на базе кафедры):</p> <p>На базе кафедры работает учебно-научная лаборатория «Сопротивление материалов» задействованная в образовательном процессе и проведении научных исследований студентов, аспирантов, сотрудников кафедры. Так же функционирует Специализированный научно-исследовательский и проектный центр «Пространственные конструкции» предоставляющий консультативные и инженерные услуги в сфере исследований и проектирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- листовых конструкций (резервуары, газгольдеры, бункеры, силосы, сосуды давления, конструкции доменного комплекса, трубопроводы большого диаметра);</li> <li>- большепролетных покрытий зданий и сооружений;</li> <li>- каркасов, несущих конструкций одно- и многоэтажных промышленных и гражданских зданий;</li> <li>- несущих конструкций специальных пространственных инженерных сооружений (градирни, купола, дымовые трубы, башни);</li> <li>- и многих других конструкций.</li> </ul>	Приложение 6
6.	Описание основных, наиболее интересных научных и практических разработках, выполненных за отчетный период (до 1 стр.)	Приложение 3
7.	Участие в международных научных проектах и программах (название проекта, с кем, сроки действия)	
8.	Научное сотрудничество с организациями, в том числе международными	
9.	<p><b>Госбюджетные НИР</b> (название, руководитель, сроки выполнения, основные результаты) за 2023г. работы по госбюджетной НИР не выполнялись.</p>	Приложение 2

10.	<b>Кафедральные НИР</b> (название, руководитель, сроки выполнения, основные результаты) Сведения о кафедральной НИР представлены в приложении	
11.	<b>Наличие специального оборудования, предназначенного для научных исследований, которое может заинтересовать сторонних специалистов</b> (в т.ч., отдельно выделенная информация о развитии материально-технической базы для проведения научных исследований):	Приложение 10
12.	<b>Публикации</b> (оформляются соответственно с предложенными формами, названия основных публикаций: монографий, учебников, нормативных документов, учебных пособий)	Приложение 4
13.	<b>Инновационная деятельность:</b> - полученные патенты, их названия, авторы, применение; - участие в выставках (дата и место проведения, название мероприятия, наименование выставочных материалов)	Приложение 11
14.	<b>Научное и научно-техническое сотрудничество с зарубежными организациями</b>	Приложение 7
15.	<b>Защищенные диссертации</b> (автор, специальность, степень, название, где происходила защита, дата)	
16.	<b>Сведения о научно-исследовательской работе и инновационной деятельности студентов, молодых ученых</b>	Приложение 5
17.	<b>Информация о научной и научно-технической деятельности, которая осуществлялась совместно с научными учреждениями ДНР</b>	Приложение 8
18.	<b>Мероприятия, осуществленные совместно с городскими (районными) администрациями и направленные на повышение уровня эффективности работы научных работников для решения актуальных проблем и нужд</b>	Приложение 9

**Информация о выполнении госбюджетных (кафедральных) тем**

Секция:

**Название приоритетного направления развития науки и техники:** фундаментальные научные исследования по наиболее важным проблемам развития научно-технического, социально-экономического, общественно-политического, человеческого потенциала для обеспечения конкурентоспособности в мире и устойчивого развития общества и государства.

1. Тема НИР: Исследование напряженно-деформированного состояния и надежности строительных конструкций, их элементов на стадии проектирования и эксплуатации.

**Наименование этапа НИР:** совершенствование методов расчета и конструирования листовых конструкций.

2. Руководитель НИР (ФИО, ученая степень, звание, почетные звания, должность): Мущанов В.Ф., д-р техн. наук, профессор, член Международного Института Инженеров ICE и Международный Аттестованный Инженер-Строитель (MICE), засл. строитель ДНР, заведующий кафедры «Теоретическая и прикладная механика».

3. Номер государственной регистрации НИР: 0121D000083 от 28.05.2021г.

4. Номер учетной карточки заключительного отчета: отсутствует (срок окончания работы 31.12.2025г.)

5. Название высшего учебного заведения, научного учреждения: ФГБОУ ВО Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.

6. Срок выполнения: начало – 11.01.2021г., окончание – 31.12.2025г.

7. Предмет исследования текущего этапа НИР – новые подходы к конструктивному повышению устойчивости вертикальных цилиндрических резервуаров.

8. Объект исследования - устойчивость стенок вертикальных цилиндрических резервуаров с учетом наличия технологического оборудования в виде лестниц.

9. Суть процесса исследования:

Установления особенностей действительной работы большепролетных, листовых и других видов конструкций путём анализа напряжённо деформированного состояния конструкций экспериментальными и численными методами. Как следствие, определение факторов, требующих учёта с формированием численных и аналитических уточнённых расчётных схем.

10. Перечень основных заданий для текущего этапа НИР:

- компьютерное моделирование распределения ветрового потока для резервуара с кольцевой лестницей в SolidWorks;
- разработка уточненной конечно-элементной модели резервуара для анализа устойчивости и напряжённого состояния в расчётном комплексе ЛИРА;
- расчёт общей устойчивости стенки при различных параметрах кольцевых лестниц;
- оценка напряжённо-деформированного состояния модели резервуара с лестницей, с учётом локальных эффектов в местах крепления лестниц;
- проверка эффективности существующих методик расположения колец жёсткости и технологических лестниц при действии ветра;
- определение рациональных, с точки зрения обеспечения максимальной устойчивости цилиндрической стенки резервуара, параметров кольцевой лестницы.
- исследование степени влияния кривизны, соотношения изгибных жёсткостных характеристик тонколистовой оболочки и подкрепляющего элемента на напряжённо-деформированное состояние в зоне контакта

## 11. Реализация заданий работы.

Учёт фактического распределения ветрового потока в случае наличия винтовой лестницы выполнялся с применением компьютерного моделирования с использованием программного комплекса SolidWorks. Параметры расчётной модели определены с учётом экспериментальной верификации в аэродинамической трубе и опыте аналогичных исследований.

