

### **Отзыв официального оппонента**

кандидата технических наук, доцента Бураковой Ирины Владимировны на диссертацию Ляшенко Дмитрия Александровича «Модификация структуры фибробетона комплексными нанодобавками для улучшения физико-механических свойств», представленную в диссертационный совет 24.2.282.06 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки)

#### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Разработка фибробетонов представляет собой одно из наиболее значимых направлений в современном строительном материаловедении. Актуальность данного материала определяется требованиями к эксплуатационным характеристикам сооружений. Ключевое преимущество фибробетонов заключается в существенном улучшении физико-механических свойств по сравнению с традиционным бетоном. Материал демонстрирует повышенную прочность на растяжение, трещиностойкость, морозостойкость и водонепроницаемость, что напрямую влияет на долговечность и надёжность строительных конструкций. Особенно это важно для объектов, эксплуатируемых в сложных условиях. Экономическая целесообразность применения фибробетонов достигается за счёт снижения трудозатрат на армирование, сокращения сроков строительства. Уменьшение толщины конструкций при сохранении несущей способности позволяет снизить вес зданий, что особенно актуально для высотного и сейсмостойкого строительства.

Автором работы предлагается идея модифицирования наноразмерными добавками фибробетонных композиций для обеспечения их улучшенных технологических и эксплуатационных характеристик.

#### **Структура и содержание работы**

Рецензируемая работа изложена на 185 страницах машинописного текста, состоит из оглавления, введения, основной части, состоящей из четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 128 наименований и 3 приложений, содержит 56 таблиц, 55 рисунков.

*Первая глава* содержит литературный обзор информационных источников, связанных с тематикой исследования, а также анализ отечественных и зарубежных исследований по теме применения наномодификаторов в качестве добавок для бетона. В выводах по главе 1 автор справедливо отмечает целесообразность проведения исследований по модифицированию структуры бетона на микроуровне путем применения



углеродных наномодификаторов. Автором рассмотрен подход к обеспечению введения наноразмерных добавок в бетонную смесь, а именно, ультразвуковое диспергирование, которое позволяет равномерно распределить наномодификатор в воде затворения. Также предложена технология электромагнитной активации, применение которой не только обеспечивает дополнительный помол вяжущего, но и позволяет равномерно распределить малое количество нанодобавок по всему объему смеси.

**Во второй главе** автором представлено оборудование и методики проведения экспериментов по формированию бетонных смесей, исследованию физико-химических свойств цементной матрицы и оценке физико-механических характеристик. В качестве вяжущего использовался портландцемент М 500 Д0 марки Евроцемент (АО «Евроцемент групп»). В качестве мелкого наполнителя был выбран песок с модулем крупности 1,9, добытый ООО «Партнер групп», а крупного заполнителя – щебень ООО «Калининский щебеночный завод», Волгоградской области, фракция 5-10, 5-20 мм. В состав комплексной наномодифицирующей добавки входили суперпластификатор «СП-3» и углеродные нанотрубки (УНТ) марки «Таунит-М» (ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов). УНТ имеют внешний диаметр 10-30 нм, внутренний диаметр 5-15 нм и длину до 2 мкм. Массовая доля вносимой добавки УНТ составляла в пределах 0,001-0,01 % по массе цемента. Армирование на макроуровне происходило с помощью введения стальной и базальтовой фибры. Стальная фибра «Миксарм» имеет диаметр фибры 1 мм, длину до 54 мм, с углом раскрытия анкера 60°, диаметром шляпки 1,8 мм. В качестве базальтового фиброволокна применялась фибра с диаметром 10 мкм и длиной до 12 мм, производства ООО НПО «Вулкан». Также в главе приведены способы определения физико-механических характеристик мелкозернистого бетона и фибробетона с помощью ультразвуковых неразрушающих и механических методов по ГОСТ 10180, ГОСТ-18105, ГОСТ-17624, ГОСТ 310.4.

