

«УТВЕРЖДАЮ»

проректор по учебной работе и международной
деятельности Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донской
государственный технический университет»
д-р техн. наук, профессор



« 16 » апреля 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донской государственный технический университет»
на диссертационную работу Измерова Михаила Александровича на тему
«Обеспечение триботехнических показателей слабонагруженных пар трения
и герметичности на этапе проектирования применением имитационного
моделирования», представленную на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальности 2.5.3 - «Трение и износ в машинах»

Актуальность работы. В настоящее время, в связи с уходом с
Российского рынка многих западных компаний, начинают активно
развиваться собственные технологии. Многие из них находятся в начале пути,
но при поддержке правительства РФ, промышленности и научного
сообщества, развитие технологий происходит быстрыми темпами.

К одним из приоритетных направлений развития Российской
промышленности и технологий относится технологии наноустройств и
микросистемной техники, робототехники, устройств МЭМС и мехатроники.
Большинство этих механизмов работают в условиях малых нагрузок, где
контактные взаимодействия возникают на микровыступах шероховатостей

сопряжённых поверхностей. В этих условиях, как показывают многочисленные эксперименты, поведение трибосистем отличается от поведения обычных механизмов, работающих при нормальных контактных давлениях до предела текучести, где наблюдается преимущественно упругий контакт. Такие современные модели оценки контактной жёсткости стыка шероховатых поверхностей при нулевом контактном давлении дают некоторое сближение сопряжённых поверхностей и бесконечный рост коэффициента трения, чего в действительности не наблюдается. Всё это говорит о том, что механизм контактного взаимодействия поверхностей на микроуровне отличается от взаимодействия поверхностей в макро-масштабе.

Это объясняется тем, что при малых нагрузках влияние шероховатости сопряжённых поверхностей на триботехнические показатели значительно возрастает, и в зависимости от состояния пятен фактического контакта можно получить разные результаты. В зависимости от нагрузки для разных сочетаний поверхностей в одном случае получают преимущественно упругий контакт, когда большинство пятен находятся в упругом состоянии, а в другом случае – преимущественно пластический контакт, где большинство микровыступов пластически сдеформированы. Кроме того, в процессе трения соотношение пятен контакта, находящихся в упругом или пластическом состоянии, постоянно меняется, что приводит к постоянной смене механизмов трения и изнашивания, нелинейному закону изменения триботехнических характеристик и ошибкам прогнозирования технического состояния механизма.

Решение данной задачи позволило бы более эффективно проектировать слабонагруженные узлы мехатронных систем, робототехники и прецизионных механизмов, что ускорило бы импортозамещение по приоритетным направлениям развития Российской промышленности. В связи с вышеизложенным считаем, что тема настоящей диссертационной работы актуальна, а полученные результаты имеют перспективу применения при проектировании указанных механизмов, работающих при малых нагрузках.

Структура и содержание диссертационной работы. Работа имеет логичную и последовательную структуру, главы и параграфы соответствуют заявленной цели и задачам исследования. Содержание диссертации соответствует требованиям Паспорта научных специальностей Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 2.5.3 – «Трение и износ в машинах» по следующим пунктам:

- п. 2. Механика и физика контактного взаимодействия при трении покоя, трении скольжения, трении качения и качения с проскальзыванием с учетом строения, качества и свойств поверхностных слоев.
- п. 3. Закономерности различных видов изнашивания и поверхностного разрушения при трении.
- п. 5. Трение без смазки, в различных средах и в условиях вакуума.
- п. 10. Физическое и математическое моделирование процессов трения и изнашивания. Расчет и оптимизация узлов трения и сложных трибосистем.
- п. 15. Трибологические испытания: методы и устройства.
- п. 17. Экологические проблемы узлов трения и материалов, участвующих в трении.

