

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по научной работе ИФПМ СО РАН

д.ф.-м.н.  Шилько Е.В.

«26» января 2023 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института физики прочности и материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИФПМ СО РАН)

Диссертация «**Математическое моделирование процессов деформации и разрушения природных и искусственных материалов и сред**», представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела, выполнена в лаборатории механики структурно-неоднородных сред Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН).

В период подготовки диссертации (с 2015 года) соискатель **Еремин Михаил Олегович** работал в должности младшего научного сотрудника (с 01.01.2015 г. - 31.08.2017 г.) и научного сотрудника (01.09.2017 г. - н.в.) лаборатории механики структурно-неоднородных сред ИФПМ СО РАН. В настоящее время работает научным сотрудником лаборатории механики структурно-неоднородных сред.

В 2012 году Еремин М.О. с красным дипломом окончил физико-технического факультета Томского государственного университета по направлению «Прикладная механика». В 2012 году Еремин М.О. поступил в очную аспирантуру и в 2014 году окончил аспирантуру, защитив кандидатскую диссертацию по специальности 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела на тему «Моделирование эволюции напряженно-деформированного состояния нагружаемых геосред и твердых тел как нелинейных динамических систем» в диссертационном совете Д212.267.13 при НИ ТГУ (диплом кандидата физико-математических наук КНД №003933 от 18 февраля 2015 г.).

Научный консультант:

Макаров Павел Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор Национального исследовательского Томского государственного университета, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН.

На основании доклада диссертанта и ознакомления с представленными материалами принято следующее

Заключение

по докторской диссертации Еремина Михаила Олеговича

Актуальность темы диссертации

Хорошо известно, что в зависимости от условий (давление, температура, тектонические напряжения, наличие флюида, структурные особенности), поведение природных материалов может быть хрупким, квази-хрупким или псевдо-пластическим. Многообразие факторов обуславливает необходимость дальнейшего развития модельных представлений о процессах деформации и разрушения природных материалов и сред с целью прогноза их механического поведения в сложных условиях нагружения.

Развитие направления мезомеханики многоуровневых сред со структурой за последние 30 лет привело к проникновению методов, разработанных в рамках физической мезомеханики металлов и сплавов, в область исследования механического поведения других материалов, например, керамических композиционных материалов, а также природных и искусственных материалов. Исследование влияния мезоскопических особенностей структуры на механические свойства и поведение под приложенными воздействиями является одним из ключевых направлений механики природных материалов и сред, о чем свидетельствует рост публикационной активности по данному направлению. Особенно актуальным выбранное направление исследований является в связи с необходимостью разработки и совершенствования методов извлечения полезных ископаемых, а также средств защиты от динамических явлений при отработке месторождений полезных ископаемых, таких как горные удары, взрывы газа и т.д.

Эксперименты по физическому моделированию процесса отработки месторождения и шахтные эксперименты являются дорогостоящими и требуют значительных временных затрат. Современные методы математического моделирования механики деформируемого твердого тела, в приложении к задачам механики природных материалов, напротив, лишены перечисленных не-

достатков. За счет бурного развития высокопроизводительной вычислительной техники, методы математического моделирования позволяют исследовать процессы деформации и разрушения твердых тел и сред в трехмерной постановке с достаточно высокой детализацией как структурных элементов, так и учета физических процессов трения, дилатансии и накопления неупругих деформаций и повреждений, контролирующей прочность тел и сред.

Таким образом, разработка новых и модификация ранее предложенных математических моделей механического поведения природных материалов и сред при различных видах нагружения является одной из самых актуальных задач механики деформируемого твердого тела.

Оценка выполненной соискателем работы.

Диссертация М.О. Еремина является научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в комплексном изучении влияния структурных особенностей, законов накопления повреждений и неупругих деформаций на физико-механические свойства и механическое поведение природных и искусственных материалов и сред.

Выполненная работа способствует решению важной научной проблемы исследования закономерностей деформации и разрушения природных и искусственных материалов и сред при различных, в том числе, сложных видах нагружения.

Основные результаты, полученные соискателем впервые:

1. Получены новые выражения для определения прочностных параметров модифицированного уравнения Друккера-Прагера для отрицательного и положительного полупространств пространства напряжений, аналогичного пространству Хэя-Вестергаарда.

