УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Уфимский
университет науки и технологий»
д.ф.-м.н., доцент

_____И. Ф. Шарафуллин
«30» 09 2026г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»

Диссертация «Термическая стабильность и сопротивление ползучести двухфазного титанового сплава ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой, полученной ротационной ковкой» выполнена в лаборатории многофункциональных материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и на кафедре материаловедения и физики металлов Института технологий и материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Стоцкий Андрей Геннадиевич работал младшим научным сотрудником в лаборатории многофункциональных материалов ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», в настоящее время работает ассистентом на кафедре материаловедения и физики металлов Института технологий и материалов ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

В 2016 г. окончил ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» с присвоением квалификации бакалавр.

В 2018 г. окончил ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» по основой образовательной программе 01.04.03 «Механика и математическое моделирование» с присвоением квалификации магистр.

Справки о сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии науки и по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов выданы в 2026 г. ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

Справка о сдаче кандидатского экзамена по иностранному языку выдана в 2026 г. ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова».

Научный руководитель – Семенова Ирина Петровна, доктор технических наук, процессор кафедры материаловедения и физики металлов Института технологий и материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация «Термическая стабильность и сопротивление ползучести двухфазного титанового сплава ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой, полученной ротационной ковкой» Стоцкого Андрея Геннадиевича является законченной научно–квалификационной работой, соответствующей п.9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции).

В работе показаны преимущества формирования микроволокнистой структуры в титановом сплаве ВТ8М-1 по сравнению с дуплексной крупнозернистой структурой. Исследована термическая стабильность и сопротивление ползучести сплава для перспективного применения в газотурбинных двигателях. Показано, что за счет применения ротационной ковки повышаются механические свойства и сопротивление ползучести при температурах вплоть до 350 °С. Разработаны технологические рекомендации для создания изделий в виде лопаток КНД газотурбинного двигателя с повышенными эксплуатационными свойствами.

Все основные результаты, выносимые на защиту, получены соискателем лично, либо при его непосредственном участии:

1. Установлено, что сформированная в титановом сплаве ВТ8М-1 методом ротационной ковки микроволокнистая структура с ультрамелкозернистой составляющей, характеризующаяся вытянутыми вдоль оси прутка зернами первичной α-фазы, ультрамелкими зернами со средним размером 0,25 мкм и наноразмерными силицидами $(Ti,Zr)_6Si_3$ на границах, способствует повышению на 20–25 % предела прочности и условного предела текучести (при комнатной температуре) при сохранении пластичности на уровне 9 %.

2. Установлено, что титановый сплав ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой с ультрамелкозернистой составляющей сохраняет термическую стабильность вплоть до 450 °С при термических и механических воздействиях и обеспечивает повышенные на 20 % механические свойства при температурах 300–450 °С по сравнению со сплавом с дуплексной крупнозернистой структурой за счет большой плотности межфазных границ и наличия частиц силицидов $(TiZr)_6Si_3$ по границам вытянутых ультрамелких зерен.

3. Обоснован метод повышения сопротивления ползучести титанового сплава ВТ8М-1 за счет формирования направленной вдоль оси нагружения микроволокнистой структуры с ультрамелкозернистой составляющей методом ротационной ковки, который обеспечивает повышенное на 20 % сопротивление ползучести при температуре 350 °С по сравнению со сплавом с дуплексной крупнозернистой структурой. Установлено, что деформационно-индуцированное выделение третичной α-фазы в титановом сплаве ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой при эксплуатации дополнительно повышает сопротивление ползучести на 10 %.

4. Разработаны технологические рекомендации по изготовлению лопаток КНД методом изотермической штамповки при 750 °С из титанового сплава ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой, получаемой методом ротационной ковки при температуре 750 °С, что обеспечивает повышенные на 10–15 % эксплуатационные свойства по сравнению со стандартной производственной технологией.

В основных работах, приведенных в автореферате, соискателем лично получены следующие результаты:

В работах [2, 7, 10, 15] – исследована эволюция микроструктуры и механических характеристик сплава ВТ8М-1, подвергнутого ротационной ковке.

В работах [2, 8, 10–13, 15, 18] – исследована термическая стабильность сплава ВТ8М-1 при температуре 450 °С в течение 500 ч и механические характеристики сплава ВТ8М-1 в интервале температур 300–550 °С. Рассмотрены микроструктурные изменения, происходящие при воздействии температуры и напряжений.