Рассматривался вариант расположения лестницы в зоне максимального ветрового давления на стенку. Смоделированы резервуары объёмом от 10 до 30 тыс. м<sup>3</sup> со следующими соотношениями высоты (H) к диаметру (D): 0.63, 0.45 и 0.4. Обзор существующих проектов позволил определить два принципиальных варианта крепления винтовых лестниц:

- с креплением каждой ступени к стенке резервуара;
- с креплением площадок к стенке.

Основным сравнительным параметром принято значение величины критических напряжений потери устойчивости в цилиндрической стенке резервуара. Выражен данный параметр через коэффициент запаса устойчивости (КЗУ) цилиндрической стенки, который позволяет найти теоретическое значение критического давления, соответствующее моменту потери устойчивости. Для выполнения расчётов применялся программный комплекс ЛИРА. Дискретизация элементов выполнялась на основе обеспечения сходимости аналитической и численных напряжений от гидростатической нагрузки. Основные структурные составляющие конечно-элементной модели приняты с учётом экспериментальной верификации. Рассматривались два характерных расчётных случая нагружения – пустой и заполненный резервуар. Точная форма ветровой нагрузки моделировалась через текстовый файл.

Принципиальный алгоритм выполнения исследований 3-его этапа НИР следующий:

- 1) расчёт КЗУ стенки для всех рассматриваемых вариантов резервуаров;
- 2) построение графиков зависимости КЗУ от габаритов и конструктивного решения лестницы резервуара;
- 3) расчёт локальных напряжений в зонах крепления лестниц к стенке резервуара при действии гидростатической нагрузки;
- 4) определение наиболее предпочтительного конструктивного варианта лестницы исходя из расчёта устойчивости и НДС;
- 5) определение рекомендуемого уклона выбранного конструктивного варианта лестницы исходя из расчёта устойчивости;
- 6) вывод о применимости полученных результатов для случая уточнённой эпюры ветрового давления (полученной в SolidWorks Flow Simulation).

Полученный массив данных позволил сформировать рекомендации по выбору параметров лестниц для рассмотренных типов конструкций.

Обособленной задачей исследования текущего этапа является изучение напряжённо-деформированного состояния тонколистового мембранного покрытия и подкрепляющего элемента в зоне контакта. Расчёт тонколистовых мембранных покрытий относят к классу задач, в основу которых заложена теория безмоментных пологих оболочек, их напряжённое состояние определяется в основном цепными напряжениями ввиду малой жёсткости мембраны на изгиб. Учёт данного фактора в сочетании с дискретным расположением подкрепляющих элементов делает применение МКЭ в геометрически нелинейной постановке наиболее подходящим вариантом решения задачи.

## 12. Основные научные результаты:

В рамках задач кафедральной тематики, представленного приоритетного научного направления кафедры и на основании научных исследований научно-педагогического коллектива кафедры, приводятся следующие научно-практические результаты, полученные

авторами в 2023 году:

12.1. Совершенствование методов расчета и конструирования листовых конструкций (Мущанов В.Ф., Цепляев М.Н., Зубенко А.В., Оржеховский А.Н.), **результаты (основные выводы по текущему этапу НИР):**

- сформулированы дополнительные рекомендации к конструктивному решению и созданию конечно-элементных моделей вертикальных цилиндрических резервуаров диаметром до 50 м и объемом до 30 тыс. м<sup>3</sup>, учитывающие влияние винтовых лестниц на прочность и устойчивость резервуаров;
- установлено что потеря устойчивости от действия вакуума происходит в зонах стенки удалённых от расположения лестницы, что подтверждает упрочняющий эффект от наличия винтовой лестницы и возможность учёта лестницы, как метода усиления;
- с точки зрения повышения устойчивости наиболее предпочтительным является вариант крепления каждой ступени к стенке резервуара №1 (величина кольцевых критических напряжений возрастает до 6% по сравнению с вариантом крепления только площадок);
- максимальное возрастание устойчивости стенки наблюдается при уклонах лестницы к горизонту в диапазоне 30..40° при действии ветровой нагрузки, кольцевые критические напряжения повышаются на величину до 50%;
- предельной возрастание коэффициент запаса устойчивости при действии вакуума составило 7,7% по сравнению с моделью, не учитывающей наличие лестницы;
- с увеличением габаритов резервуаров эффект повышения устойчивости от наличия винтовой лестницы снижается, следовательно упрочняющий эффект следует рассматривать для резервуаров в которых длина проекции лестницы составляет не менее 1/3 от длины стенки (ориентировочно резервуары объемом до 30 тыс. м<sup>3</sup>);
- перемещения стенки от ветровой нагрузки снижаются на 14%, в свою очередь, локальные напряжения в зонах крепления лестниц повышаются не более чем на 5%;
- винтовые лестницы значительно повышают устойчивость стенки резервуара и не оказывают существенного негативного влияния на прочность резервуаров. Малый вес и обязательность применения винтовых лестниц позволяет считать их перспективным методом повышения устойчивости стенок резервуаров как при новом проектировании, так и реконструкции.