2. В кинетическом уравнении для скалярного параметра закона накопления повреждений предложено использовать относительное кулоновское напряжение в качестве эффективного напряжения.

3. Предложена численная методика определения пороговых напряжений, характеризующих стадийность процессов деформации и разрушения природных и искусственных материалов в условиях одноосного сжатия.

4. Предложена модификация численного подхода к определению шагов обрушения массива природных материалов над выработанным пространством, количественно согласующихся с данными натурных наблюдений, с использованием данных о структуре конкретных месторождений.

5. Предложена новая модификация классической формулы по оценке устойчивости охранных целиков на случай обобщенного напряженного состояния при подземной отработке наклонных угольных пластов длинными очистными забоями, учитывающая влияние касательных напряжений.

6. На основе обработки результатов численного моделирования методами математической статистики установлено, что при приближении модельной природной среды к критическому состоянию (обрушению кровли), происходит уменьшение наклона амплитудно-частотной характеристики колебаний напряженного состояния во вмещающих природных материалах, что связано с развитием разрушения на различных масштабах (во всей иерархии).

Научная и практическая значимость работы

1. Сформулированы новые и модифицированы существующие математические модели механики деформируемого твердого тела и численные подходы для описания закономерностей деформации и разрушения природных и искусственных материалов и сред.

2. Численно исследовано влияние структуры порового пространства на процессы деформации и разрушения природных и искусственных материалов, на примере песчаников Кузнецкого бассейна, в том числе закономерности развития поврежденности и индуцированной акустической эмиссии.

3. Для оценки минимальной геометрии охранных целиков, обеспечивающей соблюдение критерия устойчивости, выполнена теоретическая модификация формулы расчета устойчивости, учитывающая влияние касательных напряжений и уникальную историю нагружения целиков наклонных угольных пластов.

4. Разработанные математические модели и полученные результаты моделирования способствуют более углубленному теоретическому пониманию законов развития поврежденности как в нагруженных лабораторных образцах природных и искусственных материалов, так и в массивах природных материалов в процессе отработки месторождений подземным способом, а также закономерностей обрушений кровли над выработанным пространством.

5. Возможно применение разработанного пакета программ и разработанной многоуровневой модели среды со структурой для оценок шагов обрушения кровли над выработанным пространством для конкретных месторождений полезных ископаемых, расчета устойчивости охранных целиков, а также определения пороговых напряжений при деформации природных материалов.

6. Разработанная методика оценки эволюции НДС модельного массива природных материалов к критическому состоянию на основе анализа АЧХ и

PDF-зависимостей колебаний напряжений может быть использована на месторождениях в рамках геодинамического мониторинга состояния реального горного массива, в системах раннего оповещения с целью повышения геодинамической безопасности ведения горных работ.

Достоверность полученных результатов подтверждается серией проведенных тестовых расчетов, верификацией и валидацией разработанных моделей по данным экспериментальных исследований и литературных данных, корректностью физической и математической постановки задачи, использованием проверенных численных методов.

Личный вклад автора заключается в формулировании цели и задач исследований, планировании научно-исследовательских работ, анализе и научной интерпретации полученных данных математического моделирования, формулировании выводов и положений, выносимых на защиту по результатам выполненной работы, написании статей по результатам исследований, а также проведении всего объема вычислений.

Основное содержание диссертации опубликовано в 46 работах, из которых 12 в журналах из перечня ВАК, 17 в изданиях, индексируемых базами данных WoS и Scopus, 16 из которых опубликовано в изданиях, входящих в первый и второй квартиль по базам данных Web of science или Scopus, одной коллективной монографии, 22 в сборниках трудов конференций.

Статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых библиографическими базами данных Scopus и Web of Science:

1. **Eremin M.O.**, Zimina V.A., Kulkov A.S., Stefanov Y.P. Microstructure-Based Computational Analysis of Deformation Stages of Rock-like Sandy-Cement Samples in Uniaxial Compression, *Materials*, 2023, 16, 24, Q1.
2. **Eremin M.**, Peryshkin A., Esterhuizen G., Pavlova L., Fryanov V. Numerical Analysis of Pillar Stability in Longwall Mining of Two Adjacent Panels of an Inclined Coal Seam, *Applied Sciences*, 2022, 12, 11028, Q2.
3. **Eremin Mikhail**, Finite-difference numerical analysis of faulting and accompanying seismicity near the Chuya and Kurai depressions, Gorny Altai, Russia, *Tectonophysics*, 2021, 803(2), 228703, Q1.
4. **Eremin M.**, Three-dimensional finite-difference analysis of deformation and failure of weak porous sandstones subjected to uniaxial compression, *International journal of rock mechanics and mining science*, 2020, 133, 104412. Q1.
5. **Eremin M.**, Esterhuizen G., Smolin I., Numerical simulation of roof cavings in several Kuzbass mines using finite-difference continuum damage mechanics approach, *International journal of mining science and technology*, 2020, 30 (2), P. 157-166, Q1.

6. **Eremin M.O.**, Deryugin E.E., Schmauder S., Evaluation of fracture toughness of ZrO_2 -3.0 mol% Y_2O_3 ceramics utilizing wedge splitting loading of double cantilever specimen with a chevron notch, *Engineering failure analysis*, 2020, 110, 104409, Q1.

7. Deryugin E.E., Schmauder S., Panin V.E., **Eremin M.O.**, Vlasov I.V., Narkevich N.A., Lasko G.V., Danilenko I., Kvashnina O.S., Study of deformation and fracture of ZrO_2 +3% Y_2O_3 ceramics by wedge splitting of a chevron-notched specimen, *Engineering fracture mechanics*, 2019, 218, 106573, Q1.

8. **Eremin M.O.**, Kulkov A.S., Smolin I., Mikushina V., Investigation of Failure Mechanism of Al_2O_3 Specimens Subjected to Three-Point Bending Test, *Frattura ed Integrità Strutturale*, 2019, 50, PP. 38–45, Q2.

9. **Eremin M.O.**, Makarov P.V., Mathematical Modeling of Stress-Strain Evolution in the Rock Mass around a Mine Opening. Evaluation of the Steps of First Roof Caving at Different Thicknesses of the Main Roof, *Physical Mesomechanics*, 2019, 22 (4) PP. 287 – 295, Q2.

10. Makarov P.V., **Eremin M.O.**, Rock Mass as a Nonlinear Dynamic System. Mathematical Modeling of Stress-Strain State Evolution in the Rock Mass around a Mine Opening, *Physical Mesomechanics*, 2018, 21 (4) PP. 283-296. Q2.

11. Smolin I.Yu., **Makarov P.V.**, Kulkov A.S., Eremin M.O., Bakeev R.A., Blow-up Modes in Fracture of Rock Samples and Earth's Crust Elements, *Physical Mesomechanics*, 2018, 21 (4), PP. 297-304, Q2.

12. **Eremin M.O.** Numerical simulation of fracture of ZrO_2 - Al_2O_3 ceramic composites, *Physical Mesomechanics*, 2016, 19 (4), PP. 452–458, Q2.

13. Makarov P.V., **Eremin M.O.**, Jerky flow model as a basis for research in deformation instabilities, *Physical Mesomechanics*, 2014, 17 (1), PP. 62–80, Q2.

14. Makarov P.V., **Eremin M.O.**, Kostandov Yu.A., Prefracture time of gabbro specimens in a damage accumulation model, *Physical Mesomechanics*, 2014, 17 (3), PP. 199-203, Q2.

15. Makarov P.V., **Eremin M.O.**, Fracture model of brittle and quasibrittle materials and geomedia, *Physical Mesomechanics*, 2013, 16 (3), PP. 207-226, Q2.

16. Makarov P.V., **Eremin M.O.** The numerical simulation of ceramic composites failure at axial compression, *Frattura ed Integrità Strutturale*, 2013, 24. Special issue: Russian Fracture Mechanics School, PP. 127-137, Q2.

17. Kostandov Yu.A., Makarov P.V., **Eremin M.O.**, Smolin I.Yu., Shipovskii I.E. Fracture of compressed brittle bodies with a crack, *International Applied Mechanics*, 2013, 49 (1), PP. 95–101, Q3.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК:

18. Евтушенко Е.П., **Еремин М.О.**, Костандов Ю.А., Макаров П.В., Смолин И.Ю., Шиповский И.Е. Моделирование разрушения хрупких и квази-хрупких тел и геосред // Физическая мезомеханика. 2012. т. 15, №3, с. 35-44.