В работах [2–4, 17] – исследовано формирование частиц силицидов типа S_2 на границах зерен и межфазных границах, а также выделение третичной α-фазы и ее влияние на механические свойства в сплаве ВТ8М-1, подвергнутого ротационной ковке.

В работах [3, 5] – исследовано влияние температурно-напряженных испытаний на структуру и эксплуатационные свойства сплава ВТ8М-1, подвергнутого ротационной ковке.

В работах [1, 4, 9, 13, 15, 16] – исследовано влияние изотермической штамповки на структуру и механические свойства сплава ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой.

Автор принимал непосредственное личное участие в обсуждении и постановке задач, обзоре известных литературных данных, получении и анализе основных результатов диссертационной работы. Опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Статьи опубликованы совместно с научным руководителем и другими соавторами научного коллектива.

Степень достоверности диссертационной работы обеспечивается использованием независимых, современных методов исследования, которые применяются в материаловедении, значительного объема полученных данных и современного аналитического оборудования. Полученные результаты не противоречат исследованиям других авторов и позволяют дополнить общую картину исследования и области применения жаропрочных сплавов, подвергаемых деформационно-термическим обработкам.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

1. Сформированная впервые в титановом сплаве ВТ8М-1 микроволокнистая структура методом ротационной ковки, характеризующаяся вытянутыми вдоль оси прутка зернами первичной α-фазы, отличается от подобной структуры в других титановых сплавах вытянутыми и равноосными ультрамелкими зернами со средним размером 0,25 мкм и выделением на границах наноразмерных силицидов $(Ti,Zr)_6Si_3$, что позволяет повысить механические свойства сплава в осевом направлении.

2. Экспериментально показано, что титановый сплав ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой с ультрамелкозернистой составляющей сохраняет термическую стабильность вплоть до 450 °С и отличается от сплава с дуплексной крупнозернистой структурой повышенными на 20% пределом прочности и текучести в диапазоне температур 300–450 °С, что позволяет повысить механические свойства лопаток КНД.

3. Новизна метода повышения сопротивления ползучести титанового сплава ВТ8М-1 заключается в формировании направленной вдоль оси нагружения микроволокнистой структуры с ультрамелкозернистой составляющей методом ротационной ковки, отличающейся уменьшением поперечного и увеличением продольного размера зерен со средним соотношением 1 к 25, а также вытягиванием границ зерен вдоль оси нагружения, что позволяет повысить эксплуатационные характеристики лопаток КНД вплоть до 350 °С.

4. Новизна технологических рекомендаций заключается в возможности проводить низкотемпературную изотермическую штамповку лопаток КНД из титанового сплава ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой при температуре 750 °С, отличающуюся от традиционной горячей штамповки, проводимой при температуре выше 900 °С тем, что позволяет обеспечить повышенные эксплуатационные свойства сплава.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что уточнены механизмы ползучести и определена энергия активации титанового сплава ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой в интервале эксплуатационных температур 350–450 °С, что позволило обосновать метод повышения сопротивления ползучести данного сплава. Установлено, что, согласно методу, формирование микроволокнистой структуры способствует повышению сопротивления ползучести титанового сплава ВТ8М-1 за счет уменьшения размера зерен в поперечном сечении и формирования вытянутых границ зерен, подавляющих зернограничное проскальзывание при растягивающих напряжениях. Выявлены такие фазовые превращения, как выделение силицидов S_2, образующихся при деформации методом ротационной ковки, и третичной α-фазы, имеющей деформационно-индуцированную природу в условиях ползучести, которые способствуют повышению термической стабильности и сопротивления ползучести титанового сплава ВТ8М-1 при его эксплуатации в компрессоре низкого давления ГТД.