12.2. Численные методы оценки надежности пространственных металлоконструкций с высоким уровнем ответственности (Мущанов В.Ф., Оржеховский А.Н.) **результаты:**

- рассмотрен метод позволяющий с приемлемой практической точностью определить показатели надежности анализируемой статически неопределимой системы стержней, что особенно актуально для уникальных большепролетных сооружений, которые являются сооружениями высокой ответственности;
- разработан программный комплекс на языке программирования MATLAB, позволяющий рассчитать вероятность отказа и характеристики безопасности стержневых пространственных конструкций со значительным количеством элементов;
- выполнен расчет показателей надежности конструкционного покрытия на квадратном плане с жесткой опорой по периметру через верхний пояс, проведена оптимизация конструкции по параметру надежности;
- использованная методология позволила устранить тенденцию к прогрессирующему разрушению, характеристика безопасности увеличилась с -1,54 до 2,67.

12.3. Динамическое гашение вибраций для жестких шинопроводных конструкций (Фоменко С.А.), **результаты:**

- представлена математическая модель работы пластинчатого динамического демпфера при точечной нагрузке, с учетом совместного действия жесткой шины и демпфера.

- предложен специальный пластинчатый виброгаситель, позволяющий увеличить логарифмический декремент колебаний в 3-3,5 раза и уменьшить амплитуду колебаний жестких шинопроводных конструкций в резонансном режиме в 12 раз;

- эффективность установленного динамического демпфера (как вдоль, так и поперек трубчатой шины) подтверждается уменьшением амплитуды вынужденных колебаний трубчатой шины (уменьшение амплитуды почти до нуля в резонансном режиме);

- рекомендуется размещать такие демпферы внутри трубы (2-3 шт).

12.4. Надежность пространственных стержневых конструкций усеченных большепролетных куполов (Оржеховский А.Н., Кащенко М.П.), **результаты:**

- предложена методика вычисления характеристик надёжности усечённых купольных конструкций, реализуемая в вероятностно-статистической форме, и позволяющая на основе установленных значений показателей надёжности выполнить анализ склонности проектных решений исследуемых конструкций к лавинообразному разрушению;

- разработан план проведения численного эксперимента по уточнению влияния значимых параметров на особенности напряженно деформированного состояния и оценки склонности исследуемой конструктивной схемы.

12.5. Особенности совместной работы оболочки мембранного покрытия положительной гауссовой кривизны и подкрепляющего элемента под действием поперечной нагрузки (Мушанов В.Ф., Шпиньков В.А.), **результаты:**

- на примере моделирования напряженно-деформированного состояния оболочек мембранных покрытий с подкрепляющим элементом рассмотрен подход к многомерной аппроксимации, прототипом которого послужил метод наименьших квадратов;

- для минимизации суммы квадратичных отклонений между исходными данными и расчётными используются быстродействующие численные алгоритмы поиска экстремальных значений, в результате моделирования получаются уравнения, содержащие натуральные значения факторов;

- полученные на основе геометрической теории многомерной интерполяции, наиболее точно отображают характер протекания процесса и потому являются более предпочтительными по отношению к моделям, полученным с помощью двумерной аппроксимации;

- для плоской подкреплённой мембраны увеличение в линейной зависимости её толщины и, соответственно, изменение соотношения жёсткостей практически не сказывается на длине участка, вовлекаемого в совместную работу с подкрепляющим элементом;

- искривление плоской поверхности мембраны в поверхность положительной гауссовой кривизны приводит к синусоидальной затухающей эпюре локальных напряжений и увеличивает длину присоединённого участка мембраны до  $\left(\frac{2l}{b_M} \approx 2.5\right)$ .

12.6. Уточнение параметров ветровой нагрузки на стенку и покрытие вертикального цилиндрического резервуара (Зубенко А.В.), **результаты:**

- сформированы графики распределения аэродинамических коэффициентов для вертикальных цилиндрических резервуаров по высоте и для кровли.

- для группы из 4-х резервуаров на основе численного моделирования по полученным уточненным значениям аэродинамических коэффициентов ветрового давления для каждого из группы резервуаров методический подход, разработанный для нормирования, верифицирован путем сравнения данных по нагрузке на стенку и кровлю отдельно стоящего вертикального цилиндрического резервуара со сферическим покрытием (расхождение между нормативными значениями и значениями по предлагаемой аналитической зависимостью составило не более 1,5%);

- использованием верифицированного методического подхода для нормирования ветровых нагрузок на кровлю и стенку резервуаров с провисающей кровлей, а также на стенку и кровлю резервуаров, состоящих в группе, впервые предложены расчетные формулы в виде одинарного и двойного тригонометрического рядов, которые наряду с другими известными преимуществами обеспечивают возможность алгоритмизации проводимых расчетов по определению ветровых нагрузок при анализе напряженно-деформированного состояния объектов с использованием метода конечных элементов обеспечивающие в дальнейшем уточненную оценку НДС конструкций.

12.7. Проведение совместных научных разработок с ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» (г. Петропавловск-Камчатский) по теме «Уточненные вероятностные и детерминированные методы оценки несущей способности наземных конструкций и сооружений инфраструктуры объектов рыболовной отрасли» (Мущанов В.Ф., Оржеховский А.Н., Шпиньков В.А.).

13. Преимущество этой работы над другими имеющимися аналогами:

Результаты текущего этапа НИР в части совершенствование методов расчета и конструирования листовых конструкций охватывают существенный перечень актуальных вопросов. Использование многофакторного эксперимента для анализа устойчивости и напряжённого состояния стенки резервуаров с технологическими лестницами позволило получить детальную картину их совместной работы. Варьируемыми параметрами являлись: конструктивное решение лестниц, габариты резервуаров и нагрузка. Полученные рекомендации, в отличие от аналогичных работ, можно считать комплексными и имеющими высокую практическую ценность. Эффективность внешнего усиления цилиндрических стенок резервуаров подтверждена многими исследователями и не требует дополнительного обоснования. Однако, поиск оптимальных методик проектирования такого усиления и учёт их конструктивных особенностей по-прежнему является актуальной задачей, в значительной степени решенной на данном этапе исследований.

