

ОБОСНОВАНИЕ

целесообразности проведения НИР по теме

«Численно-аналитические модели механики разрушения в рамках сложных теорий пластичности. Разработка алгоритмов обработки данных, прогнозирования и формирование траекторий для нестационарных систем»

1. Научный руководитель

Нифагин В.А., к.ф.-м.н., зав. каф. информационных технологий, БГУ

2. Обоснование целесообразности проведения научно-исследовательской работы. Актуальность и научная новизна.

Нарушение непрерывности материалов при высоких нагрузках приводит к необходимости рассмотрения и описания процессов деформирования и разрушения в рамках сложных теорий механики деформированного твердого тела, в частности инкрементальных теорий пластичности, учитывающих важные сопровождающие эффекты, такие как упрочнение, разгрузка и т. п. В этом случае актуальность приобретает развитие аналитических и компьютерных моделей и методов, которые адекватно представляли механические свойства подобных сред и структур. Эти задачи составляют важное содержание теорий прочности, механики разрушения и наномеханики. Значительный интерес связан с появлением технологических возможностей оказывать влияние на элементы внутренней структуры тел и создавать необходимые структурные элементы на макро и микроуровне. Разрабатываемые подходы позволяют формировать аналитические теории, создавать расчетные модели, обеспечивающие соответствие между моделью и реальностью, когда аналитическое и компьютерное моделирование оказывается важнейшим звеном объединяющим теорию и эксперимент.

Задача формирования стохастических траекторий динамических систем может быть ориентирована на цели маскировки их базовых (исходных) траекторий. В свою очередь, такая постановка задачи актуальна для различных приложений, в которых отслеживается поведение и оцениваются параметры траекторий исследуемых динамических объектов и систем.

3. Анализ состояния предлагаемой к разработке проблемы в Республике Беларусь и за рубежом.

Большинство актуальных результатов, полученных в математической теории пластичности и механике разрушения, строятся в предположении обратимости процессов деформирования и малости деформаций в рамках геометрически линейной механики твердого тела. В тоже время, при больших масштабах деформаций и умеренных и больших градиентах перемещений такой подход непригоден, нужны другие кинематические и статические параметры, а также необходимо учитывать влияние термодинамических эффектов, искривление начальной координатной сетки, замороженной в деформируемое тело. Здесь возникает ряд чисто математических проблем описания таких сред,

наряду нерешенными физико-механическими задачами о новых кинематических и статических параметрах для корректного представления процессов деформирования твердого тела. Требуется переосмысление самих постановок краевых задач и граничных условий в лагранжевых переменных, включая тензорный анализ для градиента перемещений. Приведенные исследования обеспечивают механико-математическую корректность описания новых современных материалов с богатым спектром физических свойств при сложных типах нагрузок, что обеспечивает преимущества при решении прикладных задач в различных теориях прочности и трещинообразования. Уровень исследований подтверждается публикациями в ведущих научных отечественных и зарубежных журналах указанной специализации, защитой диссертации.

Практические и теоретические исследования посвященные маскировке поведения траекторий динамических систем имеют актуальную прикладную направленность, поскольку способствуют повышению эффективности функционирования устройств, действующих в условиях сложной, нестационарной помеховой обстановки. В этой связи тема и материал научных исследований являются актуальными и востребованными.

4. Работы участников исследовательского проекта по данной теме.

По данной тематике опубликованы три монографии и свыше 40-ти статей в научных журналах и материалах конференций. Приведенные исследования обеспечивают механико-математическую корректность описания новых современных материалов с богатым спектром физическо-механических свойств при сложных типах нагрузок, что обеспечивает преимущества при решении прикладных задач в различных теориях прочности и трещинообразования. Уровень исследований подтверждается публикациями в ведущих научных отечественных и зарубежных журналах указанной специализации, защитой диссертации.

Предполагается публикация монографий и научных статей. Подготовка 1 докторской и 1 кандидатской диссертации.