**В третьей главе** изучено влияние пластификаторов и наномодификаторов на свойства мелкозернистого бетона. Предложены технологии внесения УНТ в воду затворения путем воздействия ультразвуком и с помощью электромагнитной активации. Оба способа позволили повысить прочность образцов, но электромагнитное воздействие имело больший эффект: на 28-е сутки прирост составил 35 % при сжатии и 29 % при изгибе (против 30 % и 17 % для ультразвуковой технологии). Дополнительно оценивалась устойчивость суспензии УНТ в воде затворения с помощью фотокolorиметрии. Выяснилось, что время стабильности суспензии зависит от частоты ультразвука и наличия пластификатора. С помощью сканирующей электронной микроскопии и рентгеновской дифрактометрии автор оценил влияния



наноразмерной добавки на процесс гидратации цемента. Было определено, что УНТ выступают центрами кристаллизации, усиливая гидратацию цемента и формируя более плотную структуру с ростом содержания портландита и других фаз. Это объясняет повышение прочности на всех сроках твердения.

В *четвёртой главе* приведены исследования по разработке составов наномодифицированных фибробетонов, а именно сталефибробетонов и базальтофибробетонов. Для сталефибробетона был подобран оптимальный состав с введением УНТ в дозировках 0,005–0,01 % от массы цемента, стальной фибры — до 2 % от массы смеси и пластификатора «Полипласт СП-3» — 0,5 % от массы цемента. Испытания показали существенный рост прочности: при изгибе — в 2,3–2,7 раза, при сжатии — на 38–41 % по сравнению с контрольным составом. Установлено, что внесение наномодификатора с помощью линейно-индукционных вращателей (ЛИВ) позволяет получить наилучшие показатели прочности. Доказано, что добавка УНТ не только увеличивает скорость набора прочности в ранние сроки твердения, но и способствует созданию бетонных изделий с улучшенными характеристиками, что важно для достижения современного уровня надежности и долговечности строительных конструкций. Аналогичные исследования проведены для базальтофибробетона. Прочностные характеристики материала определялись на 3, 7, 14 и 28 суток с помощью неразрушающего метода контроля. Введение УНТ осуществлялось с применением технологии ЛИВ и ультразвукового диспергирования. Увеличение предела прочности на сжатие составило 33–35 %, на изгибе — 1,9–2,1 раза. Как и для сталефибробетона, максимальные прочностные характеристики имели образцы, полученные с применением ЛИВ.

В результате проведенного двухфакторного эксперимента, направленного на оптимизацию состава наномодифицированного сталефибробетона и базальтофибробетона, были получены уравнения регрессии, описывающие влияние содержания стальной и базальтовой фибры, а также УНТ на прочностные характеристики бетонов.

Также в четвертой главе проведено технико-экономическое обоснование применения разработанных наномодифицированных составов бетонных смесей. Автором разработано и оптимизировано применение наномодифицированного сталефибробетона для обустройства стяжек с высокой экономической эффективностью и эксплуатационными характеристиками строительного материала.

### **Достоверность и новизна научных исследований**

*Достоверность* и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, обеспечивается применением в



исследованиях научно-обоснованных методик; использованием современного научно-исследовательского оборудования; вероятностно-статистической обработкой экспериментальных результатов; соответствием результатов опытных испытаний данным лабораторных исследований.

**Научная новизна** результатов исследования заключается в обосновании и экспериментальном доказательстве эффективности комплексного модифицирования бетона путём совместного применения стальной либо базальтовой фибры, суперпластификатора и углеродных нанотрубок, что позволяет целенаправленно регулировать формирование микро- и макроструктуры материала и улучшать его физико-механические характеристики. Установлено, что применение технологии линейно-индукционного вращения позволяет равномерно распределять нанотрубки по объёму смеси, что в процессе твердения приводит к уплотнению структуры, ускоренному образованию портландита и повышенной гидратации алито-белитовой фазы, в совокупности обеспечивая значительное улучшение прочностных показателей бетона.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Автором работы рассмотрено теоретическое представление о влиянии на структурообразование бетона комплексной наномодифицирующей добавки на основе углеродных нанотрубок. В ходе исследования фазового состава и структуры модифицированной бетонной смеси автором получено доказательство того, что углеродные нанотрубки увеличивают интенсивность гидратации основных минералов цементного камня, выступая дополнительными центрами кристаллизации.

