

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Яновской Елены Александровны на тему «**Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях**», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки).

Исследование Яновской Е.А. посвящено разработке математических моделей нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоёв в односвязных и многосвязных неканонических областях. Работа выполнена по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и ориентирована на развитие теории течения тонких пластических слоёв, расширение её применимости к сложным геометрическим конфигурациям, а также создание алгоритмов и программных средств для расчёта напряжённо-деформированного состояния и кинематики течения.

Автореферат отражает масштабное и содержательное исследование с глубокой проработкой математического аппарата и выраженной прикладной направленностью.

Следует отметить высокий уровень математической культуры работы. В автореферате приведены формулировки теорем, обсуждается эквивалентность различных постановок, используется аппарат метода характеристик для решения контактных задач, интегральных поверхностей, асимптотических оценок, инвариантных характеристик напряжённого состояния. Одной из несомненных сильных сторон диссертации является сочетание строгого аналитического подхода с прикладной инженерной направленностью. Автор не ограничивается формальной постановкой задач, а доводит рассмотрение до получения конкретных аналитических решений (в ряде случаев точных), что в области нелинейных уравнений в частных производных является существенным научным результатом.

Существенным достоинством работы является расширение классической теории течения тонких пластических слоёв за пределы канонических постановок. В диссертации рассматриваются многосвязные и кусочно-однородные области, переменная толщина слоя, различные режимы граничных условий, контактные задачи и двуслойные композиционные структуры. Такое обобщение существенно повышает прикладную ценность результатов и демонстрирует системный характер исследования. Автор не просто модифицирует известные решения, а выстраивает единую логическую схему перехода от упрощённых моделей к более общим постановкам, включая анализ применимости моделей «идеальной» и «вязкой» жидкости.

Основное содержание работы посвящено исследованию математических моделей сложных нестационарных механических систем и разработке эффективных вычислительных методов расчёта этих моделей на базе современных компьютерных технологий. Разработанные методы реализованы в виде комплекса проблемно-ориентированных программ, с помощью которого автор проводит масштабные вычислительные эксперименты. Результаты вычислительных и натурных экспериментов используются автором для апробации разработанных алгоритмов интерпретации натурального эксперимента и валидации исследуемых математических моделей. Таким образом, работа соответствует специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

По автореферату можно высказать несколько вопросов и замечаний:

1) Описание второй главы в автореферате несколько перегружено формулами. Следовало бы уделить больше внимания описанию следствий и выводов из полученных

математических зависимостей, при необходимости сократив количество формул и оставив только наиболее значимые из них.


2) В работе сформулированы ряд теорем. Однако из текста автореферата остаётся неясным получено ли автором полное доказательство сформулированных теорем, частичное доказательство или эти теоремы только предстоит доказать? Не раскрыты следствия и значимость этих теорем.

3) Экспериментальная валидация описана недостаточно детально. Указывается удовлетворительная корреляция с экспериментами, однако количественные показатели погрешности, статистическая обработка данных и диапазоны параметров в автореферате не приведены.

В целом работа выполнена на высоком научном уровне. Автореферат диссертации достаточно полно раскрывает её научную и практическую ценность. Указанные выше замечания не снижают общей, положительной оценки представленной работы. Диссертационная работа соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13, 14 постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения учёных степеней», а её автор Яновская Елена Александровна заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки).

Выражаю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук
(специальность 01.02.01 – теоретическая механика), доцент,
директор института робототехники и компьютерного зрения,
АНО ВО «Университет Иннополис»


05.03.2026

Малолетов Александр Васильевич

Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис»

Адрес: 420500, г. Иннополис ул. Университетская, д. 1.

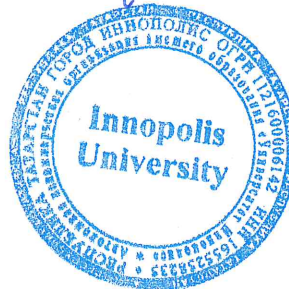
тел.: +7-999-162-02-74

e-mail: a.maloletov@innopolis.ru

Подпись А. В. Малолетова заверяю:
Директор по развитию и кадровой политике
АНО ВО «Университет Иннополис»



Валиев Р.Ф.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Яновской Елены Александровны
«Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких
пластических слоев в неканонических областях»
по специальности 1.2.2- Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация Яновской Е.А. посвящена исследованию контактных задач пластического течения в сравнительно тонком слое, заключенном между двумя сближающимися поверхностями тел инструмента. К таковым относятся подавляющее большинство технологических процессов обработки давлением, таких как штамповка и прессование тонкостенных элементов конструкций, тонколистовая прокатка. Это достаточно сложные физические процессы, которые характеризуются рядом специфических свойств. В указанных процессах реализуются большие давления, на порядок превышающие величины сдвиговых свойств обрабатываемого металла (сплава) так, что доминирует шаровая часть тензора напряжений и в начальном приближении свойства материала обработки оказываются близки к свойствам гидродинамической жидкости. С другой стороны, большие давления вызывают нормальные упругие перемещения тел инструмента и тем самым имеем задачу о контактном взаимодействии пластического слоя с упругими телами.