14. Практическая ценность

Обоснованы конструктивные и геометрические параметры кольцевых лестниц, позволяющие повышает устойчивость в кольцевом направлении на величину до 13% по сравнению с типовыми решениями. Уточнены рекомендации к конечно-элементным моделям резервуаров для средств автоматизированного проектирования. Применение полученных рекомендаций, учитывающих совместную работу стенки и лестницы, может позволить спроектировать более экономичную конструкцию с повышенной надёжностью. Малый вес и обязательность применения винтовых лестниц позволяет считать их перспективным методом повышения устойчивости стенок резервуаров как при новом проектировании, так и реконструкции.

15. Работали и продолжают работать над кандидатскими диссертациями:

- асс. Шпиньков В.А., ст. пр. Кащенко М.П. (каф. ТПМ).

16. В работе принимали участие: 0 - аспиранты, 1 - студенты.

17. Ценность результатов для учебно-научной работы.

18. Перечень разработанной документации и образцов.

19. Перечень научных публикаций, докладов на конференциях, семинарах.

№	Название	Вид работы	Выходные данные	Авторы
1.	Experimental research of dynamic vibration damping for rigid busbar structures	Научная статья	E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 383, 04092. <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304092">https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304092</a>	S. Fomenko, I. Garanzha, A. Tanasoglo
2.	The numerical-analytical method for solving the stability problem for spatial lattice structures of power lines' supports	Научная статья	AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2497, 020016. <a href="https://doi.org/10.1063/5.0103488">https://doi.org/10.1063/5.0103488</a>	I. Garanzha, A. Tanasoglo, S. Fomenko
3.	Особенности формирования уточненных расчетных схем при анализе напряженно-деформированного состояния, оценке устойчивости и надежности элементов пространственных металлических конструкций	Тезисы	Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений : Тезисы докладов VIII-го международного симпозиума / ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов, Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2023. – С. 238-239.	В. Ф. Мущанов, А. Н. Оржеховский, М. Н. Цепляев, А. В. Мущанов
4.	Опыт преподавания теоретической механики в технических вузах Донецкого региона	Тезисы	XIII Всероссийский Съезд по теоретической и прикладной механике : сборник тезисов докладов в 4 томах, 21–25 августа, 2023 г., Санкт-Петербург. Т. 4. Материалы симпозиумов и Исторической сессии. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 840-841.	Гордеев, Г. Г.
5.	Применение инженерных методов определения перемещений в одноосных элементах переменной изгибной жесткости	Тезисы	Сб. тезисов докладов по материалам конференции «Научно-технические достижения студентов строительно-архитектурной отрасли» 20–22 апреля 2023 года.– Макеевка : ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» – 2023. – С. 11-12.	М. Н. Орехова, М. П. Кащенко

### Приложение 3

Разработки кафедры, которые внедрены за отчетный период за пределами академии а) прикладные исследования и разработки, внедренные за пределами академии

№	Название и авторы разработки	Важнейшие показатели, которые характеризуют уровень полученного научного результата; преимущества над аналогами, экономический, социальный эффект	Место внедрения (название организации, ведомственная принадлежность, адрес)	Дата акта внедрения	Практические результаты, которые получены учреждением от внедрения (оборудование, объём полученных средств, сотрудничество для дальнейшей работы, др.)

б) научно-консультационные услуги, принятые заказчиком и внедренные за пределами академии

№ п/п	Название и авторы разработки	Характер оказанной услуги, экономический, социальный эффект	Место внедрения (название организации, ведомственная принадлежность, адрес)	Дата акта внедрения	Практические результаты, которые получены учреждением от внедрения (оборудование, объём полученных средств, сотрудничество для дальнейшей работы, др.)
-------	------------------------------	---	---	---------------------	--

Приложение 4

**Список научных работ, опубликованных и принятых редакциями в печать в 2023 году в зарубежных изданиях, которые имеют импакт-фактор**

№	Авторы	Название работы	Издания, где опубликована работа (название журнала, название наукометрической базы)	Том, номер (выпуск, первая-последняя страницы работы)
<b>1 Публикации Название в Scopus, Web of Science</b>				
1	Fomenko S., Garanzha I., Tanasoglo A.	Experimental research of dynamic vibration damping for rigid busbar structures	E3S Web of Conferences (SCOPUS)	Vol. 383, 04092. <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304092">https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304092</a>
2	Garanzha I., Tanasoglo A., Fomenko S.	The numerical-analytical method for solving the stability problem for spatial lattice structures of power lines' supports	AIP Conference Proceedings (SCOPUS, Web of Science)	Vol. 2497, 020016. <a href="https://doi.org/10.1063/5.0103488">https://doi.org/10.1063/5.0103488</a>
3	Tsepliaev M.N., Mushchanov V.F., Zubenko A.V., Mushchanov A.V., Orzhehovskiy A.N.	Tank shell stability: refined design schemes	Magazine of Civil Engineering (SCOPUS, Web of Science)	No. 3(119), 11906. <a href="https://doi.org/10.34910/MCE.119.6">https://doi.org/10.34910/MCE.119.6</a>
4	Mushchanov V.F., Orzhehovskiy A.N., Mushchanov A.V., Tsepliaev M.N.	Optimum Space Frames with Rectangular Plans	Magazine of Civil Engineering (SCOPUS, Web of Science)	2023 – 124(8), Article No. 12408. – DOI: 10.34910/MCE.124.8
<b>2. В международной наукометрической базе данных РИНЦ, ICONDA, Index Copernicus и др.</b>				
1	Mushchanov V. F., Orzhehovskiy A. N.	Numerical methods in assessing the reliability of spatial metal structures with a high level of responsibility	Строительство уникальных зданий и сооружений (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-	Выпуск 1 (106) Страницы: 10605-10605