19. Смолин И.Ю., **Еремин М.О.**, Макаров П.В., Буякова С.П., Кульков С.Н., Евтушенко Е.П. Численное моделирование механического поведения модельных хрупких пористых материалов на мезоуровне // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2013. – № 5(25). – С. 78–90.

20. Макаров П.В., **Еремин М.О.** Моделирование разрушения керамических композиционных материалов при одноосном сжатии // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2013. № 1. С. 61-74.

21. Макаров П.В., **Еремин М.О.**, Костандов Ю.А. Определение времени предразрушения для образцов из габбро в модели накопления повреждений // Физическая мезомеханика. 2013. т. 16, №5, с. 35-40.

22. Смолин И.Ю., Макаров П.В., **Еремин М.О.** Численное изучение особенностей формирования разломов сдвигового типа в геосреде // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56. – № 7/3. – С. 215–217.

23. Макаров П.В., **Еремин М.О.**, Перышкин А.Ю. Численное моделирование разрушения хрупких и квазихрупких материалов и сред // Известия высших учебных заведения. Физика. 2013. Т. 56. №7-3. С. 74-76.

24. Макаров П.В., **Еремин М.О.** Явление прерывистой текучести как базовая модель исследования неустойчивостей деформационных процессов // Физическая мезомеханика. 2016. т. 19, №6, с. 62-76.

25. **Еремин М.О.** Применение метода механической аналогии для численного моделирования разрушения керамических композитов $ZrO_2 - Al_2O_3$ в трехмерной постановке // Физическая мезомеханика. 2015. Т. 18. № 3. С. 105-112.

26. Макаров П.В., **Еремин М.О.** Горный массив как нелинейная динамическая система. Математическое моделирование эволюции напряженно-деформированного состояния горного массива в окрестностях выработки // Физическая мезомеханика. 2016. т. 19, №6, с. 62-76.

27. Смолин И.Ю., Макаров П.В., Кульков А.С., **Еремин М.О.**, Бакеев Р.А. Режимы с обострением при разрушении образцов горных пород и элементов земной коры // Физическая мезомеханика. 2016. т. 19, №6, с. 77-85.

28. **Еремин М.О.** Математическое моделирование эволюции напряженно-деформированного состояния горного массива в окрестностях выра-

ботки. Оценка шагов генерального обрушения кровли при различной мощности основной кровли / М.О. Еремин, П.В. Макаров // Физическая мезомеханика. – 2018. – 21 (2). – СС. 80-88.

29. **Еремин М.О.**, Пажин А.А. Численная оценка вязкости разрушения гетеромодульной керамики на основе карбида циркония при одноосном сжатии // Известия высших учебных заведения. Физика. 2022. Т. 65. № 4. С. 25-31.

Коллективная монография

30. Макаров П.В., Евтушенко Е.П., **Еремин М.О.** Эволюция напряженно-деформированного состояния горного массива с выработками. Математическое моделирование / П.В. Макаров, Е.П. Евтушенко, М.О. Еремин // Издательский Дом Томского государственного университета. 2016. – 184 с.

Публикации в сборниках трудов конференций, индексируемых библиографическими базами данных Scopus, Web of Science:

31. Smolin I.Yu., **Eremin M.O.**, Makarov P.V., Evtushenko E.P., Kulkov S.N. and Buyakova S.P. Brittle Porous Material Mesovolume Structure Models and Simulation of their Mechanical Properties // AIP Conf. Proc. – 2014. – V. 1623. – P. 595–598.

32. Cherepov A.A., **Eremin M.O.**, Makarov P.V., Peryshkin A.Yu. A possibilities of dangerous dynamic phenomena prediction in a rock mass surrounding the excavations // AIP Conf. Proc., 2014. – V. 1623. – P. 87–90.

33. Kostandov Yu.A., Makarov P.V., **Eremin M.O.** Experimental and numerical study of quasi-brittle fracture of rocks // AIP Conf. Proc., 2014. – V. 1623. – P. 303–306.