Диссертация изложена на 333 страницах и имеет следующую структуру:

- Введение. - Глава 1: «Обзор опубликованных работ по проблеме оценки контактного взаимодействия, трения, изнашивания и герметичности». - Глава 2: «Многоуровневая трёхмерная модель инженерных поверхностей». - Глава 3: «Контактное взаимодействие инженерных поверхностей». - Глава 4: «Трение инженерных поверхностей». - Глава 5: «Изнашивание слабонагруженных узлов трения». - Глава 6: «Герметичность уплотнительных устройств». - Глава 7: «Оценка экономического эффекта работы».
- Заключение. - Список литературы, который содержит 232 источника. В диссертации имеется 149 рисунков и 29 таблиц.

Аннотация, представленная на 36 страницах, в полном объеме отражает содержание диссертации. Основные результаты работы

представлены в 65 работах, из которых 5 монографий, 4 учебных пособия (одно переизданное), 27 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 статей в индексируемых международных базах Scopus/WoS. Основные тезисы работы были представлены на 29 международных и всероссийских конференциях, о чём свидетельствуют изданные тезисы докладов. Также автором получены 5 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Во **Введении** обоснована актуальность работы, сформулирована цель и поставлены задачи. Также во введении дана полная характеристика работы – обозначены объект и предмет исследования, представлена научная новизна и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, а также представлены результаты работы и её апробация.

В **Главе 1** представлен обзор существующих работ на сегодняшнее время по тематике диссертации, на которые автор опирался в своих исследованиях. Обзор работ разбит на четыре подраздела – «Моделирование микрогеометрии инженерных поверхностей», «Контактное взаимодействие твердых тел», «Трение и износ поверхностей» и «Герметичность металл-металлических соединений», в которых автор приводит фамилии известных учёных и описывает их модели, методики и теории, которые применяются в настоящее время, но имеют некоторые ограничения, которые необходимо преодолеть. Кроме того, в первой главе в качестве объекта исследования представлена фрикционная предохранительная муфта стрелочного перевода и её рабочие условия, и технические параметры.

В **Главе 2** автор решает задачу моделирования реальной инженерной поверхности, которая учитывает известные макро- и микро- отклонения от идеальной формы. В качестве модели он предлагает многоуровневую модель, которая на каждом уровне реализует определённый вид отклонений.

На уровне макро-отклонений происходит искажение исходной формы поверхности (волна, перекося, вогнутость, выпуклость и т.д.) в цифровой трёхмерной карте модели в памяти компьютера в пределах заданных исходных данных.

На уровне волнистости автор разработал алгоритм построения волнистых поверхностей в полярной или декартовой системах координат на основе построения сплайнами. При этом он реализует случайную составляющую отклонения параметров как в шаговом, так и в высотном исполнении, из-за чего можно получить разные поверхности с одинаковыми исходными параметрами.

На микроуровне автор использует фрактальную геометрию для моделирования шероховатости поверхности. Для этого используется двухпараметрическая функция Вейерштрасса-Мандельброта, которая даёт возможность создавать как изотропные, так и анизотропные поверхности в разном масштабе размеров исходной карты, которые имеют геометрические характеристики, довольно близкие к реальным поверхностям. Кроме того, автором была создана база данных как реальных поверхностей, полученных щуповым способом трёхмерного профилографирования, так и их моделей, а также был предложен эффективный и точный способ нахождения эквивалентной фрактальной размерности двух сопряжённых поверхностей.

В **Главе 3** автор решает задачу контактного взаимодействия инженерных поверхностей на основе имитационного моделирования контакта многоуровневой модели, описанной в главе 2. Подразумевается, что макроотклонения (если такие присутствуют) и волнистость дадут при моделировании контурные пятна контакта, на которых будет моделироваться контакт фрактальных поверхностей для получения уже фактических пятен контакта.

Моделирование контакта волнистых поверхностей для плоской задачи реализуется на имитационной модели упругим деформированием волны, состоящей из выступов круглой формы одинакового или разного радиуса, которые расположены случайным образом по высоте относительно средней линии по β – распределению. Для трёхмерной задачи сближение происходит на трёхмерных моделях, основанных на сплайнах. При этом определяется реальный размер каждого контурного пятна контакта и его нагрузка.