Разработаны эффективные составы фибробетонов с повышенными прочностными характеристиками: предел прочности при сжатии сталефибробетона – 66,2 МПа, предел прочности на растяжение при изгибе – 14,7 МПа; прочность базальтофибробетона составила 63,1 МПа и 12,4 МПа соответственно. Получено два патента на изобретение, один из которых – на бетонную смесь, второй – на способ получения наномодифицированного бетона.

### **Личный вклад автора**

Автором проведен анализ литературных данных, на основе которых получено теоретическое обоснование целесообразности и перспективности наномодифицирования фибробетонных композиций. Сформулирована гипотеза о возможности достижения синергетического эффекта при комбинированном введении углеродных нанотрубок и фибровых



наполнителей, способствующего улучшению эксплуатационных свойств бетона. Для проверки выдвинутой гипотезы была проведена серия экспериментальных исследований, включающая подготовку и испытание партии опытных образцов. Экспериментальная работа проводилась с соблюдением стандартизированных методик и использованием сертифицированного измерительного оборудования, что обеспечило достоверность и воспроизводимость полученных результатов.

### **Степень обоснованности научных исследований**

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертации, оценивается как высокая. Это обусловлено комплексным подходом к исследованию, сочетающим современные достижения строительного материаловедения с тщательным анализом актуальных научно-технических источников — как отечественных, так и зарубежных. В процессе работы были не только выявлены ключевые проблемы в области получения наномодифицированных бетонов и фиброармирования, но и определены перспективные направления исследований, что обеспечило корректную постановку задач.

Научные положения сформированы на основе признанных в профессиональном сообществе подходов к исследованию композиционных материалов и подкреплены результатами оригинальных экспериментальных исследований автора. Эксперименты проводились с соблюдением строгих требований к точности и воспроизводимости данных, охватывая широкий спектр условий и параметров, что существенно повысило репрезентативность полученных выводов.

### **Замечания**

К диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. Чем обусловлен выбор именно углеродных нанотрубок в качестве наноразмерного модификатора, а не других наночастиц?

2. Автор указывает в работе, что УНТ «Таунит-М» дополнительно функционализированы. Оценивалось ли влияние на эксплуатационные характеристики бетонных изделий и на процесс гидратации вяжущего наличия карбоксильных групп в сравнении с УНТ без функционализации?

3. В чём заключается механизм воздействия пластифицирующих добавок на равномерность распределения углеродных нанотрубок в воде затворения при приготовлении модифицированных бетонных смесей?

4. В разделе 3.3 приводятся данные по различным методам введения наноразмерных добавок в состав бетона. В частности, рассматривается



использование «аппаратов на основе гидродинамической кавитации». Однако далее в работе указанная технология не использовалась. Какие факторы повлияли на выбор технологии введения?

5. Почему используются различные диапазоны массовых долей добавки УНТ в составе бетонной смеси в разделе 3 и 4? Например, в табл. 4.1 приводятся диапазоны от 0,0003 до 0,0007 мас. %, хотя изначально шла речь о 0,001-0,01 мас. %. Как определялся максимальный порог концентрации модифицирующей добавки?

Указанные замечания не являются критичными и не снижают общее положительное впечатление от представленной работы, а научная значимость, достоверность полученных результатов и весомость вклада автора не вызывают сомнений.

