

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.240.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ
МЕХАНИКИ ИМЕНИ А.Ю. ИШЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
БУХАЛОВА ВЛАДИСЛАВА ИГОРЕВИЧА
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело N _____
решение диссертационного совета
от 29 сентября 2022 года, протокол № 8

О присуждении Бухалову Владиславу
Игоревичу, гражданину Российской
Федерации ученой степени кандидата физико-
математических наук.

Диссертация «Разработка метода определения остаточных напряжений по спекл-интерферометрическим измерениям в окрестности зондирующего отверстия с учетом эффекта пластичности» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела принята к защите 14 июля 2022 года, протокол № 8 диссертационным советом Д 002.240.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (119526, Москва, проспект Вернадского, д.101, к.1, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012)

Соискатель Бухалов Владислав Игоревич, 25 апреля 1995 года рождения, в 2018 г. окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) «МАИ» г. Москва по направлению подготовки 03.04.02 - «Физика». Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2022 году Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН). В период подготовки диссертации Бухалов Владислав Игоревич являлся аспирантом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории механики прочности и разрушения материалов и конструкций Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Попов Александр Леонидович. Работает в Федеральном государственного бюджетного учреждения науки Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук в должности ведущего научного сотрудника лаборатории механики прочности и разрушения материалов и конструкций.

Официальные оппоненты:

Морозов Евгений Михайлович, доктор технических наук, профессор, (ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»);

Хроматов Василий Ефимович, кандидат технических наук, профессор (ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ»), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (МАИ). В своем положительном заключении, подписанном профессором кафедры 902 «Соппротивление материалов, динамика и прочность машин» ФГБОУ ВО "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)", доцентом, доктором физико-математических наук Г.В. Федотенковым указала, что в диссертации впервые разработана методика диагностики остаточных напряжений по нормальным перемещениям с применением метода несквозного отверстия, учитывающая пластическое состояние материала. Полученные решения упругопластических задач позволяют оценить и устранить имеющиеся погрешности метода отверстия, вызванные влиянием пластичности в окрестности зондирующего отверстия.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликовано 13 научных работы, изданных в периодических научных изданиях, сборниках материалов и тезисах докладов международных и всероссийских конференций, в том числе 5 статей в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Попов А.Л., Челюбеев Д.А., Бухалов В.И. Задача Гадолина в упруго-пластической постановке // ПММ. - 2018. - т. 82, № 6. - с. 804-812.
2. Bukhalov V.I., Popov A.L., Chelyubeev D.A., Gadolin's Theory in Elasto-plastic Formulation. Mechanics of Solids. - 2019. - v. 54, № 2. - pp. 356-363.

3. Бухалов В.И., Перельмутер М.Н., Попов А.Л., Залечивание внутренних дефектов в поле сжимающих напряжений с использованием пластических свойств материалов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. - 2021. - № 2. - 36-43.

4. Bukhalov V.I., Popov A.L., Verification of the iterative procedure for solving the elastoplastic Kirsch problem on the Lamé problem. Journal of Physics: Conference Series (1614). - 2020. - pp. 1-6.

5. Bukhalov V.I., Verifying the Movable Elastoplastic Boundary Method by Using Galin's Problem. Journal of Physics: Conference Series (2095) 1. - 2021. - 012087. - pp. 1-9.

Соискателю в представленных работах [1] – [5], принадлежит построение численных и аналитических решений упругопластических задач, реализация итерационной процедуры решения плоских упругопластических задач с уточняемым положением упругопластической границы, исследование её сходимости, верификация процедуры на модельных задачах, численное моделирование решений задач о залечивании внутренних дефектов в поле сжимающих напряжений с использованием пластических свойств материалов. Все необходимые расчёты были проведены автором самостоятельно. Постановка задач и анализ полученных результатов проводились совместно с научным руководителем.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

- Д.ф.-м.н., доцента, профессора кафедры 902 «Соппротивление материалов, динамика и прочность машин» ФГБОУ ВО "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) Федотенкова Г.В., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1. При численном моделировании задачи определения остаточных напряжений с применением метода несквозного отверстия и других задач используются области с фиксированным отношением радиуса отверстия к наружным размерам выделенной области тела. Не приводится анализ влияния размеров области численного интегрирования на получаемые результаты. 2. Представляется не совсем корректным сравнение результатов упругопластического решения задачи о растяжении пластины с несквозным отверстием и результатов решения аналогичной задачи в упругой постановке, но для полупространства. 3. Все рассмотрения проводятся для идеального упругопластического тела. Отсутствуют оценки влияния на результаты деформационного упрочнения. 4. При сравнении упругопластического решения задачи о растяжении пластины с несквозным отверстием с известными результатами, полученными в рамках упругой модели, остался