В диссертации рассмотрены конкретные математические модели растекания пластических слоев: пластические течения в кусочно-однородных как по толщине текущего слоя, так и с неоднородностью пластических свойств в продольном направлении. Проведен анализ полученных аналитических решений в зависимости от геометрических и силовых характеристик составных частей текущего слоя.

В рамках упрощенной математической модели «идеальной» жидкости получило дальнейшее развитие исследование нелинейного дифференциального уравнения параболического типа для восстановления контура свободно растекающегося пластического слоя на плоскости.

В диссертации представлен другой, качественно новый подход к решению задачи о правке листов и полос за пределом упругости, который считаю полезным внедрить в технологию машиностроения.

Работа включает экспериментальные исследования задачи по стесненному течению пластического слоя в плане формы прямоугольника и кругового сектора. Показано, что результаты теоретического анализа с приемлемой точностью согласуются с результатами экспериментов.

В диссертации представлен комплекс программ, позволяющих провести качественный анализ исследуемого процесса и принять соответствующие решения на всех этапах построения технологического процесса.

Все полученные в диссертации результаты обладают научной новизной.

Замечание.

В работе недостаточно уделено внимание исследованию связанной задачи пластической обработки давлением тонкостенных деталей и узлов конструкций в режиме высоких температур, которые проходят при интенсивном теплообмене с контактирующими телами, в результате чего существенно усложняется картина течения, образуются приконтактные слои затвердевания. Однако указанное замечание носит рекомендательный характер и не снижает общую высокую оценку выполненной работы.

Апробация результатов исследования проведена на достаточном уровне: по теме диссертации опубликовано 67 печатных работ, из них 25 работ в рецензируемых изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ, 10 статей в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, 3 рецензируемые монографии, 8 работ опубликованы в других рецензируемых периодических изданиях, 21 публикация в трудах конференций. Также получено 10 свидетельств на программы ЭВМ, 16 патентов, из которых 10 на изобретения и 6 на полезные модели.

Диссертация Е.А. Яновской является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема, имеющая практическое значение для проектирования современных высокопроизводительных технологических процессов. Считаю, что диссертационная работа «Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях» соответствует требованиям действующего Положения о порядке присуждения учёной степени доктора наук, ее автор, Яновская Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Заведующий кафедрой «Высшая математика и естественные науки»,
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»,
д.ф.-м.н., профессор

Б.Г. Миронов

Подпись Б.Г. Миронова заверяю

СПЕЦИАЛИСТ
ПО ПЕРСОНАЛУ
ДУБИНЕВИЧ Н.В.
18.03.2026

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта"

Адрес: 127994, г. Москва, ул Образцова, д 9, стр. 9

Телефон: +7 495 681-13-40

e-mail: info@rut-miit.ru

Отзыв подготовил д. ф. – м. н., профессор Миронов Борис Гурьевич

ОТЗЫВ

д.ф.-м.н., профессора Краснова Андрея Евгеньевича
на автореферат диссертации Яновской Елены Александровны
«Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких
пластических слоев в неканонических областях»
по специальности 1.2.2- Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

В диссертации Яновской Е.А. исследуются контактные задачи течения в тонком слое пластического материала, заключенного между двумя сближающимися по нормали поверхностями внешних тел. Сюда примыкает большинство технологических процессов обработки давлением (штамповка и прессование тонкостенных элементов конструкций, тонколистовая прокатка и др.). С другой стороны, это физические процессы, происходящие в глубинных слоях нашей планеты (течения магмы и образование вулканов). Указанные процессы характеризуются рядом специфических свойств. Прежде всего, им свойственны высокие контактные давления, значительно превышающие величины сдвиговых свойств обрабатываемого металла (сплава). То есть в первом приближении свойства материала текущего слоя оказываются близкими к свойствам гидродинамической жидкости. При этом практически вдоль всей контактной поверхности наблюдается проскальзывание материала слоя относительно контактных поверхностей внешних тел. Понятно, что большие давления вызывают нормальные упругие перемещения тел инструмента, соизмеримые с толщиной текущего слоя, и тем самым имеем задачу о контактном взаимодействии пластического слоя с упругими телами.

В диссертации исследовано большое число контактных задач течения в пластическом слое, обладающих неоднородностью свойств как по толщине текущего слоя, так и в продольном направлении. Проведен качественный анализ полученных аналитических решений в зависимости от геометрических и силовых характеристик составных частей текущего слоя.

Представлено исследование нелинейного дифференциального уравнения параболического типа для определения границы области, занятой осаживаемым, свободно растекающимся пластическим слоем постоянной толщины на плоскости, получены в аналитическом виде некоторые частные решения задач растекания.

В диссертации анализ решения задачи о пластическом растяжении полосы с одновременным учетом процесса течения в зажатых концевых частях полосы, что открывает возможность применить проведенное исследование к решению задачи о правке листов и полос за пределом упругости.

Работа содержит экспериментальные исследования задачи по стесненной осадке пластического слоя в плане формы прямоугольника и кругового сектора. Установлено, что результаты теоретического анализа с приемлемой точностью согласуются с результатами экспериментов.

Диссертация включает комплекс программ, позволяющих провести качественный анализ исследуемого технологического процесса и принять соответствующие решения на всех этапах его построения.