1. Нифагин, В.А. Асимптотические методы в задачах упругопластической теории трещин / В.А.Нифагин.- LAP LAMBERT AcademicPublishing, OmniScriptum GmbH & Co. KG, Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Germany, 2016. — 125 p . ISBN: 978-3-330-00115-2
2. Нифагин, В.А. Границы применимости асимптотических решений задач теории трещин в инкрементальной постановке / В.А. Нифагин // Прикладные задачи математики и механики : материалы XXVI Междунар. науч.-тех. конф., Сев-ль, 18–22 сент. 2018 г. / Сев.НТУ,. – Сев-ль, 2018. – С. 53–57.
3. Овсянников, А.В. Фильтрация и прогнозирование стохастических процессов — Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany, 2015. — 84 с. ISBN: 978-3-659-46440-9

4. Овсянников А.В., Козел В.М. Обобщенное неравенство Крамера-Рао для моментов плотности распределения ошибки оценивания // Научный журнал «Доклады БГУИР» № 7(117), 2018. С 42-49
5. O. Doubrovina, R. Tymkiewicz, H. Piotrkowska-Wróblewska, B. Gambin Linking of structural parameters to properties of ultrasound backscattered signals by the threads phantoms study, Aktualności Inżynierii Akustycznej i Biomedycznej, Polskie Towarzystwo Akustyczne, Oddział w Krakowie, Red. K. Suder-Dębska, Kraków 2018, pp.67-79. (раздел в монографии)

5. Цель и задачи научно-исследовательской работы.

Целью работы по предлагаемой тематике является публикация монографий, научных статей. Создание библиотеки программных модулей для расчета критических нагрузок и построения диаграмм разрушения для различных материалов и нагрузок. Результаты в виде электронного комплекса могут быть использованы в прочностных расчетах научно-проектных организаций и курсах механики разрушения и математического моделирования.

Проанализировать и показать на примерах возможность и эффективность функциональной маскировки траектории динамической системы стохастическим процессом, формируемым на основе модели стохастического дифференциального уравнения с заданными свойствами

6. Научная новизна планируемых исследований.

Точное количественное и качественное описание особенностей локального разрушения твердых тел возможно только в рамках осложненных математических теорий пластичности, учитывающих историю нагружения, эффекты упрочнения, разгрузки и изменения порядка сингулярности полей напряжений и деформаций. Учет влияния пластических деформаций, определенных в рамках теорий с сингулярной поверхностью нагружения и величины предельных нагрузок для тел с трещинами, найденных на основании энергетического критерия локального разрушения является новым, а само влияние оказывается существенным.

Достоверность полученных научных результатов следует из непротиворечивости исходных положений математических теорий пластичности, корректности постановок краевых задач и согласованности их с физическими представлениями. Также она подтверждается сравнением с имеющимися данными, полученными для аналогичных задач в рамках других теорий пластичности и оценкой сходимости численных результатов при решении конкретных краевых задач.

7. Каков оригинальный вклад Вашего проекта относительно других существующих работ по данному направлению.

Предлагаемая численно-аналитическая методика является оригинальной и позволяет производить высоко-точный прочностной анализ конструкций, находящихся под предельными нагрузками, оценивать их трещиностойкость и величину критических нагрузок.

8. Наличие условий для успешного проведения работы.

Существующие результаты и научный задел по указанной тематике позволяют заключить о наличии необходимых условий для успешного проведения работы по заявленной тематике.

Исследование по теме НИР проводится без финансирования. Сотрудники кафедры «Информационные технологии» имеют необходимые знания, навыки и квалификацию для выполнения заявленной темы.

9. Рабочая программа исследований (укрупненно)

I-IV кв. 2019 Разработка аппарата интегральных энергетических инвариантов в инкрементальной механике разрушений. Обоснование применения нечеткой логики к оценкам принадлежности данных интервалам группирования.

I-IV кв. 2020 Решение краевых задач теории динамического распространения трещин в упругопластической среде с неголономными определяющими соотношениями. Получение сглаженных гистограммных оценок плотностей распределения.

I-IV кв. 2021 Нахождение предельных условий существования безопасных нагрузок на этапе возникновения магистральных трещин. Построение обобщенных неравенств предельной точности для моментов плотности распределения.