неохваченным случай с минимальным отношением глубины к радиусу отверстия. 5. Схематичное представление на рис. 4.8.1,б расположения границ между упругой и пластической зонами в первом и во втором приближениях итерационной процедуры решения задачи Кирша в упругопластической постановке не соответствует результатам численного решения, приведённым на рис.4.8.2. Сам рис.4.8.2 в подрисуночной подписи повторно обозначен как на рис. 4.8.1. 6. Рис. 1.2.3, в показывает неравномерное распределение касательных напряжений в окрестности отверстия, соответствующее решению задачи Кирша. В то же время, в комментариях к Табл. 1.2.1-1.2.2, в которых приведены некоторые сравнения нормальных напряжений, получающихся из численного и аналитического решений этой задачи, говорится, что сравнение по касательным напряжениям не приводится, так как для касательных напряжений были получены нулевые значения. 7. В §1.4 речь идёт о численном решении трехмерной задачи о растяжении пластины со сквозным отверстием. Однако в подписи к Рис. 1.4.2 этого параграфа значится: "Расчетная сеточная модель в окрестности несквозного отверстия...". 8. По тексту встречаются несогласованные окончания в словах, например, на с.52 во фразе: «дно отверстия считается свободной от нормальной и тангенциальной компонент напряжений», на с.83 во фразе: «рассмотрен ряд решения упругопластических задач» и в некоторых других местах.

- Д.т.н., профессора Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» Морозова Е.М., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1. С чрезмерными подробностями изложены известные решения двумерной и трехмерной задач Кирша в упругой постановке. 2. При наличии несквозного отверстия в пластине, находящейся под действием равномерной нагрузки, должна возникнуть не симметрия напряжённого состояния относительно срединной плоскости пластины. Однако в расчетной модели пластины с несквозным отверстием эта не симметрия и соответствующие погрешности не учитываются. 3. В диссертации приведены результаты расчётов, в основном для образцов из стали. Желательно было бы привести прогноз влияния механических свойств других материалов на эти результаты.
- К.т.н., профессора ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ» Хроматова В.Е., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1. В работе приводится ссылка на разработанный ранее алгоритм решения задачи об исследовании напряжённо-деформированного состояния пластин, но нигде нет

описания этого алгоритма, блок схемы решения задачи, какие математические пакеты и программные комплексы были использованы. 2. В работе приведены решения модельных задач для пластин с отверстиями, но не указано в каких объектах машиностроения и энергетического оборудования могут быть рекомендованы полученные в ходе исследований результаты. 3. При построении итерационной процедуры решения упругопластических задач с уточняемым положением границы между упругой и пластической областями и в других разделах работы используется единственный критерий текучести Губера-Мизеса. В диссертации отсутствует обоснование выбора данного критерия текучести для рассмотренных в ней задач. 4. В изложении расчётных результатов по залечиванию пустотного дефекта в упругопластическом поле сжимающих напряжений сообщается не только о почти полном заполнении полости, но и о возникновении значительных сжимающих напряжений в области нового контакта. При этом утверждается, что, «ввиду необратимости пластической деформации, при исчезновении причины соединения сторон полости, т.е. остаточного или наведенного напряженного состояния, размыкания соединения в залеченной полости не произойдет». Данные сильные утверждения требуют экспериментального подтверждения, о которых в диссертации не сообщается.

- Д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Сопротивление материалов» НИУ МГСУ Мкртычева О.В., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1) Сравнение результатов решения задачи о растяжении пластины конечной толщины с несквозным отверстием в упругопластической постановке проводится с результатами решения аналогичной задачи в упругой постановке для полупространства. Отсутствует оценка возникающей при этом погрешности. 2) Представленный метод итерационного решения упругопластических задач - не единственный. Известны и другие методы, например, метод упругих решений А.А. Ильюшина, метод вомущений Д.Д. Ивлева и Л.В. Ершова. В автореферате не приводятся сопоставлений с этими методами.
- Д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника Института химической физики РАН Турусова Р.А., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1) Один из важных результатов работы, приведенный на с.10, показывающий возможность в упругопластическом состоянии использование для одной из компонент напряжений расчётов по упругой модели, формулируется взаимоисключающими предложениями, что затрудняет его восприятие. 2. На с.15 при верификации итерационной процедуры

решения упругопластических задач на задаче Ламе в упругопластической постановке выписаны исходные выражения для решений в упругой и пластической областях без ссылок на первоисточники. И, если на широко известное решение задачи Ламе в упругой постановке ссылка не обязательна, то по выражениям для напряжений в пластической зоне следовало бы указать литературный источник. 3. При рассмотрении приложений метода уточнения границы между упругой и пластической зонами не приведено наглядного графического представления сходимости последовательных приближений для наиболее сложной задачи Кирша в упругопластической постановке, тогда как для более простых задач такие графики присутствуют.