Все полученные в диссертации результаты обладают научной новизной.

Хочется привести одно замечание.

В работе мало внимания уделено исследованию горячих процессов пластической обработки давлением тонкостенных деталей и узлов конструкций, которым свойственны качественные особенности протекания процесса, таких как наличие приконтактных слоев затвердевания. В работе не рассмотрены процессы обработки давлением тонкостенных деталей, изготовленных из сжимаемых (порошковых) материалов. Однако указанное замечание носит всего лишь рекомендательный характер и никак не снижает общую высокую оценку выполненной работы.

Апробация результатов исследования проведена на достаточном уровне: по теме диссертации опубликовано 67 печатных работ, из них 25 работ в рецензируемых изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ, 10 статей в изданиях, индексируемых *Web of Science* и *Scopus*, 3 рецензируемые монографии, 8 работ опубликованы в других рецензируемых периодических изданиях, 21 публикация в трудах конференций. Также получено 10 свидетельств на программы ЭВМ, 16 патентов, из которых 10 на изобретения и 6 на полезные модели.

Диссертация Е.А. Яновской является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема, имеющая практическое значение в вопросах проектирования современных высокопроизводительных технологических процессов, проходящих при наложении высоких давлений. Считаю, что диссертационная работа «Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях» соответствует требованиям действующего Положения о порядке присуждения учёной степени доктора наук, ее автор, Яновская Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Профессор кафедры информационных технологий, искусственного интеллекта и общественно-социальных технологий цифрового общества, д.ф.-м.н., проф.

А.Е. Краснов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный социальный университет» (ФГБОУ ВО РГСУ)

Адрес: 129226, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, д. 4, стр. 1.

Телефон: +7 (916) 706-54-37

E-mail: KrasnovAE@rgsu.net

krasnovmgutu@andex.ru

23 MAR 2026



Отзыв подготовил д. ф. – м. н., профессор Краснов Андрей Евгеньевич

Диссертационный совет 24.2.332.02
127005, г. Москва, Вадковский пер., д. 1
ФГАОУ ВО «Московский государственный
технологический университет «СТАНКИН».

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

«Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях» Яновской Елены Александровны,
представленной к защите на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ

В рамках общего подхода к решению краевой задачи Коши применительно к нестационарному течению тонкого слоя по поверхностям получил развитие математический аппарат анализа напряженно-деформированного состояния растекающейся по поверхностям сплошной среды в виде тонкого слоя, занимающего многосвязные области, ограниченные контурами, составленными из кусочно-линейных или нелинейных функций.

Для решения поставленных задач были использованы методы механики деформируемого твердого тела, методы математической физики и математической статистики, а также численные методы. В частности, при исследовании объектов различной формы, занимающих многосвязные области, на основе общих принципов построен алгоритм определения линий тока, линий уровня и проведено построение линий ветвления течения (ребер давления) для различных областей с характерным течением и формулируются краевые условия на контуре. Кроме того, разработан математический метод сведения уравнения эволюции границы растекающейся области

дивергентного вида в частных производных (как частный вид уравнения нелинейной теплопроводности) к обыкновенному дифференциальному уравнению, что позволило получить новые точные решения частных случаев выпуклых границ: эллиптических, параболических, гиперболических, а также границ, заданных в виде эллиптического интеграла, описываемых кривыми высших порядков.

На основе базовых и производных инвариантных характеристик построены математические модели напряженного и деформированного состояний, отображающиеся траекториями главных напряжений и деформаций на девиаторной плоскости.

Результаты теоретического анализа с достаточной точностью совпадают с результатами, полученными численными методами и результатами, проведенных автором физических экспериментов по пластическому деформированию тонкоплатных объектов или имеющих ребра жесткости и занимающих односвязные и многосвязные области.

Анализ печатных работ дает возможность утверждать, что результаты исследования, полученные автором самостоятельно, нашли отражение в публикациях.


В качестве замечания отметим, что формулировка научной новизны содержит значительное количество пунктов, часть из которых пересекается с задачами исследования. Следовало бы компактно выделить ключевые новые результаты и исключить дублирование.

Однако указанное замечание носит рекомендательный характер и не ставит под сомнение научные результаты и выводы выполненной работы.

Диссертация Елены Александровны Яновской является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение и нашедшая практическое применение в машиностроении. Диссертационная работа «Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях» соответствует требованиям действующего Положения о порядке присуждения учёной степени доктора наук (ред. от 25.01.2024 п.п. 9-11; 13-15), а ее автор Яновская Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-

математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки).

Габбасов Назим Салихович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математики Набережночелнинского института (филиала) Казанского федерального университета, адрес: 423810, Набережные Челны, пр-т Мира, 68/19, телефон организации: 8(855)239-71-40, email: gabbasovnazim@rambler.ru.

 Габбасов Назим Салихович

«27» февраля 2026 г.

Я, Габбасов Назим Салихович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Яновской Елены Александровны, и их дальнейшую обработку.