### **Заключение**

Диссертационная работа Ляшенко Дмитрия Александровича является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся своей новизной, теоретической и практической значимостью. Диссертационная работа Ляшенко Д.А. соответствует паспорту специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия по номенклатуре научных специальностей (утверждена приказом Министерства науки и высшего образования РФ 24 февраля 2021 г. №118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей», с изменениями от 11 мая 2022 г.), а именно:

пункту 1 - Разработка и развитие теоретических и методологических основ получения строительных материалов неорганической и органической природы с заданным комплексом эксплуатационных свойств, в том числе специальных и экологически чистых;

пункту 5 - Разработка и внедрение способов активации компонентов строительных смесей путем использования физических, химических, механических и биологических методов, способствующих получению строительных материалов с улучшенными показателями структуры и свойств.

Диссертация «Модификация структуры фибробетона комплексными нанодобавками для улучшения физико-механических свойств» Ляшенко Дмитрия Александровича соответствует требованиям, предъявляемым пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в актуальной редакции), а ее автор, Ляшенко Д.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.



### **Основные публикации официального оппонента**

1. Burakova, I. V. Improve the mechanical properties of lightweight foamed concrete by using nanomodified sand [text] / Z. A. Rami J. Sldozian, A. G. Tkachev, I. V. Burakova, Z. A. Mikhaleva // Journal of Building Engineering. –2020. – №34(3). – 8 p. 101923 <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101923>

2. Бураков, И. В. Функциональные свойства пенобетона со сверхмалыми добавками углеродных нанотрубок [текст] / Р. Д. Слдозян, А. Г. Ткачев, З. А. Михалева, А. Е. Бураков, И. В. Буракова // Перспективные материалы. – 2021. – №1. – С. 49-57.

3. Burakova, I. V. Evaluation of the effect of a complex nanomodifying additive “lignosulfonate/graphene oxide” on the non-autoclaved aerated concrete hydration process [text] / D. Z. M. Aljaboobi, I. V. Burakova, A. E. Burakov, V.O. Yarkin // Journal of Advanced Materials and Technologies. – 2023. – Vol. 8(4). – P. 316-323. – DOI: 10.17277/jamt.2023.04.pp.316-323

4. Бураков, И. В. Получение неавтоклавного газобетона с введением оксида графена и пластифицирующей добавки [текст] / Д. З. М. Альджабуби, И. В. Буракова, А. Е. Бураков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2023. – №3(771). – С. 52-60. – DOI 10.32683/0536-1052-2023-771-3-52-60

5. Патент № 2789547 С1 Российская Федерация, МПК С04В 20/12, С04В 38/10, В82У 30/00. Способ получения наномодифицированной добавки для пенобетонов и пенобетонная смесь, содержащая указанную добавку: № 2022112250: заявл. 05.05.2022 : опубл. 06.02.2023 / И. В. Буракова, А. Е. Бураков, Р. Д. А. Слдозян, А. Г. Ткачев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тамбовский государственный технический университет".

6. Бураков, И. В. Влияние наноструктурированной добавки на основе оксида графена и лигносульфоната на водопоглощение и теплопроводность неавтоклавного газобетона [текст] / Д. З. М. Альджабуби, И. В. Буракова, А. Е. Бураков [и др.] // Жидкие кристаллы и их практическое использование. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 69-76. – DOI 10.18083/LCAppl.2024.1.69.

7. Burakova, I. V. Effect of Nanostructured Additive Based on Graphene Oxide and Lignosulfonate on Water Absorption and Thermal Conductivity of Non-Autoclaved Aerated Concrete [text] / D. Z. M. Aljaboobi, I. V. Burakova, A. E. Burakov [et al.] // Technical Physics. – 2024. – DOI 10.1134/s1063784224700579.