Контакт шероховатых поверхностей представлен контактным взаимодействием фрактальных моделей, которые были представлены в главе 2. Основываясь на предложенной Маджумдаром аналитической связи параметров фрактального выступа со сферическим и приравнивая решение фрактальной модели и модели Герца, автору удалось получить критерий перехода из пластического состояния вершин микровыступа в упругое деформирование остова микровыступа в виде площади критического пятна контакта. Кроме того, выполнив анализ распределения пятен контакта при взаимодействии реальных трёхмерных карт шероховатых поверхностей, автор подтвердил, что действительным является степенной закон распределения с показателем степени α , который линейно зависит от параметра эквивалентной фрактальной размерности. С учётом закона распределения пятен контакта, полученного критерия перехода от пластического состояния к упругому и моделирования трёхмерного контактного взаимодействия, автор смог оценить площадь пятен контакта, находящихся в пластическом состоянии, площадь пятен контакта, находящихся в упругом состоянии и найти их нагрузочную способность при заданной величине сближения. Эксперименты по оценке сближения от давления показали высокую сходимость при заданных условиях.

В Главе 4 автор рассматривает закономерности изменения коэффициента трения при контактировании фрактальных поверхностей с разной геометрией и при разной нагрузке.

Анализ контактного взаимодействия двух микронеровностей позволил в оригинальном виде получить полный коэффициент трения в зависимости от молекулярной и деформационной составляющей коэффициента трения. Для оценки молекулярного коэффициента трения был предложен оригинальный способ его определения с помощью атомно-силового микроскопа AFM при сканировании гладкого участка образца при очень малой нагрузке, когда деформационная составляющая практически не оказывает влияние на процесс измерения.

Анализ угла наклона микровыступов в зависимости от фрактальной

размерности поверхности показал, что для поверхностей с фрактальной размерностью до $D_s < 2,5$ угол наклона практически не меняется, и полный коэффициент трения в основном определяется адгезионной составляющей и падает с ростом нагрузки, а при $D_s > 2,5$ угол наклона резко растёт при слабо меняющейся адгезионной составляющей коэффициента трения из-за малой площади контакта, и в этих условиях коэффициент трения в основном определяется деформационной составляющей и уже растёт с ростом нагрузки. Экспериментальные исследования подтвердили правильность предложенных моделей, включая сравнение данных модели с данными литературных источников натурных испытаний других исследователей.

В **Главе 5** автор решает задачу оценки интенсивности изнашивания микровыступов, находящихся в пластическом и упругом состоянии при малых нагрузках. При этом предлагается методика оценки ресурса трибосопряжения при известном предельном его состоянии.

Для оценки интенсивности изнашивания используется известная формула Крагельского И.В., но объём изношенного материала и площадь фактического контакта пятен, находящихся в пластическом и упругом состоянии, находится с учётом фрактального представления о форме сопряжённых микронеровностей и их распределения. При этом была найдена оптимальная эквивалентная фрактальная размерность сопряжённых поверхностей $D_s = 2,5$, соответствующая минимуму интенсивности изнашивания. Кроме того, оказалось возможным оценить длительность приработки и момент выхода в нормальный режим трения, когда на исходных поверхностях первоначально высокий темп изнашивания вершин микровыступов, находящихся в пластическом состоянии, постепенно снижался из-за снижения фрактальной размерности и перехода большинства пятен фактического контакта в упругое состояние, которое соответствует нормальному режиму изнашивания.

Применение разработанной методики расчёта интенсивности изнашивания и полученных выражений к оценке интенсивности изнашивания

фрикционной предохранительной муфты стрелочного перевода показал близкие результаты с экспериментом (отклонение около 25%) и значительное повышение точности в сравнении с традиционным расчётом.

В **Главе 6** автор применяет предложенную многоуровневую модель и методику расчёта контактного взаимодействия для решения задачи герметичности металл-металлических устройств. Условия работы таких уплотнений происходят при значительных контактных давлениях, но разработанная модель поверхности и методика расчёта контактной жёсткости даёт возможность оценить действительные значения коэффициентов, применяемых при оценке герметичности, и визуализировать процесс протекания уплотняемой среды, что значительно повышает точность расчётов.