 Габбасов Назим Салихович

СОБСТВЕННОРУЧНУЮ ПОДПИСЬ
Габбасова Н.С. ЗАВЕРЯЮ
Набережночелнинский институт КФУ
Отдел кадров Миниф С.Ф. Минсаринова



ОТЗЫВ

на диссертацию «Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях»

Яновской Елены Александровны

представленной к защите на соискание ученой степени

доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2-Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

(составлен по автореферату)

Математические модели течения сплошной среды в тонких слоях приводят к нестандартным краевым квазистатическим эволюционным задачам и смешанным задачам, которые формулируются для однородных и неоднородных сред. В рамках общего подхода к решению краевой задачи Коши применительно к нестационарному течению тонкого слоя по поверхностям в работе получил дальнейшее развитие математический аппарат анализа напряженно-деформированного состояния растекающейся по поверхности сплошной среды в виде тонкого слоя, занимающего многосвязные области, ограниченные контурами, составленными из кусочно-линейных или нелинейных функций. Разработанные математические модели описываются меньшим числом уравнений в постановках задач и, как следствие, ограничивают количество начальных и краевых условий по сравнению с точными математическими постановками задач механики сплошной среды (МСС). При этом сохраняется адекватность предложенных моделей применительно к исходной задаче. В случаях невозможности существенного упрощения постановок автор использует имеющиеся проблемно-ориентированные программные комплексы для численного моделирования процессов МСС, а также собственные разработки программ для ЭВМ. Развитие имеющихся и создание новых математических методов и моделей исследования нестационарных течений тонких пластических слоев в неканонических областях - значимая проблема математического моделирования и современных численных методов.

При исследовании объектов различной геометрической формы, занимающих многосвязные области, на основе общих принципов в диссертации построен алгоритм определения линий тока, линий уровня и проведено построение линий раздела течения (ребер давления) для различных областей с характерным течением и сформулированы краевые условия на контуре.

Научная новизна диссертации основывается на новых нестандартных постановках задач исследования и на полученных основных результатах, которые заключаются в следующем:

- установлены связи между различными математическими моделями течения тонкого пластического слоя, для обобщения методов решения краевых задач течения с исследованием возможности введения малого параметра при переходе к безразмерным величинам в дифференциальных уравнениях в частных производных параболического типа;

-получено точное аналитическое решение в задаче о течении тонкого слоя, расположенного между наклонными плитами, занимающего круглую область, с установлением следа ребра давлений и кинематики течения. Для численного исследования задачи Коши разработан математический метод сведения уравнения эволюции границы растекающейся области дивергентного вида в частных производных (как частный вид уравнения теплопроводности) к обыкновенному уравнению, что позволило получить новые точные решения частных случаев выпуклых границ (эллиптических, параболических, гиперболических, а также границ, задаваемых в виде эллиптического интеграла), описываемых кривыми высших порядков;

-поставлена и решена контактная задача о пластическом растяжении полосы из однородного металла силами, приложенными на зажатых ее торцах для использования в практических целях при правке листовых заготовок с помощью одноосного растяжения за пределом упругости;

- для тонкого слоя односвязной области в виде полосы с неоднородными свойствами по толщине построена математическая модель для анализа напряжений, возникающих в композите и сил сжатия, достаточных для пластического деформирования только мягкой компоненты слоя, а также силовых параметров в момент, когда пластической деформации будет подвержена более твердая компонента. Область применения теории течения тонкого слоя дополнена анализом течения односвязной области в виде клина с малым углом в плане;

-для обобщенной постановки краевой задачи о свободно растекающемся пластическом слое между жесткими поверхностями получены точные решения эволюционного нелинейного дифференциального уравнения для восстановления контуров односвязных областей с линейными и нелинейными границами;

-разработан метод распознавания объектов неканонической формы по топологическим характеристикам, влияющим на выбор математической модели пластического течения, включая алгоритмизацию этапов отбора информативных признаков с использованием математического аппарата, основой которого является концепция дивергенции;

разработаны правила классификации деталей (продукционная система) с использованием Теоретико-множественного подхода к экспертной классификации; построены разделяющие поверхности в информативном признаковом пространстве с использованием метода математической статистики, метода потенциальных функций, а также получено решение классификационных задач с использованием нейронных сетей с разработкой алгоритмов глубокого обучения;

-на основе базисных и производных инвариантных характеристик построены математические модели напряженного и деформированного состояний отображающиеся траекториями главных напряжений и главных деформаций на девиаторной плоскости; Установлено, что полученные аналитические данные удовлетворительно коррелируют с результатами экспериментов по стесненному пластическому течению в виде прямоугольника и кругового сектора в плане для обоснованного выбора математических

моделей, которые дают более точные решения. Результаты теоретического анализа с достаточной точностью совпадают с результатами, полученными численными методами и результатами, полученными автором при проведении физических экспериментов по пластическому деформированию тонкополосных объектов или имеющих ребра жесткости и занимающих односвязные и многосвязные области.

Анализ печатных работ дает возможность утверждать, что результаты большинства исследований нашли отражение в публикациях.

Замечания. Постановка задач отражает только математические аспекты решения проблем, составляющих цели исследований и не затрагивает вопросов о влиянии физического состояния поверхности, приводящей к появлению однофазных и многосвязных областей течения. Непонятно почему уменьшение числа граничных и краевых условий в авторской постановке задач о течении пластических слоев не снижает информативности по сравнению с решением аналогичных задач стандартными методами механики сплошных сред. Из текста автореферата о смысле термина «неканоническая область» можно только догадываться.

