

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.03, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 23.12.2021 г. № 1

О присуждении Попелюху Альберту Игоревичу, гражданство Российская Федерация, ученой степени доктора технических наук.

**Диссертация** «Деформация и разрушение сталей в условиях ударно-усталостного нагружения» по специальности 2.16.17 – материаловедение принята к защите 17 сентября 2021 г., протокол № 2, диссертационным советом 24.2.347.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, Приказ 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель Попелюх Альберт Игоревич родился 13.12.1963 г. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – металловедение и термическая обработка металлов на тему «Влияние технологии термического упрочнения на конструктивную прочность деталей машин, работающих в условиях сложного динамического нагружения» защитил в 1993 году в диссертационном совете К 063.99.01, созданном на базе Сибирского металлургического института им. С. Орджоникидзе. С 2020 г. по настоящее время Попелюх А.И. обучается в докторантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». С 1995 г. по настоящее время работает доцентом кафедры материаловедения в машиностроении Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация Попелюха А.И. выполнена на кафедре материаловедения в машиностроении Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный консультант** – доктор технических наук, профессор Батаев Анатолий Андреевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», профессор кафедры материаловедения в машиностроении, ректор.

**Официальные оппоненты:**

**Громов Виктор Евгеньевич**, доктор физико-математических наук, Заслуженный деятель науки РФ, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля,

**Шацов Александр Аронович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», профессор кафедры металловедения, термической и лазерной обработки металлов,

**Хотинов Владислав Альфредович**, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доцент кафедры термообработки и физики металлов  
**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном главным научным сотрудником, председателем научно-технического семинара отдела физических проблем машиностроения ИМАШ УрО РАН, доктором технических наук, профессором **С.В. Смирновым** и старшим научным сотрудником Лаборатории конструкционного материаловедения, кандидатом технических наук **С.В. Буровым**, и утвержденном директором ИМАШ УрО РАН,



доктором технических наук В.П. Швейкиным, указывает, что диссертация Попелюха А.И. является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям, предъявляемым п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Российской Федерации (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.) к докторским диссертациям. Работа содержит новые знания и научно обоснованные технические решения, внедрение которых внесет существенный вклад в развитие экономики страны в сфере материалов машиностроительного и иного назначения. Автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.16.17 – материаловедение.

**Соискатель имеет** 97 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 33 работы, из них работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 17. Другие публикации по теме диссертационной работы представлены в виде патента, глав в монографии, а также 14 работ в прочих изданиях. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 35,7 печатных листов, авторский вклад – 10,5 печатных листов. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Наиболее значимые результаты по теме диссертации представлены в следующих публикациях, входящих в перечень ВАК, в том числе в журналах, индексируемых в базах *Web of Science* и *Scopus*:

1. Особенности разрушения цементита при деформации сталей со структурой пластинчатого перлита / А. А. Батаев, В. А. Батаев, А. И. Попелюх, Л. И. Тушинский // Физика металлов и металловедение. – 1995. – Т. 80, вып. 5. – С. 148–154.

2. Установка для проведения ударно-усталостных испытаний / Л. И. Тушинский, А. А. Батаев, В. А. Батаев, А. И. Попелюх // Заводская лаборатория. – 1996. – №5. – С. 45–47.

3. Структурные особенности разрушения сталей при ударно-циклическом сжатии / А. А. Батаев, В. А. Батаев, А. И. Попелюх, Л. И. Тушинский // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1996. – № 10. – С. 29–31.

4. Свойства сталей с гетерофазной структурой / А. А. Батаев, Л. И. Тушинский, А. И. Попелюх [и др.] // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1998. – №1. – С. 56–61.

5. Особенности тонкого строения цементита в углеродистых сталях / А. А. Батаев, В. А. Батаев, А. И. Попелюх // Физика металлов и металловедение. – 1998. – Т. 85, вып. 6. – С. 132–137.

6. Способ термической обработки инструментальной стали со смешанным мартенситно-бейнитным превращением аустенита / А. И. Попелюх, А. А. Батаев, А. М. Теплых [и др.] // Сталь. – 2011. – №4. – С. 69–73.

7. Влияние неметаллических включений на долговечность ударных машин / А. А. Репин, С. Е. Алексеев, А. И. Попелюх, А. М. Теплых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2011. – №6. – С. 74–83.

8. Репин, А. А. Методы повышения надежности деталей ударных машин / А. А. Репин, С. Е. Алексеев, А. И. Попелюх // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 4. – С. 94–101.