			Петербург, Российская Федерация)	
2	Mushchanov V., Mushchanov A., Tsepliaev M., Orzhehovskiy A.	Stability of structural spatial elements: the influence of actual modelling	Строительство уникальных зданий и сооружений (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация)	109 Article No 10917. <b>doi:</b> <b>10.4123/CUB S.109.17</b>
3	Муцанов В. Ф., Югов А.М.	Состояние и основные проблемы строительного комплекса Донецкой Народной Республики	Строительство и реконструкция (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»)	2023. – No. 4 (108). – С. 138-148. – DOI: 10.33979/2073-7416-2023-108-4-138-148
4	Муцанов В.Ф., Оржеховский А.Н., Цепляев М.Н., Муцанов А.В	Комплексный подход в оценке надежности пространственных металлических конструкций	Строительство: наука и образование (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет”)	№4, 2023.
5	Муцанов В. Ф., Оржеховский А. Н., Цепляев М. Н., Муцанов А. В.	Особенности формирования уточненных расчетных схем при анализе напряженно-деформированного состояния, оценке устойчивости и надежности элементов пространственных металлических конструкций	Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: Тезисы докладов VIII-го международного симпозиума (РИНЦ)	Тамбов, Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2023. – С. 238-239.
6	Муцанов В. Ф., Оржеховский А. Н., Кашенко М. П., Зубенко А. В.	Надежность пространственных стержневых конструкций усеченных большепролетных куполов	Журнал «Металлические конструкции» (РИНЦ, ICONDA, Index Copernicus и др.)	2023. – Том 29, Номер 1. – С. 47–61.
7	Муцанов В.Ф., Конопацкий Е.В., Шпиньков В.А.	Особенности совместной работы оболочки мембранного покрытия положительной гауссовой кривизны и подкрепляющего элемента под действием поперечной нагрузки	Металлические конструкции (РИНЦ, ICONDA, Index Copernicus и др.)	2023, Том 29, Номер 2.

8	Гордеев Г.Г.	Опыт преподавания теоретической механики в технических вузах Донецкого региона	XIII Всероссийский Съезд по теоретической и прикладной механике : сборник тезисов докладов в 4 томах, 21–25 августа, 2023 г., Санкт-Петербург. Т. 4. Материалы симпозиумов и Исторической сессии (РИНЦ)	СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 840-841. – <a href="https://cloud.mail.ru/public/dDnY/eQfUkvWRq">https://cloud.mail.ru/public/dDnY/eQfUkvWRq</a>
9	Фоменко С.А., Танасогло А.В., Гаранжа И.М.	Влияние гололёдных и ветровых нагрузок на жесткую ошиновку открытых распределительных устройств	Журнал «Металлические конструкции» (РИНЦ, ICONDA, Index Copernicus и др.)	2023. – Том 29, № 3. – С. 1-10.
10	Муцанов В.Ф., Оржиховский А.Н., Роменский И.В., Демидов А.И. [и др.]	Оптимизация типовых структурных конструкций покрытий на прямоугольном плане	Журнал «Металлические конструкции» (РИНЦ, ICONDA, Index Copernicus и др.)	2023. – Том 29, № 3. – С. 15-23.
11	Горохов Е.В., Смирнова Н С., Оржиховский А.Н.	Анализ живучести конструкции анкерно-угловой опоры 220 кв с несовершенствами при действии статических нагрузок	Журнал «Металлические конструкции» (РИНЦ, ICONDA, Index Copernicus и др.)	2023. – Том 29, № 4. – С. 20-34.
12	Фоменко С.А.	Применение метода аналогий при составлении уравнений движения в некоторых задачах нелинейной механики и электромеханики	Международный сборник научных трудов «Механика. Исследования и инновации» (РИНЦ)	2023. – № 16 – 13 стр.
<b>3. Статьи, принятые редакцией к печати в журналах, входящих в международные наукометрические базы данных</b>				
1	Mushchanov V.F., Tsepiliev M.N. Orzhehovskiy A.N., Mushchanov A.V.	Деформационное поведение усиленных оболочек под воздействием ветра: экспериментальное исследование	Architecture and Engineering (SCOPUS, WoS (Q2))	20 p.

- статьи в международных наукометрических базах данных Scopus, Web of Science,
- в международной наукометрической базе данных РИНЦ, ICONDA, Index Copernicus, Google Scholar и др;
- статьи, принятые редакцией к печати в журналах, входящих в международные наукометрические базы данных

#### Приложение 5

### Сведения о научно-исследовательской работе и инновационной деятельности студентов, молодых ученых

#### Основные данные

Количество студентов, принимающих участие в исследованиях	Количество молодых ученых, работающих в учреждении	Количество молодых ученых, остающихся работать в учреждении после окончания аспирантуры
18	3	

*Участие студентов в НИР*

всего	в т.ч. с опл.	х/т	г/т	каф./т
1				1

*Публикации студентов / студентов с преподавателями / студентов под руководством преподавателей*

№ п/п	Авторы	Название работы	Название издания, в котором опубликована работа	Том, номер (выпуск), первая-последняя страницы работы
1	М. Н. Орехова, М. П. Кащенко	Применение инженерных методов определения перемещений в одноосных элементах переменной изгибной жесткости	Сб. тезисов докладов по материалам конференции «Научно-технические достижения студентов строительной архитектурной отрасли» 20–22 апреля 2023 года.– Макеевка : ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»	Макеевка. 2023. – С. 11-12.