Сделанные замечания продиктованы желанием автора отзыва уточнить правильность своего восприятия диссертационной работы и не ставят под сомнение ее научные результаты, ни их практическую значимость.

Диссертационная работа Елены Александровны Яновской представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена проблема нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев материалов в односвязных и многосвязных областях методами математического моделирования, имеющая важное значение как в теоретическом, так и в практическом отношении. Данная диссертационная работа в полной мере удовлетворит требованиям действующего Положения о порядке присуждения ученой степени доктора наук, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013г. за №842 (ред. От 25.01. 2024г.), а ее автор Яновская Елена Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.22 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки).

Доктор физико-математических наук В.А.Ермишкин

« 25 » марта 2026г

Подпись заверяю

Ученой секретарь В.А. Ермишкин
2024



Вячеслав Александрович Ермишкин

Ермишкин Вячеслав Александрович
Доктор физико-математических наук, Руководитель группы высоковольтной электронной микроскопии (ГВЭМ), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН (ИМЕТ РАН).
119334, Москва, Ленинский проспект, 49

ОТЗЫВ

на диссертацию Яновской Елены Александровны
«Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких
пластических слоев в неканонических областях»
по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ, представленную
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
(составлен по автореферату)

Большинство процессов обработки давлением реализуется воздействием на заготовку специализированного инструмента, предназначенного для перераспределения металла в полостях необходимой формы, при сближении частей этого инструмента. Форма и размеры поковок отличаются разнообразием, среди которого выделяется многочисленный кластер изделий, имеющих протяженные участки в виде тонкого слоя (полотно, ребра жесткости, тонкая стенка или донная часть). Течение в слое сопровождается достаточно сложными физическими процессами, характеризующимися рядом специфических особенностей, одной из которых является большая величина давления на контакте, которая кратно превышает величину сдвиговых характеристик обрабатываемого металла, при этом доминирует шаровая часть тензора напряжений и в начальном приближении свойства обрабатываемого материала могут быть приравнены к свойствам гидродинамической жидкости. Диссертация Яновской Е.А. посвящена исследованию контактных задач пластического течения в сравнительно тонком слое, на основе математических моделей «идеальной» и «вязкой жидкостей».

В диссертации рассмотрены конкретные математические модели растекания пластических слоев: пластические течения в кусочно-однородных как по толщине растекающегося слоя, так и с неоднородностью пластических свойств в плане. Проведен анализ полученных аналитических решений, определяющих динамические и кинематические параметры течения, которые зависят от геометрических характеристик составных частей слоя, растекающегося по поверхностям.

На основе приближенной математической модели «идеальной» жидкости получило дальнейшее развитие исследование нелинейного дифференциального уравнения параболического типа для восстановления границ контура свободно растекающегося пластического слоя на плоскости.

В диссертации представлен качественно новый подход к решению задачи о правке листов и полос за пределом упругости, что имеет важное значение для машиностроительной отрасли.

Работа включает экспериментальные исследования задачи по стесненному течению пластических слоев, имеющих в плане форму прямоугольника и кругового сектора. Показано, что результаты теоретического анализа по предлагаемым математическим моделям с приемлемой точностью согласуются с результатами экспериментов.

В диссертации представлен комплекс программ, позволяющих провести качественный и количественный анализ исследуемых течений и принять соответствующие решения на всех этапах построения технологического процесса.

Все полученные в диссертации результаты обладают научной новизной. Апробация результатов исследования проведена на достаточном уровне: по теме диссертации опубликовано 25 работ в рецензируемых изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ, 9 статей в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, 10 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, получено 16 патентов на изобретения и

полезные модели, что подтверждает адекватность математических моделей и практический интерес к ним.


Замечание.

Большинство процессов пластического деформирования на практике реализуется с предварительным нагревом заготовок до температур горячей обработки, которые отличаются интенсивным теплообменом нагретого металла с инструментом, контактирующим с обрабатываемым металлом. В автореферате отсутствуют сведения по исследованию связанной задачи пластической обработки тонкостенных деталей и узлов конструкций в режиме высоких температур, в результате чего существенно усложняется анализ течения, образуются приконтактные слои, имеющие более низкую температуру, а значит и меньшую пластичность. Следовало бы глубже обосновать актуальность, указать на недостатки известных моделей.

Указанное замечание носит рекомендательный характер и не снижает общую высокую оценку выполненной работы.

Диссертация Е.А. Яновской является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема, имеющая важное теоретическое и практическое значение для проектирования и реализации современных высокопроизводительных технологических процессов. Диссертационная работа «Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях» соответствует требованиям действующего Положения о порядке присуждения учёной степени доктора наук, а ее автор Яновская Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки).

Профессор кафедры «Динамика и прочность машин»
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
технический университет», доктор физико-
математических наук по специальности
01.02.01 – Теоретическая механика,
профессор

 Брискин Е.С.