Для контакта волнистых поверхностей автор использует уравнение Рейнольдса, а для оценки просачивания жидкости через пористый слой в местах фактического контакта – уравнение Пуазейля, где необходимые коэффициенты (пористость, извилистость и т.д.) получает при моделировании контакта трёхмерных фрактальных поверхностей. При этом представляется возможность оценить влияние на герметичность таких параметров, как число волн, их высоту, радиус, а также высоту шероховатости, пористости и извилистости. Отличительной особенностью является то, что методика позволяет получить условия работы уплотнительного устройства при достижении полной герметичности для рассматриваемых поверхностей. Сравнение данных модели с экспериментом для трансформаторного масла и керосина в качестве уплотняемой среды на поверхностях с разной шероховатостью дало удовлетворительные результаты.

В **Главе 7** автор приводит оценку экономической эффективности предлагаемой методологии, заключающейся в том, что при оценке коэффициента трения, интенсивности изнашивания и герметичности, применяются значений основных параметров и коэффициентов, близких к действительным для каждого конкретного случая, что позволяет обосновать их выбор и значительно повысить точность расчётов.

Внедрение данной методики на автотранспортном предприятии в г. Брянске для оценки периодичности проведения планового ремонта уплотнительных устройств трубопроводов дало экономию на потере гидравлической жидкости и минимизацию простоев автопарка, по современным меркам, незначительную в денежном выражении, но если применить эту методику в рамках страны, то эффект, наверняка, был бы ощутимее больше.

Обоснованность научных положений и выводов основана на использовании в качестве основы для предложенных моделей современных положений о теории строения поверхностей, теории контактного взаимодействия, теории трения и изнашивания и теории герметичности, которые хорошо себя зарекомендовали. Применение фрактальной геометрии к решению контактной задачи, трения, изнашивания и герметичности, позволило уточнить множество факторов, которые в классических моделях определялись по усреднённым зависимостям, графикам или таблицам и редко соответствовали реальным условиям. К тому же полученные зависимости и выводы позволяют оптимизировать ряд трибосистем на этапе проектирования путём моделирования их поведения с использованием реальных карт шероховатых поверхностей или их адекватных моделей.

Автор полученными результатами и сформулированными выводами не противоречит известным законам трения, изнашивания и герметичности, а уточняет и позволяет применить их в особенных условиях, где классические методы дают большие погрешности – в условиях контактного взаимодействия микронеровностей при малых нагрузках и при расчёте герметичности металл-металлических устройств с учётом исходной микрогеометрии сопряжённых поверхностей, близкой к реальным.

Достоверность результатов проведённых исследований подтверждается глубокой проработкой большого количества научной литературы как Российских, так и зарубежных исследователей. Эксперименты, проведённые автором на образцах с разным диапазоном

параметров, имеют хорошую сходимость результатов с расчётами и моделированием, а сравнение предложенных моделей с результатами проведённых экспериментов другими исследователями, приведенных в литературных источниках, подтверждают правильность методик и выводов.

Основные результаты и выводы настоящего исследования были представлены на конференциях Российского и международного уровня, а также опубликованы в рецензированных журналах, рекомендованных ВАК, WOS/SCOPUS и РИНЦ, где прошли всестороннее обсуждение. Кроме того, применение предложенной методики на автотранспортном предприятии в г. Брянске показало экономический эффект, а разработанные и зарегистрированные автором программы для ЭВМ позволяют применить результаты диссертационной работы в реальных условиях.

Научная новизна настоящей работы состоит в получении новых закономерностей, которые обуславливают поведение трибосистем на микроуровне в отличии от макросистем:

1. Установлено, что распределение пятен фактического контакта подчиняется степенному закону, где показатель степени функции распределения коррелирует с эквивалентной фрактальной размерностью поверхностей.
2. Предложенная модель деформации микровыступов учитывает при первичном контакте вначале возникновение преимущественно пластического контакта относительно острых микровыступов, которые при дальнейшем сближении расплющиваются, увеличивая площадь, и возникает переход к преимущественно упругому состоянию контакта стержня микровыступа.
3. При совместном решении контактной задачи для фрактальной модели поверхности и модели Герца получен критерий перехода от пластического состояния к упругому в виде критической площади пятна контакта a_c , который разграничивает области применения фрактальной модели и модели Герца.
4. Найдена оптимальная фрактальная размерность поверхности

$D_s = 2.5$, соответствующая минимуму коэффициента трения. До этого значения коэффициент трения определяется в основном адгезионными свойствами материала и растёт с уменьшением фрактальной размерности, а после этого значения коэффициент трения в основном определяется деформационной составляющей и растёт с ростом фрактальной размерности.