*Участие в конференциях других вузов (организаций)*

№ п/п	Авторы	Название доклада	Данные о конференции (название, дата и место проведения)	Статус конференции
1	Fomenko S., Garanzha I., Tanasoglo A.	Experimental research of dynamic vibration damping for rigid busbar structures	E3S Web of Conferences Vol. 383, 04092. <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304092">https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304092</a>	международная
2.	I. Garanzha, A. Tanasoglo, S. Fomenko	The numerical-analytical method for solving the stability problem for spatial lattice structures of power lines' supports	AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2497, 020016. <a href="https://doi.org/10.1063/5.0103488">https://doi.org/10.1063/5.0103488</a>	международная

3.	В. Ф. Мущанов, А. Н. Оржеховский, М. Н. Цепляев, А. В. Мущанов	Особенности формирования уточненных расчетных схем при анализе напряженно-деформированного состояния, оценке устойчивости и надежности элементов пространственных металлических конструкций	Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений : Тезисы докладов VIII-го международного симпозиума / ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов, Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2023. – С. 238-239.	международная
4.	Гордеев, Г. Г.	Опыт преподавания теоретической механики в технических вузах Донецкого региона	XIII Всероссийский Съезд по теоретической и прикладной механике : сборник тезисов докладов в 4 томах, 21–25 августа, 2023 г., Санкт-Петербург. Т. 4. Материалы симпозиумов и	всероссийская

*Результаты участия студентов в Республиканских студенческих олимпиадах*

№ п/п	Мероприятие	Организатор	Призеры – студенты ДонНАСА		
			1	2	3
1	I тур Республиканской студенческой олимпиады по сопротивлению материалов, 31 марта 2023 г.	ФГБОУ ВО «ДонНАСА»	Жильцова Е.А. ПГС-75а	Орехова М.Н. АРХ-456	Гайфутдинова Е.О. АРХ-45в
2	Республиканская студенческая олимпиада по сопротивлению материалов (II тур), 26 мая 2023 г.	ФГБОУ ВО «ДонНАСА»	Жильцова Е.А. ПГС-75а		

*Результаты участия в конкурсах студенческих работ и дипломных проектов*

№ п/п	Мероприятие	Организатор	Призеры – студенты ДонНАСА		
			1	2	3
1	Международный конкурс архитектурно-дизайнерских моделей «ТЕНСЕГРИТИ 2023». 01-31 ноября 2023 года	Академия архитектуры и искусств ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет» г. Ростов-на-Дону		Номинация «Стержни и тросы» Кодотенко Максим, Орехова Марианна гр. АРХ-456	Номинация «Стержни и тросы» Кузьменко Оксана гр. ДАС-6а

*Изобретательская деятельность студентов*

№ п/п	Авторы	Название и статус охранного документа	№ документа (патент, а.с., др.)	Сведения об опубликовании документа
-------	--------	---------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------

*Приложение 6*

**Основные сведения о результатах деятельности научных лабораторий и инженерных центров кафедры**

№ п/п	Наименование структурного подразделения	Участие в г/б тематике (тыс. руб.)		Участие в х/д тематике (тыс. руб.)			Основные научные результаты			
		К-во сотр	Объем фин-я	К-во тем	Объем вып. работ	Профинансировано	Защ. дисс	Публикации		
								МОН	ИМ БД	РИНЦ
1	СНПЦ Пространственные конструкции	5	0,5	1	11802,111	-	-	8	8	8

*Приложение 7*

**Научное и научно-техническое сотрудничество с зарубежными организациями**

№ п/п	Мероприятие	Название, основное содержание	Страна	Сроки (дата)	Состояние	Примечания
1	Участие в научных конференциях	Очное участие к.ф.-м.н., доц. Гордеева Г.Г. с докладом во Всероссийском съезде по теоретической и прикладной механике	г. Санкт-Петербург, РФ	21-25.08.2023	Принято участие	
2	Участие в научных конференциях	Участие с докладом в конференции «Строительная наука и образование в интегрированном пространстве с новыми регионами Российской Федерации»	РФ, г. Москва	13.04.2023	Поданы материалы для статьи.	НИУ МГСУ
3	Участие в научных конференциях	Доклад на тему: «Уточнённое обоснование критерия оценки склонности пространственных металлических конструкций к лавинообразному обрушению»	РФ, г. Санкт-Петербург	02.06. 2023	Поданы материалы для статьи.	Военный институт (инженерно-технический)

4	Участие в семинарах	Интеллектуальная собственность в цифровой экономике: от заявки до внедрения	РФ, г. Москва	11-12.05.2023		Организатор ФГБУ «ФИПС»
5	Участие в симпозиумах	Мастер классы по SCAD Office в рамках VIII Международного симпозиума «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений»	РФ, г. Тамбов	17-21.05.2023	Принято участие	
6	Участие в симпозиумах	VIII Международном симпозиуме "Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений"	РФ, г. Тамбов	17-21.05.2023	Принято участие	
7	Участие в симпозиумах	Участие в международном научно-практическом симпозиуме «Будущее строительной отрасли: вызовы и перспективы развития»	РФ, г. Москва	20.09.2023	Принято участие	НИУ МГСУ
8	Международный конкурс научно-исследовательских	Особенности нормирования ветровой нагрузки на стенку и покрытие вертикального цилиндрического резервуара» в номинации «Научные статьи по строительству»	РФ, г. Москва	31.05.2023	Зубенко А.В. лауреат I степени за представленную работу	
9	Участие в вебинарах	Обзор актуальной нормативной базы по технологии BIM в России	РФ, г. Омск	31.01.2023	Принято участие	
10	Участие в вебинарах	Варианты формирования спецификаций в папоCAD Металлоконструкции 22	РФ, г. Омск	14.02.2023	Принято участие	