- Д.ф.-м.н., директора Института автоматизации проектирования РАН Никитина И.С., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1. Работа ориентирована на совершенствование метода измерения остаточных напряжений по нормальной к поверхности исследуемого тела компоненте вектора перемещения в окрестности зондирующего отверстия. Отсутствует анализ преимуществ измерения остаточных напряжений по этой компоненте в сравнении с не менее широко распространённым тензометрическим способом измерений касательных компонент перемещений и деформаций. 2. Коррекция аппроксимирующих констант в формуле для экспресс-оценки остаточных напряжений для упругопластического решения выполнена по меньшему объёму данных, чем для упругого решения.
- Д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН, главного научного сотрудника Института механики УФИЦ РАН Ильгамов М.А., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1. Несмотря на подробное обоснование целей работы, которому посвящена первая часть автореферата, недостаточно отчётливо выделена научная ниша, которую заполнила представляемая работа, а именно, изучение влияния пластичности на измерения остаточных напряжений по нормальным к поверхности исследуемого тела перемещениям в окрестности зондирующего отверстия. Не сказано о преимуществах измерения остаточных напряжений по этой компоненте вектора перемещения. 2. При сравнении упругопластического решения задачи о растяжении пластины с несквозным отверстием с известными результатами, полученными в рамках упругой модели, остался неохваченным случай с минимальным отношением глубины к радиусу отверстия.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у официальных оппонентов и представителя ведущей организации публикаций по теме работы соискателя:

1. Green's function for an unbounded anisotropic kirchhoff-love plate / A. O. Serdyuk, D. O. Serdyuk, G. V. Fedotenkov, T. Z. HEIN // Journal of the Balkan Tribological Association. — 2021. — Vol. 27, no. 5. — P. 747–761.
2. Okonechnikov A. S., Tarlakovsky D. V., Fedotenkov G. V. Transient interaction of rigid indenter with elastic half-plane with adhesive force // Lobachevskii Journal of Mathematics. — 2019. — Vol. 40, no. 4. — P. 489–498.
3. Serdyuk A. O., Serdyuk D. O., Fedotenkov G. V. Stress-strain state of a composite plate under the action of a transient movable load // Mechanics of Composite Materials. — 2021. — Vol. 57, no. 4. — P. 493–502.
4. Arutyunyan A. M., Fedotenkov G. V. Transient contact interaction of a rigid die and elastic half-space with a cavity // Problems of strength and plasticity. — 2021. — Vol. 83, no. 1. — P. 87–100.
5. The inverse non-stationary problem of identification of defects in an elastic rod / Fedotenkov G. V., Makarevskii D. I., Vahterova Y. A., Thang T. Q. // INCAS Bulletin. — 2021. — Vol. 13. — P. 57–66.
6. Kuznetsova E. L., Fedotenkov G. V., Starovoitov E. I. Methods of diagnostic of pipe mechanical damage using functional analysis, neural networks and method of finite elements // INCAS Bulletin. — 2020. — Vol. 12, no. S. — P. 79–90.
7. Vahterova Y. A., Fedotenkov G. V. The inverse problem of recovering an unsteady linear load for an elastic rod of finite length // Journal of Applied Engineering Science. — 2020. — Vol. 18, no. 4. — P. 687–692.
8. Tarlakovskii D. V., Zemskov A. V. An elastodiffusive orthotropic euler-bernoulli beam with considering diffusion flux relaxation // Mathematical and Computational Applications. — 2019. — Vol. 1, no. 23.
9. Mechanics of fiber composites: Forms of loss of stability and fracture of test specimens resulting from three-point bending tests / V. N. Paimushin, S. A. Kholmogorov, M. V. Makarov et al. // ZAMM Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik. — 2018. — Vol. 98, no. 1. — P. 1–25.
10. Starovoitov E. I., Leonenko D. V., Tarlakovskii D. V. Thermoelastic deformation of a circular sandwich plate by local loads // Mechanics of Composite Materials. — 2018. — Vol. 54, no. 3. — P. 299–312.
11. Tarlakovskii D. V., Zemskov A. V. Bulk green's functions in two-dimensional coupled unsteady problems of elastic diffusion for orthotropic continuum // Lobachevskii Journal of Mathematics. — 2019. — Vol. 40, no. 3. — P. 375–383.
12. Dudchenko A.A., Makovskij S.V., Shramko K.K., Lurie S.A. Stress-strain state of the interfacial layer in a visco-composite composite with longitudinal shear // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Advances in Composite Science and Technologies. 2019. C. 012036.