34. Perishkin A.Yu., Makarov P.V., **Eremin M.O.** Numerical simulation of tectonic plates motion and seismic process in Central Asia // AIP Conf. Proc., 2014. – V. 1623. – P. 595–598.

A. S. Kulkov, P. V. Makarov, **M. O. Eremin**, V. A. Skripnyak, and A. A. Kozulin Defining time values of prefracture of brittle samples versus actual loading in three point bend tests // AIP Conf. Proc., 2015. – V. 1683. – P. 020110-1-4.

35. **M. O. Eremin**, P. V. Makarov, A. Yu. Peryshkin, E. P. Evtushenko, and S. A. Orlov Modelling of processes of damage accumulation and multiscale fracture in rock mass with excavations at mining // AIP Conf. Proc., 2015. – V. 1683. – P. 020048-1-4.

36. P. V. Makarov, **M. O. Eremin**, and A. Yu. Peryshkin Fundamental basics for prognosis methods of dangerous dynamic phenomena in rock mass with excavations // AIP Conf. Proc., 2015. – V. 1683. – P. 020135-1-4.

37. **M. Eremin** and P. Makarov Estimation of general and set steps of roof caving in rock mass with excavations at mining. Numerical modelling // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2016.

38. **Eremin M.O.** Fractal characteristics of seismic process in rock mass at mining: Mathematical modeling and analysis // RUSSIAN JOURNAL OF EARTH SCIENCES. 2016. UNSP ES4002, Vol. 16, No. 4, 1-6.

39. Smolin I. Yu., Kulkov A. S., Makarov P. V., **Eremin M. O.**, Bakeev R. A., and Krasnoveykin V. A. Blow-up regimes in failure of rock specimens // AIP Conference Proceedings. 2016. Vol. 1783, pp. 020215-1-4.

40. I.Yu. Smolin, P.V. Makarov, **M.O. Eremin**, K.S. Matyko Numerical simulation of mesomechanical behavior of porous brittle materials // Procedia Structural Integrity. 2016. – V. 2. P. 3353-3360.

41. Mikushina V.A., Smolin I.Yu., Kulkov A.S., **Eremin M.O.** Experimental and numerical investigation of mechanical behavior of porous ceramic materials in three-point bending // AIP Conference Proceedings. – 2018. – Vol. 2051. – P. 020192-1–020192-4. <https://doi.org/10.1063/1.5083435>

42. **Eremin M.O.** and Deryugin E.E. Deformation and failure of double cantilever beam subjected to wedging. Experiment and numerical simulation // AIP Conference Proceedings. – 2018. – 2051. – PP. 020077. doi: 10.1063/1.5083320.

43. **Eremin M.O.**, Smolin I.Yu., Makarov P.V., Eremina G.M. Spatial-temporal features of deformation and fracture of Cenozoic sedimentations of epicentral zone of the Chuya earthquake // AIP Conference proceedings. – 2018. – Vol. 2053. – P. 040019-1–040019-4. <https://doi.org/10.1063/1.5084457>

44. Smolin I.Yu., Makarov P.V., Kulkov A.S., **Eremin M.O.**, Tunda V.A., Mikushina V.A. Statistical peculiarities of the mechanical response of loaded solids at the pre-fracture stage // Procedia Structural Integrity. – 2018. – Vol. 13. – P. 1059–1064. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2018.12.223>

45. **Eremin M.** Numerical Modelling of Main Shock and Aftershock Line of Chuya Earthquake 27.09.2003, Altay, Russia / M. Eremin, P. Makarov // W. Wu and H.-S. Yu (Eds.): Proceedings of China-Europe Conference on Geotechnical Engineering, SSGG. – 2018. – PP. 1462–1465. doi:10.1007/978-3-319-97115-5_123.

46. **Eremin M.** Numerical simulation of failure of sandstone specimens utilizing the finite-difference continuous damage mechanics approach // Procedia Structural Integrity. – 2019. – Vol. 18. – P. 135–141. doi: 10.1016/j.prostr.2019.08.148.

47. **Eremin M. O.** Numerical analysis of fracture initiation and propagation in weak porous sandstones under multiaxial compression // AIP Conference Proceedings. – 2019. – 2167. – PP. 020083. doi: 10.1063/1.5131950.