11	Участие в вебинарах	Обзор требований к информационным моделям или как подготовить BIM модель к экспертизе	РФ, г. Омск	16.02.2023	Принято участие	
12	Участие в вебинарах	Ответы на типовые вопросы по результатам техподдержки	РФ, г. Москва	21.02.2023	Принято участие	
13	Участие в вебинарах	Новые возможности программного обеспечения АРСС по расчету стальных и сталежелезобетонных конструкций», МСК АРСС	РФ, г. Москва	01.03.2023	Принято участие	
14	Участие в вебинарах	Обзор возможностей новой версии СПДС Металлоконструкции 2023.1	РФ, г. Москва	14.03.2023	Принято участие	
15	Участие в вебинарах	Проектирование разделов КР КМ КЖ в паюСАД BIM Конструкции», НТЦ «Конструктор»	РФ, г. Москва	16.03.2023	Принято участие	
16	Участие в вебинарах	Учебное пособие АРСС «Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК). Проектирование, изготовление,	РФ, г. Москва	17.03.2023	Принято участие	
17	Участие в вебинарах	Переход на отечественный BIM на примере линейки программ Model Studio CS. С чего начать»	РФ, г. Омск	21.03.2023	Принято участие	
18	Участие в вебинарах	Проектирование стальных свайных фундаментов с применением программы «Свая-САПР Про	РФ, г. Москва	12.04 2023	Принято участие	
19	Участие в вебинарах	Обзор BIM-моделей на разных стадиях жизненного цикла строительного	РФ, г. Омск	18.04.2023	Принято участие	

20	Участие в вебинарах	TDMS Фарватер - часть комплексного решения по управлению строительством в России	РФ, г. Омск	16.05.2023	Принято участие	
21	Участие в вебинарах	ChatGPT: ящик Пандоры или каша из топора	РФ, г. Москва	16.05.2023	Принято участие	АО «Антиплагиат»
22	Участие в вебинарах	Армирование буронабивных свай в СПДС Металлоконструкции	РФ, г. Омск	08.06.2023	Принято участие	
23	Участие в вебинарах	Обзор возможностей новой версии nanoCAD Металлоконструкции	РФ, г. Москва	21.06.2023	Принято участие	
24	Участие в вебинарах	Создание диссертационных советов посредством ФИС ГНА	РФ, г. Москва	05.09.2023	Принято участие	
25	Участие в вебинарах	Особенности работы в ПК ЛИРА 10.12 и ModelStudio CS при проектировании зданий промышленно-гражданского строительства	РФ, г. Москва	22.09.2023	Принято участие	
26	Участие в вебинарах	Создание пользовательских обозначений при помощи инструмента "Маркер" в nanoCAD Механика	РФ, г. Москва	03.10.2023	Принято участие	
27	Участие в вебинарах	Ведение исполнительной документации в системе проектного и строительного документооборота TDMS Фарватер	РФ, г. Москва	10.10.2023	Принято участие	
28	Участие в вебинарах	Проектирование систем электроснабжения в программе nanoCAD BIM Электро	РФ, г. Москва	12.10.2023	Принято участие	

29	Участие в вебинарах	Среда общих данных или как обмениваться информацией на разных стадиях проекта	РФ, г. Омск	17.10.2023	Принято участие	
30	Участие в вебинарах	Российские BIM-решения для всех этапов жизненного цикла объектов промышленного и гражданского строительства и опыт их применения	РФ, г. Москва	08.11.2023	Принято участие	
31	Участие в вебинарах	Участие в вебинаре BIM: Управление несколькими BIM-проектами или как организовать работу BIM-отдела	РФ, г. Омск	16.11.2023	Принято участие	
32	Участие в вебинарах	Всероссийская стратегическая проектная сессия работников и обучающихся образовательных организаций "Противодействие коррупции в образовательных и научных организациях в условиях перехода к экономике знаний"	РФ, г. Тюмень	09.12.2023	Принято участие	
33	Участие в вебинарах	Особенности учета некоторых требований СП 20.13330 "Нагрузки и воздействия" при расчете стальных конструкций	РФ, г. Москва	13.12.2023	Принято участие	
34	Участие в вебинарах	Роль обучения при переходе на информационное моделирование. Обзор популярных курсов и подходов обучения	РФ, г. Омск	19.12.2023	Принято участие	

- заключенные договора о сотрудничестве,
- участие в научных конференциях, в т. ч. в вебинарах,
- проведение совместных научных форумов, фестивалей, конференций,
- проведение совместных научных разработок,
- участие в грантовых программах:

Участие в грантовой программе Российского научного фонда.

**Название проекта:**

«Научное обоснование новых подходов к проектированию оптимальных пространственных строительных металлоконструкций высокого уровня ответственности».

**Номер проекта:** 22-29-00139.

Номер регистрации сведений о начинаемой научно-исследовательской работе в единой государственной информационной системе учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения: 122090600005-9

Все планируемые исследования по гранту завершены в 2023 году:

**Краткие научные результаты за отчётный период:**

5.3. Основные результаты выполнения проекта (не более 10 стр.)

1) Выполнена оценка влияния степени детализации расчетной схемы конструкции на ее конечное напряженно-деформированное состояние:

а) для структурных конструкций:

- установленные уточнённые значения критической силы  $N_{кр}$  позволяют зафиксировать отличия от предполагаемых теоретических значений, обусловленные влиянием указанных в пункте 1 факторов, в пределах: 3,66...-11,09% для расчётных значений критических нагрузок, вычисленных с учётом принятого в нормах значения коэффициента устойчивости  $k_{зу} = 1,35$ .