13. Stress concentration near stiff cylindrical inclusions under anti-plane shear loading / E. V. Lomakin, S. A. Lurie, L. N. Rabinskiy, Y. O. Solyaev // *Doklady Physics*. — 2020. — Vol. 65, no. 11. — P. 390–395.
14. Analytical estimates of the contact zone area for a pressurized flat-oval cylindrical shell placed between two parallel rigid plates / E. Lomakin, L. Rabinskiy, V. Radchenko et al. // *Meccanica*. — 2018. — Vol. 53, no. 15. — P. 3831–3838.
15. Semi-inverse solution of a pure beam bending problem in gradient elasticity theory: The absence of scale effects / E. V. Lomakin, S. A. Lurie, L. N. Rabinskiy, Y. O. Solyaev // *Doklady Physics*. — 2018. — Vol. 63, no. 4. — P. 161–164.
16. Кулиев В.Д., Морозов Е.М. Градиентный деформационный критерий хрупкого разрушения. Доклады РАН, 2016. Т. 470. №5. С.1-3
17. Kuliev V.D., Morozov E.M. The gradient deformation criterion for brittle fracture // *Doklady Physics*. 2016. V/ 61. No 10. Pp. 502-504.
18. Morozov E.M., Matvienko Yu.G. Two basic approaches in a search of the crack propagation angle// *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*. 2017. V40. P. 1191-1200.
19. Морозов Е.М. Рост коротких трещин при циклическом нагружении // Чебышевский сборник. Тула, 2017. Т. XVIII, вып. 3 (63). С. 413-422. <http://www.chebsbornik.ru/jour/issue/viewissue/20/5>
20. Osinctev A.V., Morozov E.M., Plotnikov A.S. On the location of a neck formation during the tension of cylindrical specimens // *Letters of materials*. 2017. V. 7(3). Pp. 260-265.
21. Морозов Е.М., Солдатенков А.П. Статистические характеристики износа рельсовых сталей при фреттинг-усталости // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2018. Т.84. №11. С. 70-73.
22. Шадский А.С., Морозов Е.М. и др. ANSYS в руках инженера: температурные напряжения. М.: Ленанд, 2019. 480 с.
23. Morozov E.M., Popova N.S. Predicting the crack path in a wedge under a concentrated tensile force by means of variational principle // *Frattura ed Integrita Strutturale*. 2019. 49. P. 267-271.
24. Морозов Е.М., Костюхина А.В. и др. Методические особенности испытаний на растяжение кольцевых образцов // *Физика и химия обработки материалов*. 2019. №6. С.62-70.
25. Калинин Б.А., Морозов Е.М., Федотов П.В. и др. Анизотропия деформационного упрочнения сплава Э110 // *Письма о материалах*. 2020. Т.10. №4. С.392-397.
26. Алымов М.И., Аверин С.И., Морозов Е.М. и др. Определение давления внутри пор. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2021. Т. 87. № 10. С. 40-43.