48. **Eremin M.O.** and Makarov P.V. Common regularities in failure of rocks, rock mass, and earth's crust. Statistical analysis // AIP Conference Proceedings. – 2019. – 2167. – PP. 020084. doi: 10.1063/1.5131951.

49. **Eremin M.O.** and Makarov P.V. Features of the blow-up mode at failure of alumina ceramics subjected to three-point bending // AIP Conference Proceedings. – 2019. – 2167. – PP. 020085. doi: 10.1063/1.5131952.

50. **Eremin M.O.**, Pavlova L.D. and Fryanov V.N. Features of the roof and floor fracture during mining of near coal beds of the Erunakovsky deposit// AIP Conference Proceedings. – 2019. – 2167. – PP. 020086. doi: 10.1063/1.5131953.

51. **Mikhail Eremin** and Yurii Stefanov Numerical Modelling of Formation of Chuya-Kuray Fault Zone, Gorni Altai // Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. – 2019. – P. 33-41. doi: 10.1007/978-3-030-31970-0_4.

52. **Eremin M.** Influence of the porosity on the uniaxial compressive strength of sandstone samples, *Procedia Structural Integrity* 25, 2020. 465-469.

Апробация работы

Основное содержание работы представлено на следующих конференциях и семинарах: Триггерные эффекты в геосистемах 2022, Москва, ИДГ РАН, 21-24 июня 2022; XI всероссийская научная конференция Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики, посвященная 60-летию ФТФ ТГУ, 13-17 апреля 2022; 4th International Conference on Structural Integrity and Durability Fatigue and Fracture – Theory and Applications, September 15-18, 2020, Dubrovnik, Croatia; The Sixteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, 16-19 September 2019, Riva del Garda, Italy; INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS WITH HIERARCHICAL STRUCTURE FOR NEW TECHNOLOGIES AND RELIABLE STRUCTURES 2019. 1-5 October 2019, Tomsk, Russia; The Fifth International Conference "Trigger Effects in Geosystems 4-7 June 2019, Moscow, Russia; 25th International Conference on Fracture and Structural Integrity. 12-14 June 2019, Catania, Italy; 3rd International Conference on Structural Integrity and Durability. Fatigue, Fracture and Failure, 4-7 June 2019, Dubrovnik, Croatia; 4th China-Europe Conference on Geotechnical Engineering. 13-16 August 2018, Vienna, Austria; XII Международная конференция Механика, ресурс и диагностика материалов и конструкций, Екатеринбург, 21-25 мая 2018 г; Международная конференция Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций и Химия нефти и газа в рамках Международного симпозиума Иерархические материалы: разработка и приложения для новых технологий и надежных конструкций“, 1-5 октября 2018 года, Томск, Россия; Международная конференция Перспективные материалы с иерархической

структурой для новых технологий и надежных конструкций, Томск, Россия, 9-13 октября 2017 г.

Научная специальность диссертации

Диссертация по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует п. 1 «Законы деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе природных, искусственных и вновь создаваемых.», п. 5 «Мезомеханика многоуровневых сред со структурой», п. 8 «Динамика деформируемого твёрдого тела. Теория волновых процессов в средах различной структуры», п. 9 «Устойчивость процессов деформирования», п. 11 «Математическое моделирование поведения дискретных и континуальных деформируемых сред при механических, тепловых, электромагнитных, химических, гравитационных, радиационных и прочих воздействиях», п. 12 «Вычислительная механика деформируемого твёрдого тела» паспорта научной специальности 1.1.8. «Механика деформируемого твердого тела».

Заключение принято на экспертном научном семинаре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук. Присутствовало на заседании 42 человека, из них 12 человек с ученой степенью доктора наук, 10 человек с ученой степенью кандидата наук. Результаты голосования: «за» – 42 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол №76 от 18.05.2022 г.

Председатель семинара:

Зав. лабораторией физики прочности ИФПМ СО РАН

д.ф.-м.н., профессор

 Зуев Лев Борисович

Секретарь семинара:

Вед. научн. сотр. лаборатории физики прочности ИФПМ СО РАН

д.ф.-м.н., доцент

 Баранникова Светлана Александровна

дровна