I-IV кв. 2022 Развитие феноменологических концепций структуры вершины распространяющейся макротрещины. Формирование алгоритмов обработки информации на основе сглаженных оценок мешающих факторов.

I-IV кв. 2023 Тензорный анализ конечных упругопластических деформаций в декартовой системе координат, полулинейная среда. Формирование, прогнозирование и моделирование траекторий нестационарных систем.

10. Обоснование объема запрашиваемых средств

НИР будет выполняться без финансирования в пределах основного рабочего времени профессорско-преподавательского состава кафедры.

11. Отрасль (и) применения полученных результатов

Результаты НИР будут использованы в библиотеке программных модулей для прочностных расчетов конструкций, находящихся под предельными силовыми нагрузками, а также апробированы и внедрены в образовательный процесс специальности «Прикладная информатика» факультета социокультурных коммуникаций.

Потенциальные потребители: конструкторско-технологические центры, учреждения образования.

12. Цитируемая литература – литературные источники, на основе которых представлена вышеуказанная информация.

1. Нифагин В.А., Бубич М.А. Метод асимптотических разложений в теории упругопластических трещин // Известия НАН Беларуси, сер. физ.-мат. наук. 2011. №4, С. 60-66.
2. Нифагин В.А., Гундина М.А. Напряженно-деформированное состояние в окрестности вершины трещины для неголономной пластичности в условиях плоского напряженного состояния // Механика машин, механизмов и материалов. 2012. №1, С. 47-52.

- 3 Нифагин В.А., Бубич М.А. Полные решения краевых задач о произвольно ориентированной трещине в инкрементальной теории пластичности // Труды 6-й международной конференции "Аналитические методы анализа и дифференциальных уравнений": в двух томах (под общей ред. С.В.Рогозина). - Том 2 "Дифференциальные уравнения". - Минск: Институт математики НАН Беларуси, 2012. - С. 93-96.
- 4 Нифагин В.А., Бубич М.А. Краевая задача о трещине общего вида с определяющими соотношениями инкрементальной теории пластичности. // Аналитические методы анализа и дифференциальных уравнений: Тез. докл. междунар. конф. 12 -17 сент. 2011 г., Минск, 2011. С. 112.
- 5 Нифагин В.А., Гундина М.А. Докритический рост упругопластической трещины // XI Белорусская математическая конференция: Тез докл. МНК Минск, 5 – 9 ноября 2012 г. – Часть 3. – Мн.: Институт математики НАН Беларуси, 2012. С. 83-84.
- 6 Nifagin V., Hundzina M., Asymptotic of stresses in the problem of the subcritical crack propagation // Short Papers of Conference on Computer Methods in Mechanics, Poznan, Institute of Structural Engineering, Poznan University of Technology, 2013. – P. 477-478.
- 7 Нифагин В.А., Гундина М.А. Задача о страгивании трещины в производных компонент напряжений и деформаций // V МК «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов». Москва. 26-29 ноября 2013 г./ Сборник материалов. – М: ИМЕТ РАН, 2013, 879-881.
- 8 Нифагин В.А., Гундина М.А. Асимптотика напряжений промежуточной структуры для страгивающейся трещины нормального отрыва / Матер. VI Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике, Минск: Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, 2013. -. С. 273-276.
- 9 Нифагин В.А., Гундина М.А. Квазистатический стационарный рост упругопластической трещины // Вестник СамГУ. – 2014. --№ 7. – С. 85-95.

13. Выписка из протокола заседания Совета факультета (прилагается).