8. Патент № 2831586 С1 Российская Федерация, МПК С04В 38/00, С04В 14/30, В82У 30/00. Комплексный наномодификатор для газобетонов неавтоклавного твердения и содержащая указанную добавку газобетонная смесь : № 2024109907 : заявл. 11.04.2024 : опубл. 09.12.2024 / Д. З. М. Альджабуби, И. В. Буракова, А. Е. Бураков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тамбовский государственный технический университет". – EDN PKISOE.



9. Burakova, I. V. Use of macromolecules lignosulfonate and graphene oxide to prepare non-autoclaved aerated concrete [text] / I. Ali, I. V. Burakova, A. E. Burakov [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2024. – Vol. 282. – P. 136763. – DOI 10.1016/j.ijbiomac.2024.136763.

10. Burakova, I. V. The effect of multi-walled carbon nanotubes on mechanical properties and water adsorption of lightweight foamed concrete [text] / R. J. Sldozian, I. V. Burakova, A. E. Burakov [et al.] // Research on Engineering Structures and Materials. – DOI 10.17515/resm2024.86ma1119rs.

**Официальный оппонент:**

Кандидат технических наук по специальности 05.17.08 (2.6.13) – «Процессы и аппараты химических технологий», доцент кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет»  
E-mail: iris\_tamb68@mail.ru  
Тел.: 8-953-703-37-13

Буракова Ирина  
Владимировна

«04» 12 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет»

Адрес: 392000, Тамбовская область, г.о. город Тамбов, г. Тамбов, ул. Советская, д.106/5.

Тел.: 8 (4752) 63-10-19

E-mail: [delo@tstu.ru](mailto:delo@tstu.ru)

Подпись Бураковой И.В. заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

К.Т.Н., доцент



Мозгова Г.В.

«04» декабря 2025 г.

|                |                                              |
|----------------|----------------------------------------------|
| «08»<br>ЛИСТОВ | Вх. № 04-67-75<br>«11» 12 2025 г.<br>ВолгГТУ |
|----------------|----------------------------------------------|



Председателю  
диссертационного совета  
24.2.282.06, созданного на базе  
Волгоградского государственного  
технического университета,  
доктору технических наук  
профессору  
Перфилову В.А.

Уважаемый Владимир Александрович!

Я, Буракова Ирина Владимировна, даю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Ляшенко Дмитрия Александровича на тему: «Модификация структуры фибробетона комплексными нанодобавками для улучшения физико-механических свойств», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки). Выражаю свое согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

#### Сведения об официальном оппоненте

| Фамилия, имя, отчество                                                                                 | Буракова Ирина Владимировна                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ученая степень, наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым им защищена диссертация | кандидат технических наук по специальности 05.17.08 (2.6.13) – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)                                                                                  |
| Ученое звание                                                                                          | доцент по научной специальности 2.6.6 – Нанотехнологии и наноматериалы                                                                                                                                        |
| Полное наименование организации, являющееся местом работы в момент предоставления отзыва, должность    | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный строительный университет», кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов», доцент |



**Список основных публикаций официального оппонента по теме  
диссертации в рецензируемых научных журналах и изданиях за  
последние 5 лет**