Практическая значимость работы:

1. Формирование микроволокнистой структуры с ультрамелкозернистой составляющей в титановом сплаве ВТ8М-1 методом ротационной ковки позволяет повысить предел прочности и условный предел текучести на 20–25 % по сравнению со сплавом с дуплексной крупнозернистой структурой при сохранении пластичности на уровне 9 %.
2. Установлено, что титановый сплав ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой с ультрамелкозернистой составляющей сохраняет термическую стабильность при температурах 300–450 °С при термических и механических воздействиях и обладает повышенными на 20 % механическими свойствами по сравнению со сплавом с дуплексной крупнозернистой структурой.
3. Практическая значимость метода повышения сопротивления ползучести в титановом сплаве ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой заключается в повышении на 20 % сопротивления ползучести при температуре 350 °С по сравнению со сплавом с дуплексной крупнозернистой структурой. Также установлено, что в ходе эксплуатации происходит выделение деформационно-индуцированной третичной α-фазы в титановом сплаве ВТ8М-1 с

микроволокнистой структурой с ультрамелкозернистой составляющей, что дополнительно повышает сопротивление ползучести на 10 %.

4. Предложены технологические рекомендации, позволяющие изготавливать из титанового сплава ВТ8М-1 лопатки компрессора низкого давления с повышенными на 10–15 % эксплуатационными свойствами за счет термодеформационного воздействия методом ротационной ковки (при температуре 750 °С) и низкотемпературной изотермической штамповки при 750 °С.

Результаты диссертационной работы были использованы при разработке опытной технологии изготовления заготовок лопаток из ультрамелкозернистых титановых сплавов в рамках выполнения НИОКР между ПАО «ОДК-УМПО», НПА «Технопарк авиационных технологий» и ФГБОУ ВО «УГАТУ», а также в учебном процессе кафедры материаловедения и физики металлов Уфимского университета науки и технологий при подготовке лабораторного практикума, чтении лекций и проведения практических занятий по дисциплине «Физика ползучести и сверхпластичности» при подготовке бакалавров по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов. Дизайн и цифровые технологии перспективных материалов», что подтверждено тремя актами использования результатов.

Ценность научной работы заключается в том, что в результате выполненных исследований:

Установлено, что применение ротационной ковки, как промышленного метода деформации, позволяет получать длинномерные заготовки из титанового сплава ВТ8М-1 с повышенными на 20–25 % механическими свойствами по сравнению со стандартной термической обработкой.

Исследование термической стабильности и сопротивления ползучести показало, что сплав ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой обладает повышенным на 20 % сопротивлением ползучести по сравнению со сплавом с дуплексной крупнозернистой структурой при температурах вплоть до 350 °С. Установлено, что дополнительное выделение третичной α-фазы в β-фазе в виде тонкопластинчатых ламелей в микроволокнистом сплаве ВТ8М-1 способствует дополнительному повышению сопротивления ползучести на 10 %.

Было показано, что последующая деформационно-термическая обработка методом низкотемпературной изотермической штамповки позволяет сохранить повышенные на 10–15 % механические свойства в лопатке компрессора низкого давления ГТД по сравнению со сплавом с дуплексной крупнозернистой структурой и повышенную усталостную долговечность по сравнению со сплавом с дуплексной крупнозернистой структурой (610 против 540 МПа, соответственно).

Обоснование выбранной специальности и отрасли науки диссертации

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов». Работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

п. 2. «Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях, включая технологические воздействия, и влияние сварочного цикла на металл зоны термического влияния, их моделирование и прогнозирование»;

п. 4. «Теоретические и экспериментальные исследования термических, термоупругих, термопластических, термохимических, термомагнитных, радиационных, акустических и других воздействий на изменение структуры и свойств металлов и сплавов, их моделирование и прогнозирование»;

п. 6. «Разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов объемной и поверхностной термической, химикотермической, термомеханической и других видов обработок, связанных с термическим или термодеформационным воздействием, цифровизация и автоматизация процессов, а также разработка информационных технологий систем сквозного управления технологическим циклом, специализированного оборудования»;

п. 8. «Исследование работоспособности металлов и сплавов в различных условиях, выбор и рекомендация наиболее экономичных и надежных металлических материалов для конкретных технических назначений с целью сокращения металлоемкости, увеличения ресурса работы, повышения уровня заданных физических и химических характеристик деталей машин, механизмов, приборов и конструкций»

Отрасль науки - технические науки, в связи с тем, что результаты исследований представляют собой научно-прикладные сведения о повышении эксплуатационных свойств лопаток КНД, изготавливаемых из титанового сплава ВТ8М-1, за счет формирования в сплаве микроволокнистой структуры вдоль оси нагружения.