27. Морозов Е.М., Алымов М.И. Разрушающее давление в микродефектах консолидированных материалов. Доклады РАН. Химия, науки о материалах. 2021. Т. 501. С. 56–58.
28. Morozov E.M., Alymov M.I. Fracture Pressure in Microdefects of Consolidated Materials. Doklady Physical Chemistry, 2021, Vol. 501, Part 1, pp. 111–113. © Pleiades Publishing, Ltd., 2021.
29. Лепихин А.М., Морозов Е.М., Махутов Н.А., Лещенко В.В. Возможности оценки вероятностей разрушения и допустимых размеров дефектов элементов конструкций по критериям механики разрушения. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2022. Т. 88. №3. С. 41-50.
30. Kirsanov M., Khromatov V. Deformation of the transmission towers: analytical solution // Construction of Unique Buildings and Structures. — 2021. — Vol. 96, no. 3. — P. 9602.
31. Хроматов В. Е., Цой В. Э., Щугорев В. Н. Прогнозирование свойств материалов с учётом влияния масштабного фактора // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. — 2018. — № 4 (63). — С. 122–126.
32. Дуйшеналиев Т.Б., Комиссарова Т.Н., Позднякова А.Р., Хроматов В.Е. Способ определения констант конструкционных материалов/ В сб.: Физико-механические испытания, прочность и надежность современных конструкционных и функциональных материалов. Мат. XIV Всероссийской конф. по испыт. и исслед. свойств материалов "ТестМат". Москва, 2022. С. 349-362.
33. Дуйшеналиев Т.Б., Хроматов В.Е. Моделирование конечных деформаций линейным тензором Коши // В сб.: Современ. Математ. и ее прилож.. Мат. Междунар. научно-практ. конф. 2017. С. 313-318.
34. Дуйшеналиев Т.Б., Дуйшембиев А.С., Хроматов В.Е., Щугорев В.Н. Градиенты перемещений в координатах Лагранжа и Эйлера / В сб.: Динамич. и технологич. пробл. механики констр. и сплошных сред. Мат. XXVII Международ. симп. им. А.Г. Горшкова. Москва, 2021. С. 99-101.
35. Кирсанов М.Н., Хроматов В.Е. Статические деформации опоры ЛЭП / В сб.: Динамич. и технологич. пробл. механики констр. и сплошных сред. Мат. XXVII Международ. симп. им. А.Г. Горшкова. Москва, 2021. С. 52-54.
36. Дуйшеналиев Т.Б., Хроматов В.Е., Щугорев В.Н. Определение упругих констант Ламе на основе нового критерия/ В сб.: Машиностр. и техносфера XXI века. Сб. тр. XXVII международной научно-технической конференции. Посвящается 100-летию юбилею ДОННТУ. Донецк, 2020. С. 122-127.
37. Дуйшеналиев Т.Б., Хроматов В.Е., Цой В.Э., Щугорев В.Н. Краевая задача статики в неклассической постановке // Изв. Кыргыз. гос. техн. ун-та им. И. Раззакова. 2019. № 2-1 (50). С. 302-311.

38. Меркурьев И.В., Хроматов В.Е. Разработка робототехнического комплекса для диагностики стальных тросов методом неразрушающего контроля // Изв. Тульского гос. унив. Техн. науки. 2021. № 11. С. 60-62.
39. Дуйшеналиев Т.Б., Хроматов В.Е., Цой В.Э., Щугорев В.Н. Уравнение, определяющее предельные состояния хрупких материалов // Прогрес. технол. и сист. Машиностр. 2019. № 4 (67). С. 30-37.
40. Дуйшеналиев Т.Б., Хроматов В.Е., Щугорев В.Н. Описание условий разрушения материалов при высоких давлениях / В сб.: Динамич. и технологич. пробл. механики констр. и сплошных сред. Мат. XXVI Международ. симп. им. А.Г. Горшкова. Москва, 2020. - с. 105-107.
41. Дуйшеналиев Т.Б., Хроматов В.Е., Щугорев В.Н. Уравнение гипотезы Мора в главных напряжениях // Главный механик. 2020. № 2. С. 11-23.
42. Дуйшеналиев Т.Б., Дуйшембиев А.С., Хроматов В.Е., Щугорев В.Н. Статическая краевая задача и ее решения / В сб.: Динамич. и технологич. пробл. механики констр. и сплошных сред. Мат. XXV Международ. симп. им. А.Г. Горшкова. Москва, 2019. - с. 88-90.
43. Дуйшеналиев Т.Б., Дуйшембиев А.С., Орозбаев А.А., Хроматов В.Е. Линейный тензор деформаций Коши и функции перемещения / В сб.: XII Всеросс. съезд по фундаментальным пробл. теоретич. и прикл. механики. 2019. С. 1175-1177.
44. Дуйшеналиев Т.Б., Хроматов В.Е., Аскарбеков Р.Н., Дуйшембиев А.С., Орозбаев А.А. Преобразование материальных поверхностей и конечные деформаций упругих тел // Изв. Кыргыз. гос. техн. ун-та им. И. Раззакова. 2019. № 2-1 (50). С. 292-302.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Проведено численное моделирование решений прямой и обратной задач определения остаточных напряжений с применением метода несквозного отверстия в упругой и упругопластических постановках. **Построено** решение задачи Гадолина о посадке с натягом цилиндрических тел в упругопластической постановке с определением положения границы между упругой и пластической областями, напряжений, деформаций и перемещений в этих областях, в том числе, - по нормали к торцам цилиндров, что обеспечило решение обратной задачи по определению осесимметричного напряжённого состояния в упругопластическом цилиндрическом теле с отверстием по нормальным перемещениям его поверхности. **Построена** итерационная процедура решения плоских упругопластических задач с уточняемым положением упругопластической границы. **Выполнена** отработка итерационной процедуры на решениях задач Ламе, Галина и