1. Burakova, I. V. Improve the mechanical properties of lightweight foamed concrete by using nanomodified sand [text] / Z. A. Rami J. Sldozian, A. G. Tkachev, I. V. Burakova, Z. A. Mikhaleva // Journal of Building Engineering. – 2020. – №34(3). – 8 p. 101923 <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101923>
2. Бураков, И. В. Функциональные свойства пенобетона со сверхмалыми добавками углеродных нанотрубок [текст] / Р. Д. Слдозян, А. Г. Ткачев, З. А. Михалева, А. Е. Бураков, И. В. Буракова // Перспективные материалы. – 2021. – №1. – С. 49-57.
3. Burakova, I. V. Evaluation of the effect of a complex nanomodifying additive “lignosulfonate/graphene oxide” on the non-autoclaved aerated concrete hydration process [text] / D. Z. M. Aljaboobi, I. V. Burakova, A. E. Burakov, V.O. Yarkin // Journal of Advanced Materials and Technologies. – 2023. – Vol. 8(4). – P. 316-323. – DOI: 10.17277/jamt.2023.04.pp.316-323
4. Бураков, И. В. Получение неавтоклавного газобетона с введением оксида графена и пластифицирующей добавки [текст] / Д. З. М. Альджабуби, И. В. Буракова, А. Е. Бураков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2023. – №3(771). – С. 52-60. – DOI 10.32683/0536-1052-2023-771-3-52-60
5. Патент № 2789547 С1 Российская Федерация, МПК С04В 20/12, С04В 38/10, В82У 30/00. Способ получения наномодифицированной добавки для пенобетонов и пенобетонная смесь, содержащая указанную добавку : № 2022112250 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 06.02.2023 / И. В. Буракова, А. Е. Бураков, Р. Д. А. Слдозян, А. Г. Ткачев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тамбовский государственный технический университет".
6. Бураков, И. В. Влияние наноструктурированной добавки на основе оксида графена и лигносульфоната на водопоглощение и теплопроводность неавтоклавного газобетона [текст] / Д. З. М. Альджабуби, И. В. Буракова, А. Е. Бураков [и др.] // Жидкие кристаллы и их практическое использование. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 69-76. – DOI 10.18083/LCAppl.2024.1.69.
7. Burakova, I. V. Effect of Nanostructured Additive Based on Graphene Oxide and Lignosulfonate on Water Absorption and Thermal Conductivity of Non-Autoclaved Aerated Concrete [text] / D. Z. M. Aljaboobi, I. V. Burakova, A. E. Burakov [et al.] // Technical Physics. – 2024. – DOI 10.1134/s1063784224700579.
8. Патент № 2831586 С1 Российская Федерация, МПК С04В 38/00, С04В 14/30, В82У 30/00. Комплексный наномодификатор для газобетонов неавтоклавного твердения и содержащая указанную добавку газобетонная смесь : № 2024109907 : заявл. 11.04.2024 : опубл. 09.12.2024 / Д. З. М.



Альджабуи, И. В. Буракова, А. Е. Бураков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тамбовский государственный технический университет". – EDN PKISOE.

9. Burakova, I. V. Use of macromolecules lignosulfonate and graphene oxide to prepare non-autoclaved aerated concrete [text] / I. Ali, I. V. Burakova, A. E. Burakov [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2024. – Vol. 282. – P. 136763. – DOI 10.1016/j.ijbiomac.2024.136763.

10. Burakova, I. V. The effect of multi-walled carbon nanotubes on mechanical properties and water adsorption of lightweight foamed concrete [text] / R. J. Sldozian, I. V. Burakova, A. E. Burakov [et al.] // Research on Engineering Structures and Materials. – DOI 10.17515/resm2024.86ma1119rs.

### Официальный оппонент:

кандидат технических наук,  
доцент, доцент кафедры  
«Техника и технологии производства  
нанопродуктов» федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
«Тамбовский государственный  
технический университет»



Буракова Ирина  
Владимировна

### Контактная информация:

Почтовый адрес организации; 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д.106/5, пом. 2.  
Рабочий телефон; +7(4752)63-92-93  
e-mail: [iv.burakova@mail.ru](mailto:iv.burakova@mail.ru); [tstu@admin.tstu.ru](mailto:tstu@admin.tstu.ru)

Подпись Бураковой И.В. заверяю:  
Ученый секретарь Ученого совета  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
к.т.н., доцент



Мозгова Г.В.

« 25 » ноября 2025 г.

|                  |                                                                      |
|------------------|----------------------------------------------------------------------|
| « 03 »<br>ЛИСТОВ | Вх. № <u>04-67-70</u><br>« 02 » <u>12</u> 20 <u>25</u> г.<br>ВолгГТУ |
|------------------|----------------------------------------------------------------------|