Сведения о составителе отзыва: Брискин Евгений Самуилович, доктор физико-математических наук, профессор

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»)

Должность: профессор кафедры «Динамика и прочность машин»

Адрес: г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28, 400005

Телефон: +7 (8442) 24-81-13

E-mail: dtm@vstu.ru

Я, Брискин Евгений Самуилович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 Брискин Е.С.


Подпись Брискина Е.С.
УДОСТОВЕРЯЮ 26.02.2020
Нач. общего отдела Абнерская Т.А.
(подпись)

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Яновской Елены Александровны
«Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях»,
представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

Развитие имеющихся и создание новых математических методов и моделей исследования нестационарных течений тонких пластических слоев в неканонических областях является значимой проблемой математического моделирования и современных численных методов, которые являются основой создания проблемно-ориентированных комплексов программ для ЭВМ. Взаимосвязанные модели течения сплошной среды в тонких слоях приводят к нестандартным краевым квазистатическим, эволюционным и смешанным задачам, которые формулируются для однородных и неоднородных сред. Необходимостью решения указанных задач обоснована актуальность темы диссертационного исследования, целью которого является создание новых математических, физических и компьютерных моделей теории нестационарного течения тонких пластических слоев в однородных и кусочно-однородных многосвязных областях для их исследования аналитическими, численными и экспериментальными методами.

Основные положения и научные результаты, выносимые на защиту, полученные автором лично или вклад автора в которые был определяющим:

– метод характеристик, адаптированный для решения задач пластического течения тонких слоев в ортогональных прямоугольной и криволинейной системах координат.

– новые математические модели нестационарных течений тонких слоев по недеформируемым и упруго-деформируемым поверхностям, включая новые постановки краевых задач течения пластического слоя и, в зависимости от используемых гипотез, приближенные или точные методы аналитических решений в моделях «идеальной» и «вязкой» жидкостей.

– метод решения задач пластического течения в слое, составленном из различных сред, как по толщине, так и в плане, в модели «вязкой» жидкости, новизна которого состоит в анализе изменения границы между компонентами композита.

– алгоритмы вычисления параметров течения сплошной среды в виде тонких слоев, занимающих односвязные и многосвязные области

неканонической формы, которые позволяют наряду с вычислением силовых параметров процессов сжатия, анализировать кинематику течения.

– эволюционное уравнение, описывающее изменение границ неканонических областей, на различных этапах течения.

– на основе базовых и производных инвариантных характеристик сплошной среды новые математические модели НДС, представляющие собой проекции на девиаторную плоскость траекторий главных напряжений и деформаций, и функционально связанные с видами механических схем напряжений и деформаций на конкретных операциях обработки металлов давлением.

– комплекс программ, содержащий процедуры поддержки и принятия решений на всех этапах предпроектных исследований, среди которых несколько дополняющих друг друга программных кодов, реализующих анализ информативности различительных признаков, распознавание и классификацию сложных геометрических областей, логику выбора математических моделей для решения задач пластического течения слоев по поверхностям, решения эволюционных уравнений восстановления изменяющихся границ растекающейся пластической области, определение динамических и кинематических параметров течения сплошной среды.

По теме диссертации опубликовано 25 работ в рецензируемых изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ, 10 статей в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus. Анализ публикаций дает возможность утверждать, что большинство результатов исследования нашло отражение в печати.

В качестве *замечания* отметим, что постановка краевых задач представлена не в едином формате: часть условий сформулирована аналитически, часть — словесно. Желательно приводить все постановки к структурированному виду (уравнения, область исследования, граничные условия).

Данное замечание носит рекомендательный характер и не ставит под сомнение научные результаты и выводы выполненной работы.

Диссертация Яновской Елены Александровны является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение и нашедшая применение в машиностроении. Диссертационная работа «Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях» соответствует требованиям действующего Положения о порядке присуждения учёной степени доктора наук (ред. от 25.01.2024), а ее автор, Яновская Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по

специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры Высшей математики ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», научная специальность 02.00.06 — Высокомолекулярные соединения

Мацевич
Татьяна Анатольевна

«24» февраля 2026 г.

Почтовый адрес: 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26.
ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)
Телефон: +7 499 1832874;
e-mail: MatseevichTA@mgsu.ru

Я, Мацевич Татьяна Анатольевна, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Яновской Елены Александровны, и их дальнейшую обработку.

Подпись заверяю

Начальник отдела
кадрового делопроиз-
водства УРП
А. В. ПИНЕГИН
24.02.2026



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Яновской Елены Александровны
«Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких
пластических слоев в неканонических областях», представленной на соискание ученой
степени доктора физ.-мат. наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ (физико-математические науки)»

Актуальность работы

В диссертационной работе Е.А. Яновской решена фундаментальная проблема моделирования задач теории и методов расчета нестационарного течения тонких вязкопластических слоев в областях со сложной геометрией. Это важная междисциплинарная проблема, находящаяся на стыке механики сплошной среды, прикладной математики и численных методов, и ее решение вносит существенный вклад как в фундаментальную науку, так и в практику инженерных решений.