Полнота изложения материалов диссертации

По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, из них 1 работа в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 6 работ входят в международные базы цитирования Web of Science и / или Scopus, 11 публикаций в сборниках трудов конференций. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором, достаточная.

Общий объем публикаций – 4,54 п. л., авторский вклад – 1,34 п. л.

Статьи в научных изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, либо в научных изданиях, индексируемых базой данных RSCI:

1. **Стоцкий А. Г.**, Двухэтапная деформация титанового сплава ВТ8М-1 с формированием ультрамелкозернистой структуры в деталях для авиации / А. Г. Стоцкий. – DOI 10.54708/26587572_2026_822558 // Materials.Technologies.Design. – 2026. Т. 8. – № 2(25). – с. 58-66. (К3, ВАК, 2.6.1)

Научные публикации в изданиях, включенных в международные базы данных и систем цитирования Web of Science, Scopus:

2. **Stotskiy, A. G.** The Effect of Long-Term Heating on Thermal Stability of Ultra-Fine Grained Titanium Alloy VT8M-1 Processed by Rotary Swaging / A. Stotskiy, T. Yakovleva, G. Dyakonov, A. Polyakov, I. Semenova. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.1398 // Materials Science Forum. – 2020. – Vol. 1016. – pp. 1398-1403. (К3 = Q4)

3. Yakovleva, T. Investigation of the Role of Intermetallic Phases in Microstructure of UFG Titanium VT8M-1 Alloy / T. Yakovleva, G. Dyakonov, **A. Stotskiy**, Iu. Modina, I. Semenova. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.1659 // Materials Science Forum. – 2020. – Vol. 1016. – pp. 1659-1663. (К3 = Q4)

4. Dyakonov, G. Evolution of the Microstructure and Mechanical Properties of the Ultrafine-Grained VT8M-1 during Isothermal Die Forging and Thermal Treatment / G. Dyakonov, T. Yakovleva, **A. Stotskiy**, A. Ibatullin, I. Semenova. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.418 // Materials Science Forum. – 2020. – Vol. 1016. – pp. 418-422. (К3 = Q4)

5. Modina, Iu. Creep Resistance of Ultrafine-Grained VT8M-1 Alloy / Iu. Modina, A. Polyakov, G. Dyakonov, T. Yakovleva, **A. Stotskiy**, R. Valiev, I. Semenova. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.922 // Materials Science Forum. – 2020. – Vol. 1016. – pp. 922-927. (К3=Q4)

6. Semenova, I. Fatigue Properties of Ti Alloys with an Ultrafine Grained Structure: Challenges and Achievements / I. P. Semenova, Yu. M. Modina, **A. G. Stotskiy**, A. V. Polyakov, M. V. Pesin. – https://doi.org/10.3390/met12020312 // Metals. – 2022. – Vol. 12. – № 312. (К1 = Q1)

7. Dyakonov, G. S. Microstructure of the Advanced Titanium Alloy VT8M-1 Subjected to Rotary Swaging / G.S. Dyakonov, T.V. Yakovleva, S.Y. Mironov, **A.G. Stotskiy**, I.M. Modina, I.P. Semenova. – https://doi.org/10.3390/ma16216851 // Materials. – 2023. – 16. – № 6851. (К1 = Q2)

Публикации в трудах научных конференций:

8. **Stotskiy, A. G.** Mechanical behavior at elevated temperatures of the ultrafine-grained titanium alloy VT8M-1 processed by rotary / A. G. Stotskiy, T. V. Yakovleva, Yu. M. Modina, A. V. Polyakov, I. A. Ramazanov, I. P. Semenova. – DOI: 10.1088/1757-899x/672/1/012060 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. – 2019. – Vol. 672. – № 1. – P. 012060.

9. Yakovleva, T. V. Microstructure and mechanical properties of workpieces of the ultrafine-grained two-phase Ti alloy produced by die forging / T. V. Yakovleva, G. S. Dyakonov, **A. G. Stotskiy**, I. P. Semenova. – DOI: 10.1088/1757-899x/672/1/012065 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. – 2019. – Vol. 672. – № 1. – P. 012065.

10. **Stotskiy, A. G.** Thermal Stability of Titanium Alloy VT8M-1 with Ultrafine-Grained Structure / A. G. Stotskiy, A. V. Polyakov, G. S. Dyakonov, I. P. Semenova. – DOI: 10.1051/matecconf/202032111026 // The 14th World Conference on Titanium. – MATEC Web of Conferences. – 2020. – Vol. 321. – № 11026.