9. Исследование закономерностей периодического деформирования металлических материалов / В. И. Капустин, В. П. Гилета, К. В. Захарченко, А. И. Попелюх // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2012. – Т. 78, №12. – С. 50–55.

10. Попелюх, П. А. Влияние внешней среды на показатели надежности деталей горных машин, работающих в условиях динамического сжатия / П. А. Попелюх, А. А. Никулина, А. И. Попелюх // Науч. вест. НГТУ. – 2013. – № 4(53). – С. 133–138.

11. Погружные пневмоударники высокого давления для открытых горных работ / А. А. Репин, Б. Н. Смоляницкий, А. И. Попелюх [и др.] // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 5. – С. 157–168.

12. Особенности зарождения и роста усталостных трещин в стали при многократном динамическом сжатии / А. И. Попелюх, П. А. Попелюх, А. А. Батаев [и др.] // Физика металлов и металловедение. – 2016. – Т. 117, № 3. – С. 291–299.

13. Повышение мощности малогабаритных погружных пневмоударников / А. А. Репин, В. В. Тимонин, А. И. Попелюх [и др.] // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 6. – С. 86–93.

14. Влияние неметаллических включений на сопротивление стали разрушению при многократном динамическом сжатии / А. И. Попелюх, С. В.



Веселов, Д. Д. Мункуева, В. В. Тимонин, В. Н. Карпов. // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2017. – № 2 (75). – С. 67–78.

15. Пути повышения эффективности ударно-вращательного бурения скважин / А. С. Кондратенко, В. В. Тимонин, В. Н. Карпов, А. И. Попелюх. // Горный журнал. – 2018. – №5. – С. 63–68.

16. Попелюх, А. И. Структура и свойства стали 40X2H2MA после термомеханической обработки с мартенситно-бейнитным превращением аустенита / А. И. Попелюх, А. А. Никулина // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2018. – № 10 (760). – С. 51–60.

17. Структурные преобразования углеродистых ферритно-перлитных сталей в условиях высокоскоростного нагружения / А. А. Батаев, И. А. Батаев, А. И. Попелюх [и др.] // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2019. – Т. 21, № 3. – С. 115–128.

**На диссертацию и автореферат поступил 21 отзыв, все они положительные:** отзыв д.т.н., профессора, профессора кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета Кузнецовой В.Н. (замечание об отсутствии в автореферате результатов исследования триботехнических пар «титановый сплав – сталь» и «цементированный титановый сплав – латунь»); отзыв к.т.н., ведущего научного сотрудника лаборатории разрушения горных пород Сухова Р.И. и к.т.н., старшего научного сотрудника лаборатории разрушения горных пород Реготунова А.С. из Института горного дела УрО РАН (рекомендация о выяснении связей и зависимостей между элементами системы «состав – структура - свойства» и использовании этой зависимости в виде идеи работы); отзыв д.т.н. профессора, профессора кафедры металловедения и технологии обработки металлов Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления Лыгденова Б.Д. (замечание об использовании в работе термоциклической обработки для повышения конструктивной прочности деталей ударных машин); отзыв д.т.н., доцента, заведующего кафедрой материаловедения и композиционных материалов Волгоградского государственного технического университета Гуревича Л.М. (замечание об отсутствии расчета экономического эффекта от разработок,

замечание о справедливости положения о негативном влиянии твердых неметаллических включений различной дисперсности и форм, замечание об отсутствии в автореферате и в диссертации упоминания эффекта Ребиндера); отзыв д.т.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории физики упрочнения поверхности Института физики прочности и материаловедения СО РАН Сизовой О.В. (замечание о повторении разделов в автореферате «Основные результаты» и «Полученные результаты»); отзыв д.т.н., ведущего научного сотрудника Института проблем сверхпластичности металлов РАН Валитова В.А. (замечание об упрощенности схемы образования полосчатой структуры); отзыв д.т.н., профессора, начальника сектора по разработке акустико-эмиссионной и тензометрической аппаратуры Сибирского научно-исследовательского института им С.А. Чаплыгина Степановой Л.Н. (замечание об отсутствии в автореферате данных о количестве испытанных образцов и повторяемости полученных результатов); отзыв д.т.н., профессора, главного научного сотрудника, заведующего лабораторией физики наноструктурных биокмполитов Института физики прочности и материаловедения СО РАН Шаркеева Ю.П. (замечание о необходимости подачи заявок на патенты РФ на ряд полученных результатов); отзыв д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Строительная механика» Сибирского государственного университета путей сообщения Герасимова С.И. (без замечаний); отзыв д.т.н., профессора, профессора кафедры «Технология машиностроения, технологические машины и оборудование» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова Дорофеева В.Ю. (замечание об отсутствии титановых сплавов в названии диссертации и замечание о целесообразности проведения сравнительного анализа технологии ВТММБ с вариантом процесса, предусматривающего дополнительную трехминутную последеформационную выдержку при 800 °С); отзыв д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Технологические машины и оборудование» Уфимского государственного нефтяного технического университета Кузеева И.Р. (замечание о дискуссионности выводов автора по поводу процесса разрушения металла в присутствии среды); отзыв д.т.н., профессора, профессора кафедры материаловедения Семенова М.Ю. и к.т.н., доцента, заместителя заведующего кафедрой «Материаловедение» Плохих А.И. из национального исследовательского университета «Московский технический университет им. Н.Э.