Кирша в упругопластических постановках. **Проведена** экспериментальная реализация диагностики напряжений с учетом эффекта пластичности в окрестности зондирующего отверстия. **Выполнено** численное моделирование залечивания внутренних дефектов в поле высоких сжимающих напряжений с использованием пластических свойств материалов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Разработана методика диагностики остаточных напряжений с применением метода несквозного отверстия по нормальным перемещениям поверхности тела, учитывающая пластическое состояние материала, вызванное концентрацией напряжений в окрестности отверстия при наличии напряжений высокого уровня, достигающих предела текучести. В результате, при измерениях в этом, наиболее опасном диапазоне остаточных напряжений обеспечено снятие имевшихся ограничений на корректное применение метода отверстия, обусловленные общепринятым гостированным учетом только упругих связей между напряжениями и регистрируемыми на поверхности исследуемого тела перемещениями и деформациями.

Разработан метод полуаналитического итерационного решения упругопластических задач с уточняемым положением упругопластической границы. **Преимуществом** метода является аналитическое представление решения в пластической зоне, быстрая сходимость, отсутствие ограничений на соотношения внешних нагрузок, применимость к модели идеального упругопластического тела.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

Результаты работы обеспечивают совершенствование широко используемого в технической диагностике остаточных напряжений метода зондирующего отверстия. **Полученные** решения упругопластических задач позволяют оценить и устранить погрешности метода отверстия, обусловленные применением существующей упругой модели в важном для практики диапазоне высоких остаточных напряжений в теле вплоть до предела текучести его материала и, тем самым, произвести корректное распространение метода отверстия на диагностику остаточных напряжений в этом диапазоне. Определенное практическое значение имеют также результаты по возможности залечивания внутренних дефектов в поле сжимающих напряжений с использованием пластических свойств материалов.

Достоверность результатов исследования обеспечена строгой постановкой решаемых задач теории упругости и пластичности, сравнением разработанных численных подходов и полученных с их помощью результатов с известными аналитическими решениями упругопластических

задач и результатами экспериментальных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в том, что:

Соискателю в представленных работах [1] – [5], принадлежит построение численных и аналитических решений упругопластических задач, реализация итерационной процедуры решения плоских упругопластических задач с уточняемым положением упругопластической границы, исследование её сходимости, верификация процедуры на модельных задачах, численное моделирование решений задач о залечивании внутренних дефектов в поле сжимающих напряжений с использованием пластических свойств материалов. Все необходимые расчёты были проведены автором самостоятельно. Постановка задач и анализ полученных результатов проводились совместно с научным руководителем.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: обосновать выбор использования численной модели пластины, используемой при моделировании метода несквозного отверстия; дать преимущества измерения нормальной компоненты перемещений при определении напряжений в методе отверстия; обосновать преимущества предложенного итерационного метода в решении упругопластических задач по сравнению с другими известными методами.

Соискатель ответил по существу на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, дал пояснения по используемому в работе способе моделирования остаточных напряжений, в том числе, с учетом образования зон пластичности, привел аргументацию по преимуществу предложенной итерационной процедуры решения упругопластических задач, а подтверждение результатов показано путём сопоставления аналитического, численного и экспериментального исследований.

На заседании 29.09.2022 **Диссертационный совет принял решение** за существенный вклад в развитие аналитических и численных подходов к решению задач по определению остаточных напряжений по спекл-интерферометрическим измерениям в окрестности зондирующего отверстия с учетом эффекта пластичности, а также за развитие метода итерационного решения упругопластических задач и получение новых достоверных результатов, имеющих существенное значение для развития механики деформируемого твёрдого тела и методики измерений остаточных напряжений с помощью зондирующего отверстия, **присудить Бухалову Владиславу Игоревичу** учёную степень кандидата физико-математических

наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
Д 002.240.01 при ИПМех РАН,
академик РАН

Климов Д.М.

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 002.240.01 при ИПМех РАН,
к.ф.-м.н.

Сысоева Е.Я.

30 сентября 2022 г.