5. Установлено, что адгезионная составляющая коэффициента трения определяется величиной отклонения иглы кантилевера атомно-силового микроскопа при небольших нагрузках на кантилевер, что позволяет использовать этот метод для качественной оценки адгезионной составляющей коэффициента трения.

6. Разработанная модель изнашивания инженерных поверхностей при малых нагрузках позволила установить, что снижение интенсивности изнашивания в режиме приработки происходит из-за снижения фрактальной размерности поверхности и уменьшении числа пятен контакта, находящихся в пластическом состоянии, а при установившемся режиме работы интенсивность изнашивания постоянна из-за неизменной фрактальной размерности и перехода большинства пятен контакта в упругое состояние.

7. Установлено, что представление межконтактного зазора поверхностей в виде фрактальной пористой среды позволяет определить фактический коэффициент извилистости, пористости и среднего радиуса каналов протекания, что даёт возможность оценить герметичность уплотнительных металл-металлических устройств на этапе проектирования.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. На основе предложенной трёхмерной многоуровневой модели разработаны компьютерные программы для ЭВМ, позволяющие создавать адекватные 3D модели инженерных поверхностей с высокой детализацией и следами обработки по заданным исходным параметрам с учётом случайных отклонений для проведения дальнейших исследований.

2. Создана база данных поверхностей на основе СУБД MySQL, которая включает в себя карты реальных поверхностей и их моделей, что

упрощает и автоматизирует выбор оптимального сочетания образцов при проектировании трибосистем.

3. На основе предложенной модели контактного взаимодействия поверхностей разработана компьютерная программа, позволяющая адекватно оценить контактную жёсткость стыка при малых нагрузках за счёт правильной идентификации упруго-пластического состояния контакта.

4. Предложен новый способ оценки адгезионной составляющей коэффициента трения на нано-уровне на основе применения атомно-силового микроскопа методом анализа величины отклонения иглы кантилевера при прямом и обратном сканировании гладких образцов.

5. Предложен алгоритм прогнозирования поведения узлов трения на этапе проектирования, работающих при малых нагрузках, а также работающих в режиме приработки, который позволяет рассчитать время изнашивания микронеровностей под действием заданной нагрузки и величину износа при выбранном сочетании образцов поверхностей. Перебор разных сочетаний карт поверхностей позволяет найти такое их сочетание, при котором будет минимальная интенсивность изнашивания или время приработки.

6. Принятая к внедрению на МУП «Брянское городское предприятие» компьютерная программа по расчёту герметичности уплотнительных устройств гидравлической системы автобусной техники позволила за счёт предупреждающего ремонта уменьшить время простоя автопарка и сэкономить материалы и запчасти, что вместе с повышением экологичности предприятия снизило издержки на 1 192 201 руб. за 2020 год и повысило качество оказываемых услуг.

Замечания и рекомендации по диссертации. К настоящей работе имеется ряд замечаний.

1. Автором показано, что материал после пластического деформирования в контакте переходит в упругое состояние. Возможно ли возникновение упругой деформации после

пластической?