Баумана» (замечание об учете известного факта зарождения хрупких трещин в частицах при их разрушении и влиянии их на трещиностойкость материала, а так же на анизотропию упругих свойств; замечание об ограниченности средств моделирования ANSYS и замечание о краткости изложения перспектив дальнейшей разработки темы диссертации); отзыв д.т.н., профессора, директора производственного внедренческого комплекса прикладных исследований и разработок Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова Ситникова А.А. (замечание о причинах выбора сталей SCM 4445H, 45, 12XНЗА в главе 6 и 7 диссертации и замечание о неясности понятия «усталостная долговечность»); отзыв д.т.н., профессора, профессора кафедры «Технология машиностроения» Смирнова А.Н. и доцента этой же кафедры к.т.н., доцента Абабкова Н.В. из Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева (замечание об отсутствии в автореферате привязки некоторых рисунков к конкретной марке стали; замечание об отсутствии на рисунках 14 и 17 режимов термической обработки и об отсутствии сведений в автореферате о количестве образцов для экспериментальных исследований в лабораторных условиях); отзыв д.т.н., доцента, профессора кафедры «Горные машины и комплексы» Института горного дела Сибирского Федерального университета Шигина А.О. (замечание о неясности условий, при которых происходит рост длинных микротрещин и отсутствии в автореферате расчета критического напряжения и критической длины трещины в зависимости от коэффициента интенсивности напряжения; замечание о связи размера остаточных напряжений в пластической зоне деформации в острие трещины с величиной осевой нагрузки и динамического коэффициента; замечание о режимах термообработки, рекомендуемых для бурения породных массивов малой средней и высокой крепости); отзыв д.ф.-м.н., профессора, руководителя лаборатории перспективных сталей для сельскохозяйственной деятельности Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева Кайбышева Р.О. (замечание о размерах образцов для испытаний на ударную вязкость; замечание о трактовке автором принципа термомеханической обработки сталей; замечание об использовании U-образных надрезов на образцах для испытаний на ударную вязкость, замечание о статьях в англоязычных индексируемых журналах из базы

WOS); отзыв д.т.н., члена-корреспондента РАН, заведующего отдела материаловедения и лабораторией механических свойств Института физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН Макарова А.В. (замечание о целесообразности изложения предложенного механизма роста усталостных трещин в более сконцентрированном виде в разделах «Научная новизна» и «Выводы»; замечание (рекомендация) о последовательности изложения формулировок о процессах термомеханического упрочнения в разных разделах работы); отзыв д.т.н., профессора, профессора кафедры технологии металлов Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт» Матюнина В.М. (без замечаний); отзыв д.т.н., профессора, главного научного сотрудника Управления научно-исследовательской деятельностью Комсомольский-на-Амуре государственного университета Муравьева В.И (без замечаний); отзыв д.т.н., профессора, главного научного сотрудника Института металлургии и материаловедения им А.А Байкова РАН Ботвиной Л.Р. (замечание по трактовке новизны, касающейся повышенной скорости роста малых трещин на начальной стадии усталостного разрушения, развития усталостных трещин под действием максимальных касательных напряжений, формирования бороздок, ускоренного развития усталостного разрушения на поверхности образца; замечание о сравнении материалов в работе по уровню долговечности без указания предела усталости или амплитуды напряжения), отзыв д.т.н., профессора, профессора кафедры двигателей Омского автобронетанкового инженерного института Алтухова А.Л. (замечание об отсутствии в тексте автореферата результатов исследования триботехнических пар «титановый сплав – сталь» и «цементированный титановый сплав – латунь»).