- уточненная несущая способность центрально-сжатых стержней структурных покрытий из условия устойчивости с достаточной для практических расчетов точностью может быть описана зависимостью  $\sigma_{(кр,p)} = 0,000\lambda^2 - 0,1536\lambda + 28,681$ , полученной на основе аппроксимации множественной линейной регрессии (значение среднеквадратичного отклонения, равное 0,94);

б) для листовых конструкций ВЦР:

- наиболее корректные результаты количество элементов по длине окружности стенки ВЦР не менее 480;

- моделирование фактической геометрии и жёсткости кольцевого ребра позволяет обеспечить максимально достоверные результаты при сравнении с экспериментальными данными, максимальное расхождение исследуемых величин не превысило 7,1%;

- часть конструкций лестниц, таких как: перила, косоуры, опоры площадок допустимо моделировать стрелевыми элементами, не внося значимых погрешностей при расчётах;

- при проведении модального анализа модели резервуаров следует рассматривать в зависимости от конструктивного решения, в частности от количества колец жёсткости.

2) Выполненные экспериментальные исследования фрагментов структурной конструкции, изготовленных в масштабе 1:1, с варьированием жесткостных характеристик стержневых элементов конструкции позволили получить следующие результаты:

- подтверждено увеличение несущей способности центрально-сжатого стержня с теоретическим значением  $\lambda = 120$  до 36% (по данным численного исследования – до 41%) по сравнению с теоретическим значением критической силы;

- уровень напряжений от сжимающей продольной силы ( $\sigma_N = 148-155$  МПа) свидетельствует об общей потере устойчивости для стержня с теоретическим значением гибкости  $\lambda = 120$  в упругой стадии работы материала;

- при общей потере устойчивости стержня в упругой стадии работы материала, уровень максимальных напряжений по сечению в месте излома стержня при потере устойчивости  $\sigma_{max} = 225-231$  МПа, что свидетельствует о развитии локальных пластических деформаций в месте действия максимального изгибающего момента;

- для элементов высокой гибкости ( $\lambda > 82$  и  $R = 240$  МПа) несущая способность

стержней, наоборот, повышается по сравнению с данными отечественных норм проектирования, с увеличением гибкости отличие от нормативных документов увеличивается в сторону большей несущей способности;

3) Для конструкций вертикальных цилиндрических резервуаров проведенные экспериментальные исследования моделей вертикального цилиндрического резервуара, выполненных в масштабе 1:30 с имитацией технологического оборудования

- характер и параметры изменение ветрового давления в зоне примыкания лестницы;

- качественную картину потери устойчивости стенки вертикального цилиндрического резервуара под действием ветрового потока на основании испытаний в аэродинамической трубе ФГБОУ ВО «ДОННАСА» МАТ-1;

- необходимость учета в расчетной схеме элементов технологического оборудования в виде лестниц при анализе напряженно-деформированного состояния и устойчивости стенки.

4) Для стержневых пространственных металлических конструкций с расчетной схемой в виде многократно статически неопределимых систем разработанный алгоритм определения показателя индекса надежности конструкции отличается от ранее разработанных возможностью учета как вероятности отказа составляющих ее ключевых элементов, отказ которых инициирует наступление лавинообразного обрушения, так и учетом особенностей работы узловых соединений.

5) С использованием метода Нелдера-Мида (процедуры поиска по симплексу, относящейся к методам безусловной оптимизации нулевого порядка) разработан комплексный алгоритм оптимального проектирования стержневых металлических конструкций повышенного уровня ответственности;

6) Апробация разработанного алгоритма на конструкциях структурных покрытий на нетиповом прямоугольном плане позволила зафиксировать тот факт, что необходимость обеспечения гарантированного уровня надежности данного вида конструкции высокого уровня ответственности приводит к существенному увеличению изначально оптимальной по массе конструкции в пределах 43...57%.

В результате проведенных исследований приняты редакцией 3 статьи для публикации в ведущих научных рецензируемых журналах международного уровня, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) и «Скопус» (Scopus), а также 3 статьи в изданиях, включенных в Перечень ВАК, 1 патент на техническую новизну предлагаемых решений.

- обмен студентами и аспирантами,
- обмен преподавателями,
- научная стажировка преподавателей,
- публикации материалов исследований в зарубежных научных сборниках, периодических изданиях,
- создание совместных научно-образовательных центров,
- другие меры.

*Приложение 8*

**Информация о научной и научно-технической деятельности, которая осуществлялась совместно с научными учреждениями ДНР**

Название организации	Номер договора о сотрудничестве	Сроки выполнения	Ответственный	Информация о выполнении
----------------------	---------------------------------	------------------	---------------	-------------------------

**Мероприятия, осуществленные совместно с городскими (районными) администрациями и направленные на повышение уровня эффективности работы научных работников для решения актуальных проблем и нужд**

*Сведения о работах, выполненных по заказам Министерств, ведомств, организаций на бесплатной основе в порядке оказания технической помощи*

№ п/п	Название работы и № договора	Заказчик	Исполнитель	Срок исполнения

Дополнительно предоставляются сведения:

- консультативная помощь, выполняемая без оформления договорных отношений,
- хоздоговорные работы, в которых заказчиками выступали городские (районные) администрации

**Развитие материально-технической базы для проведения научных исследований**

№ п/п	Название прибора и его марка, фирма-производитель, страна происхождения	Использование прибора в разрезе научной тематики, которая выполняется кафедрой	Стоимость (руб.)

*Изобретательская деятельность*

№ п/п	Авторы	Название и статус охранного документа	№ документа (патент, а.с., др.)	Сведения об опубликовани и документа
1	Мущанов В.Ф., Мущанов А.В.	Узловое соединение пространственной стержневой структурной конструкции	Патент на полезную модель № 218963 Российская Федерация, МПК E04B 1/58 (2006.01), СПК E04B 1/58 (2023.02).	№ 2022135341 : заявл. 30.12.2022 : опубл. 21.06.2023