2. Автор обосновано проведение своих исследований между контактирующими поверхностями пар трения без использования смазочных материалов до контактного давления 2 МПа на основании разработанной им методики, при которой сближение шероховатостей плоских поверхностей производится до образования площадок на шероховатостях при деформации единичных неровностей. В разработанной имитационной модели автор приводит взаимодействие одной плоской поверхности без шероховатости, а другой шероховатой, на которой происходит деформации единичных неровностей. В реальных условиях при трении и стационарном режиме трения образуется равновесная шероховатость (по теории профессора, Э.В.Рыжова) с текстурой поверхности, отличной от получаемой при сближении контактирующих поверхностей и представленной в имитационной модели.
3. Автор предложена трехмерная многоуровневая модель контактного зазора, основанная на трехмерной профилографии согласно ГОСТ Р ИСО 25178 от 2014 года. Уровни данной модели при решении конкретной задачи включают: микроотклонение от плоскостности, волнистость, шероховатость. Показатели параметров контактирующих поверхностей при равновесной шероховатости и стационарном режиме трения могут иметь другие оценки, а фрактальная кривая при равновесной шероховатости должна строиться не по профилю шероховатости поверхности, а по профилям опорных поверхностей.
4. Автор утверждает, что на атомно-силовом микроскопе AFM «Femtoscan» им определялась только адгезионная сила трения. При проведении испытаний образцов на контилевер действуют нормальная сила образца и боковые латеральные силы – силы трения. Нормальная реакция определяется рельефом поверхности, которая

отклоняется от вертикали при проведении испытаний. Силы трения включают адгезионную и гистерезисную составляющие. Регистрируемые латеральные силы несут информацию о распределении силы трения, а также о рельефе поверхности.

5. Автор приводит акт о реализации диссертационных исследований по расчету герметичности уплотнительных устройств в гидравлической системе автобусной техники. Однако им недостаточно полно описаны узлы трения автомобильного транспорта, где можно использовать фильтрационную модель протекания жидкости и щелевую модель оценки утечки жидкости. Гидроусилители рулевого управления автобусов, гидроцилиндры грузовых автомобилей, прицепов имеют резиновые уплотнения и не допускают утечек жидкостей. Усилия, развиваемые гидроцилиндрами, обеспечивают легкость управления автомобилем и выполняют работу по выгрузке грузов.
6. На стр. 167-174 диссертационной работы приводятся описание экспериментальной установки и исследуемых образцов. Однако не приводятся марки сталей, из которых изготовлены образцы. Условные номера (сочетания) зашифрованных образцов затрудняют оперативно оценивать результаты исследований.

Замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей научной и практической ценности работы, которая является законченным научно-исследовательским трудом.

**Заключение о соответствии диссертации требованиям,
установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа Измерова Михаила Александровича на тему «Обеспечение триботехнических показателей слабонагруженных пар трения и герметичности на этапе проектирования применением имитационного моделирования», является завершенной научно-квалификационной работой,

выполненной автором самостоятельно, на высоком научном уровне, в которой решена важная научная проблема обеспечения износостойкости кинематических пар трения на этапе проектирования, имеющая важное хозяйственное значение, заключающееся в снижении затрат при проектировании на основе моделирования поведения трибосистем при трении, а также в ускорении процесса приработки за счёт подбора оптимальной исходной микрогеометрии поверхностей и в научном обосновании интервалов техобслуживания.

Тема диссертации актуальна, а полученные соискателем новые научные результаты обладают научной новизной и практической значимостью, вносят существенный вклад в развитие науки и практики в области трения и износа в машинах.

Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, теоретически и экспериментально обоснованы, прошли апробацию в научных изданиях, а также на научных конференциях и семинарах.

Содержание работы, ее научная новизна, обоснованность и достоверность полученных результатов, объем выполненных исследований, а также научная и практическая значимость позволяет утверждать, что диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Измеров Михаил Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.3 - «Трение и износ в машинах».

Отзыв ведущей организации на диссертацию Измерова Михаила Александровича подготовлен доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Химия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» Бурлаковой Викторией Эдуардовной.

Отзыв был обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедр «Химия», «Материаловедения и технологии металлов» и «Технологии машиностроения» протокол № 8 от «16» апреля 2024 г.

Зав. кафедрой «Химия»
ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет», д-р техн. наук
по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах», проф.

 Бурлакова Виктория Эдуардовна

тел. 8 (863) 2-738-537
email: vburlakova@donstu.ru

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Донской государственный технический университет".
344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
Тел. 8-800-100-1930
Сайт: <https://donstu.ru>
E-mail: reception@donstu.ru

«16» апреля 2024 г.