Декан факультета социокультурных
коммуникаций

С.А.Важник

Научный руководитель
зав. каф-рой информационных технологий

В.А.Нифагин

ЗАДАНИЕ

на проведение научно-исследовательской работы
в Белорусском государственном университете

Наименование задания в целом и годовых этапов	Исполнители (кафедра, лаборатория), научный руководитель	Сроки выполнения (год, квартал)	Финансирующая организация	Сметная стоимость, млн. руб. (указать общую сумму и по годам)	Ожидаемые результаты
1	2	3	4	5	6
Численно-аналитические модели механики разрушения в рамках осложненных теорий пластичности. Разработка алгоритмов обработки данных, прогнозирования и формирование траекторий для нестационарных систем	Кафедра информационных технологий, к. ф.- м. н. Нифагин Владимир Александрович к.н. – 9 б.с. – 7	2019 – 2023	Министерство образования РБ	б/ф	Будет разработано построение численно-аналитических моделей теории трещин на базе математических теорий пластичности с неголономными определяющими соотношениями. Будут разработаны алгоритмы прогнозирования нестационарных систем. Отчет по НИР.
Энергетические инварианты в механике разрушения упругопластических упрочняющихся тел с учетом термодинамических представлений и анизотропии.	Кафедра информационных технологий, к. ф.- м. н. Нифагин Владимир Александрович к.н. – 9 б.с. – 7	I-IV кв. 2019	Министерство образования РБ	б/ф	Будут найдены интегральные энергетические инварианты в упругопластических задачах механики разрушения при соблюдении условий энергетического баланса и

Обоснование нечеткой принадлежности данных измерительных экспериментов интервалам группирования					термодинамического анализа. Будет показано применение аппарата нечеткой логики в измерительных экспериментах по принадлежности данных интервалам группирования.
Задачи квазистатического и динамического нестационарного и стационарного роста трещин в инкрементальной теории течения. Сглаженные гистограммные оценки плотностей распределения	Кафедра информационных технологий, к. ф.- м. н. Нифагин Владимир Александрович к.н. – 9 б.с. – 7	I-IV кв. 2020	Министерство образования РБ	б/ф	Будут получены механико-математические модели распространения трещин в различных режимах в пластических средах с учетом эффектов упрочнения, разгрузки и разупрочнения. Будет сделано построение сглаженных оценок плотностей распределения.
Условия существования безопасных нагрузок и порогового значения коэффициента интенсивности напряжений на этапе возникновения магистральных трещин. Обобщенные неравенства предельной точности для моментов плотности	Кафедра информационных технологий, к. ф.- м. н. Нифагин Владимир Александрович к.н. – 9 б.с. – 7	I-IV кв. 2021	Министерство образования РБ	б/ф	Будут определены границы работоспособности тела без привлечения дополнительных гипотез. Будет разработана формулировка соответствующего критерия прочности по достижению максимума величины обобщенного усилия на интегральной

распределения ошибки оценивания					диаграмме непосредственно из решения краевых задач. Будут получены неравенства предельной точности для моментов плотности распределения ошибки оценивания.
Развитие феноменологических концепций структуры вершины распространяющейся макротрещины. Разработка и алгоритмов обработки информации на основе сглаженных оценок мешающих факторов	Кафедра информационных технологий, к. ф.- м. н. Нифагин Владимир Александрович к.н. – 9 б.с. – 7	I-IV кв. 2022	Министерств о образования РБ	б/ф	Будут сформулированы доказательства целесообразности и применения фактора разупрочнения как метода осреднения в рамках корректных представлений механики сплошных сред, а также допустимость экстраполяции способов определения прочности тела с дефектами вплоть до момента разрушения. Будут созданы алгоритмы обработки информации с помощью сглаженных оценок
Тензорный анализ конечных упругопластических деформаций в декартовой системе координат, полулинейная	Кафедра информационных технологий, к. ф.- м. н. Нифагин Владимир	I-IV кв. 2023	Министерств о образования РБ	б/ф	Будет разработано выделение тензорных энергетических пар для формулировки основных

<p>среда . Формирование, прогнозирование и моделирование траекторий нестационарных систем</p>	<p>Александрови ч к.н. – 9 б.с. – 7</p>				<p>краевых задач в больших деформациях в координатах начального и текущего состояния. Будут решены краевые задачи для полулинейного материала. Будет разработано моделирование траекторий нестационарных систем.</p>
---	---	--	--	--	--

Декан факультета
социокультурных коммуникаций
С. А. Важник

Научный руководитель
В. А. Нифагин