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их компетентностью в сфере исследований, которым посвящена диссертация Попелюха А.И. и наличием публикаций по данной тематике.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** новая научная идея, обогащающая концепцию усталостного разрушения материалов применительно к условиям ударно-циклического нагружения;



**предложены** оригинальные суждения о процессах зарождения и развития трещин в сталях при ударно-усталостном нагружении по схеме сжатия, объясняющие возможные причины быстрого разрушения деталей ударных механизмов;

**доказана** перспективность практического использования новых идей по формированию в сталях смешанных структур, обеспечивающих высокий уровень прочности, ударной вязкости и трещиностойкости при многократном нагружении ударными импульсами;

**введены** – новые понятия и термины не вводились.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказаны** положения, вносящие вклад в расширение представлений об особенностях процессов разрушения сталей в условиях нагружения по схеме многократного динамического сжатия на воздухе, в коррозионно-активных и инертных жидких средах;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** оригинальный метод и средства оценки свойств материалов в условиях ударно-усталостного нагружения, базовые методы исследований в области материаловедения, в том числе, методы растровой и просвечивающей электронной микроскопии, микрорентгеноспектрального, рентгенофазового анализа, методы механических испытаний, а также методы численного моделирования с использованием программы ANSYS;

**изложены** доказательства сложного характера процессов накопления повреждений в сталях перед фронтом растущих трещин в условиях ударно-усталостного нагружения по схеме сжатия;

**раскрыты** противоречия в представлениях о механизме разрушения сталей при их нагружении по схеме многократного динамического сжатия и выявленных экспериментально данных, свидетельствующих о возможности роста усталостных трещин в данных условиях;

**изучены** факторы, объясняющие ускоренное разрушение сталей в условиях многократного динамического сжатия, в частности проведена оценка влияния внешней среды и загрязненности сталей неметаллическими включениями на сопротивление сталей усталостному разрушению;

**модернизация** существующих математических моделей, алгоритмов и/или численных методов не проводилась.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что разработаны технологии термического и термомеханического упрочнения деталей энерговооруженных ударных машин (получен патент РФ); результаты диссертационной работы внедрены в Институте горного дела СО РАН, в АО «Томский электромеханический завод им В.В. Вахрушева», ООО «Сибирская горная компания», ООО «Алтайский завод прецизионных изделий», в Новосибирском государственном техническом университете;

**определены** перспективы практического применения результатов исследований для упрочнения деталей, подверженных воздействию статических, динамических и усталостных нагрузок;

**создана** система практических рекомендаций по выбору сталей, методов их термического и термомеханического упрочнения, определению технологических режимов, обеспечивающих рациональную морфологию и соотношение структурных составляющих для повышения комплекса механических свойств деталей машин при различных условиях ударно-усталостного нагружения;

**представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию методов объемного упрочнения тяжело нагруженных деталей ударных механизмов, в том числе обеспечивающих создание в сталях смешанной структуры с высоким содержанием метастабильного остаточного аустенита, склонного к трансформационному превращению в условиях многократного динамического сжатия.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**основные результаты исследований** получены на сертифицированном оборудовании мирового уровня с применением методов статистической обработки экспериментальных данных; показана воспроизводимость результатов, полученных различными методами исследований;

**теория** основана на известных и проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;



**идея** работы базируется на анализе практики получения в сталях высокопрочных структур смешанного типа с высоким уровнем ударной вязкости и трещиностойкости; обобщении передового опыта в области разработки новых эффективных процессов упрочнения деталей ударных машин;

**использованы** данные, полученные ранее специалистами в области усталостного разрушения материалов, а так же структурных и фазовых превращений, развивающихся в легированных сталях с явно выраженным градиентным строением;

**установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с отдельными результатами, представленными в независимых источниках по изучению особенностей процесса разрушения сталей в условиях ударно-усталостного нагружения;

**использованы** современные методики сбора и обработки экспериментальных данных.

**Личный вклад соискателя состоит** в постановке цели и задач исследований, непосредственном участии в разработке испытательного комплекса, предназначенного для изучения процессов разрушения и оценки свойств материалов в условиях ударно-усталостного нагружения, получении исходных данных при проведении научных экспериментов, личном участии в апробации результатов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, анализе полученных закономерностей, формулировании выводов и положений, написании научных публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация А.И. Попелюха представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую всем критериям действующего Положения о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения, позволяющие повысить надежность ударных машин и других изделий, подвергающихся экстремальному механическому нагружению, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны в сфере материалов машиностроительного назначения.

На заседании 23 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Попелюху А.И. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертацион

Николай Васильевич Пустовой

Ученый секретарь диссертаци

 Андрей Геннадиевич Тюрин

«23» декабря 2021 г.