Научный уровень и содержательность работы

Диссертация представляет собой законченное исследование, в котором автор продемонстрировал владение математическим аппаратом механики деформируемого твердого тела, методами математической физики и современными численными методами, внося свой вклад в их развитие. Использование аналитических и численных подходов для решения поставленных задач позволило получить решения с точностью до асимптотических разложений по малому параметру. Новизна научной работы в целом заключается в успешном переносе идей теории тонкого слоя, восходящей к Прандтлю, на случай неканонических многосвязных областей. Это не простое обобщение, а существенное развитие теории, потребовавшее создания нового математического аппарата, в частности, адаптации метода характеристик для решения задач течения тонкого слоя и разработки эволюционных уравнений для восстановления подвижных границ.

Оценка научной новизны результатов

Научная новизна работы убедительно обоснована и подтверждена следующими конкретными результатами автора, выносимыми на защиту:

1. Метод характеристик, адаптированный для решения задач пластического течения тонких слоев в ортогональных прямоугольной и криволинейной системах координат.

2. Новые математические модели нестационарных течений тонких слоев по недеформируемым и упруго-деформируемым поверхностям, включая новые постановки краевых задач течения пластического слоя и, в зависимости от используемых гипотез, приближенные или точные методы аналитических решений в моделях «идеальной» и «вязкой» жидкостей.

3. Метод решения задач пластического течения в слое, составленном из различных сред, как по толщине, так и в плане, в модели «вязкой» жидкости, новизна которого состоит в анализе изменения границы между компонентами композита.

4. Алгоритмы вычисления параметров течения сплошной среды в виде тонких слоев, занимающих односвязные и многосвязные области неканонической формы,

которые позволяют наряду с вычислением силовых параметров процессов сжатия, анализировать кинематику течения.

5. Эволюционное уравнение, описывающее изменение границ неканонических областей, на различных этапах течения.

6. Новые математические модели напряженно-деформированного состояния на основе базовых и производных инвариантных характеристик сплошной среды, представляющие собой проекции на девиаторную плоскость траекторий главных напряжений и деформаций и функционально связанные с видами механических схем напряжений и деформаций на конкретных операциях обработки металлов давлением.

7. Комплекс программ, содержащий процедуры поддержки и принятия решений на всех этапах предпроектных исследований, среди которых несколько дополняющих друг друга программных кодов, реализующих анализ информативности различительных признаков, распознавание и классификацию сложных геометрических областей, логику выбора математических моделей для решения задач пластического течения слоев по поверхностям, решения эволюционных уравнений восстановления изменяющихся границ растекающейся пластической области, определение динамических и кинематических параметров течения сплошной среды.

Теоретическая и практическая значимость

Разработанные математические модели и методы открывают новые возможности для анализа напряженно-деформированного состояния в технологических процессах, которые ранее описывались лишь оценочными приближениями или дорогостоящими численными экспериментами.

Практическая значимость заключается в следующих результатах и имеет выраженный инновационный характер:

1. Созданы проблемно-ориентированные программы, прошедшие государственную экспертизу Роспатента и оформлены 10-ю свидетельства о регистрации.

2. Разработаны математические модели и новые методы решения краевых задач, что позволило спроектировать и запатентовать новые технологии и инструмент пластического деформирования; это свидетельствует о прикладной эффективности полученных теоретических результатов.

3. Акты внедрения в промышленность и учебный процесс подтверждают востребованность авторских результатов.

Разработанная методология распознавания и классификации различных объектов может быть использована в других областях, таких как медицина, робототехника, материаловедение и т. д., что говорит об универсальности полученных математических моделей и методов.

Замечания по работе

1. Каковы предельные соотношения геометрических параметров для вязкопластического течения, за которыми предложенные модели «идеальной» и «вязкой» жидкости перестают быть адекватными?

2. Была ли проанализирована сравнительная вычислительная сложность (время расчета, потребление памяти) предлагаемых методов интеллектуальной системы выбора модели по сравнению, например, с компьютерным моделированием методом конечных элементов в коммерческих пакетах для аналогичной точности?

Данные вопросы носят уточняющий характер, не затрагивают существа результатов и выводов и не влияют на безусловно высокую оценку, которой достойна работа Е.А. Яновской.

Заключение

Диссертация Е.А. Яновской является законченной научно-квалификационной работой. По актуальности, научной новизне, достоверности полученных результатов, теоретической и практической значимости и личному вкладу автора соответствует критериям и требованиям Положения ВАК о порядке присуждения учёной степени доктора наук (ред. от 25.01.2024), а ее автор Яновская Елена Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки)».

Доктор физ.-мат. наук, профессор,
главный научный сотрудник
кафедры обработки металлов давлением,
научный руководитель лаборатории
«Сплавы с памятью формы»,
Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»



Прокошкин Сергей Дмитриевич

« 18 » марта 2026 г.