11. Дьяконов, Г. С. Термическая стабильность и механические свойства ультрамелкозернистого титанового сплава ВТ8М-1 / Г. С. Дьяконов, Т. В. Яковлева, **А. Г. Стоцкий**, Ю. М. Модина, А. Р. Ибатуллин, И. П. Семенова // Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов: сборник тезисов докладов XXV Уральской школы металловедов-термистов. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 270 с.

12. **Стоцкий, А.Г**. Механическое поведение титанового сплава ВТ8М-1 при повышенных температурах после ротационной ковки / А. Г. Стоцкий, Т. В. Яковлева, Г. С. Дьяконов, А. В. Поляков, И. П. Семёнова // XX Международная научно-техническая Уральская школа-семинар металловедов — молодых ученых. – 2020. – С. 160-163. Уральская школа молодых металловедов: сборник материалов XX Международной научно-технической Уральской школы-семинара металловедов — молодых ученых. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 625 с.

13. **Стоцкий, А. Г.** Микроструктура и механические свойства жаропрочного титанового сплава с УМЗ структурой после изотермической штамповки / А. Г. Стоцкий, Ю. М. Модина, Г. С. Дьяконов, И. П. Семенова // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием «IV Байкальский материаловедческий форум». – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2022. – с. 570-571.

14. Модина, Ю. М. Трещиностойкость и длительная прочность ультрамелкозернистых двухфазных титановых сплавов / Ю. М. Модина, **А. Г. Стоцкий**, Т. В. Яковлева, Г. С. Дьяконов, И. П. Семенова // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием «IV

Байкальский материаловедческий форум». – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2022. – с. 542-543.

15. **Стоцкий, А.Г.** Механическое поведение, микроструктурные и текстурные особенности титанового УМЗ сплава ВТ8М-1 / А. Г. Стоцкий, Г. С. Дьяконов, Ю. М. Модина, И. П. Семенова // Тезисы докладов международной конференции «Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии», Томск, Россия. – 2023г.– с. 194-195.

16. Модина, Ю.М. Влияние микроструктурных и текстурных особенностей в ультрамелкозернистом титановом сплаве ВТ8М-1 на механические свойства / Ю. М. Модина, **А. Г. Стоцкий**, Г. С. Дьяконов // Ультрамелкозернистые и наноструктурные материалы: Сборник трудов открытой школы-конференции стран СНГ (г. Уфа, 30 сентября – 4 октября 2024 г.) / отв. ред. А.А. Назаров. – Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. – с. 198-199.

17. **Стоцкий, А.Г.** Образование силицидов и низкотемпературный распад в жаропрочном титановом сплаве ВТ8М-1 / А. Г. Стоцкий, Г. С. Дьяконов // Ультрамелкозернистые и наноструктурные материалы: Сборник трудов открытой школы-конференции стран СНГ (г. Уфа, 30 сентября – 4 октября 2024 г.) / отв. ред. А.А. Назаров. – Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. – с. 288-289.

18. **Стоцкий, А.Г.** Влияние отжигов на эволюцию микроструктуры ультрамелкозернистого титанового сплава ВТ8М-1, полученного ротационной ковкой / А. Г. Стоцкий, Г. С. Дьяконов // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием Инновационные технологии в материаловедении и машиностроении (г. Пермь, 10 – 14 октября 2022 г.) – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2022. – с. 581-586.

Диссертация «Термическая стабильность и сопротивление ползучести двухфазного титанового сплава ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой, полученной ротационной ковкой» соответствует п. 14 Положения о присуждении ученых степеней:

– отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;

– соискатель ссылается на авторов и источники заимствования.

Диссертация «Термическая стабильность и сопротивление ползучести двухфазного титанового сплава ВТ8М-1 с микроволокнистой структурой,

полученной ротационной ковкой» Стоцкого Андрея Геннадиевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (отрасль науки – технические).

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Материаловедения и физики металлов» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Присутствовало на заседании 35 человека, в том числе 15 докторов наук.

Результаты голосования: «за» – 35 человека, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 2 от «30» сентября 2026 г.

Д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой МиФМ Е. В. Парфенов