Даю согласие на обработку персональных данных, связанных с процедурой защиты диссертации.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Яновской Елены Александровны
«Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких
пластических слоев в неканонических областях»
по специальности 1.2.2- Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ, представленную
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

В Диссертационной работе решена научная проблема - создание научно обоснованных методик расчета силовых и кинематических параметров процессов формообразования тонкоплатных и тонкостенных деталей сложной конфигурации. Яновской Е.А. исследованы контактные задачи пластического течения в сравнительно тонком слое, на основе математических моделей «идеальной» и «вязкой» жидкостей. Диссертационное исследование обладает научной новизной и имеет практическую ценность с точки зрения математического моделирования, алгоритмизации сложных расчетов, так и при выборе достоверной и точной математической модели, другими словами - мост между теорией и практикой. Прослеживается системность подхода по преодолению разрыва между точными, но громоздкими постановками задач и потребностями прикладных решений. Разработанный иерархический подход: «геометрия детали → классификация → выбор адекватной упрощенной модели → аналитический расчет» - это методология, для практического использования математических моделей для проектирования групп технологических операций.

Приведены решения конкретных прикладных задач: анализ затекания металла в пазы (формирование ребер); правка растяжением листовых материалов и осадка биметаллических полос. Большинство задач имеют экспериментальное подтверждение. Проведенные физические эксперименты и корректное сравнение расчетных и экспериментальных полей перемещений (Рис. 18, 19) являются не формальностью, а ключевым аргументом, доказывающим работоспособность методик.

Вывод о необходимости использования модели «вязкой жидкости» для корректного описания стесненного течения повышает точность расчетов. Полученные в диссертации результаты обладают научной новизной.

Автореферат оформлен согласно требованиям ВАК, написан научным языком, изложение результатов последовательно и логично.

В качестве замечания следует отметить:

1. В работе, судя по автореферату, используются модели идеально жесткопластического и, отчасти, вязкопластического тела. Для еще большей практической точности было бы интересно увидеть, как предложенный алгоритм можно адаптировать для учета упрочнения материала, анизотропии и температурных эффектов, характерных для реальных технологических процессов.
2. В актах внедрения, на которые есть ссылка, желательно было бы в автореферате привести 1-2 конкретных примера: какая деталь, какой процесс был рассчитан, какая достигнута экономическая или технологическая эффективность.

Однако указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают высокой оценки выполненной работы.

Диссертация Е.А. Яновской является законченной научно-квалификационной работой. Проведенное в ней исследование решает актуальные задачи современного машиностроения с использованием новых методов математического моделирования.

Глубина теоретической проработки сочетается с четким пониманием технологических потребностей. Разработанные модели, алгоритмы и программное обеспечение обладают высоким

потенциалом коммерциализации и внедрения на предприятиях кузнечно-штамповочного профиля.

Диссертационная работа «Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях» соответствует требованиям действующего Положения о порядке присуждения учёной степени доктора наук, а ее автор Яновская Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки).

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН,
заведующий лабораторией механики
новых материалов и технологий
Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского
Российской академии наук.
119526, г. Москва, пр-т Вернадского, 101, корп. 1
+7 495 433 3496, lisovenk@ipmnet.ru

Лисовенко Дмитрий Сергеевич

16.02.2026

Подпись Д.С. Лисовенко заверяю
Ученый секретарь ИПМех РАН
кандидат физико-математических наук



Котов Михаил Алтаевич

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Яновской Елены Александровны
«Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких
пластических слоев в неканонических областях»
по специальности 1.2.2- Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ, представленную
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
(составлен по автореферату)

Исследование, изложенное в автореферате, выполнено на стыке фундаментальных разделов механики сплошной среды, теории пластичности, теории тонких слоев и посвящено решению актуальных прикладных задач, что вызывает несомненный научный интерес. Диссертация Яновской Е.А. посвящена исследованию контактных задач пластического течения в сравнительно тонком слое, на основе математических моделей «идеальной» и «вязкой жидкостей». В диссертации рассмотрены конкретные математические модели растекания пластических слоев: пластические течения в кусочно-однородных как по толщине растекающегося слоя, так и с неоднородностью пластических свойств в плане. Существенным теоретическим результатом является адаптация и развитие метода характеристик для решения нестационарных задач в ортогональных криволинейных координатах с последующим определением кинематики течения. Представленные в автореферате теоремы и утверждения (Теоремы 1-3, системы (13)-(17)) подкреплены доказательствами. В представленной работе проведены корректные асимптотические оценки. Обоснование перехода к моделям тонкого слоя через введение малого геометрического параметра $\varepsilon=h_0/L_0$ и оценка порядков характерных величин (давления, скорости) проведены корректно, что закладывает прочный фундамент для всех последующих построений. Проведен анализ сложных граничных условий в сформулированных задачах. Рассмотрение задач с подвижными границами, границами раздела разнородных сред и условиями на свободных поверхностях демонстрирует владение автором аппаратом постановки краевых задач для нелинейных систем уравнений.

В диссертации представлен комплекс программ, позволяющих провести качественный и количественный анализ исследуемых течений и принять соответствующие решения на всех этапах построения технологического процесса.

Все полученные в диссертации результаты обладают научной новизной. Апробация результатов исследования проведена на достаточном уровне: по теме диссертации опубликовано 25 работ в рецензируемых изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ, 9 статей в изданиях, индексируемых *Web of Science* и *Scopus*, 10 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, получено 16 патентов на изобретения и полезные модели.

Замечания. Связь с трехмерными постановками. В названии работы фигурирует «вязкопластическое течение», что предполагает учет инерции или вязких свойств. В основных представленных моделях («идеальная» и «вязкая» жидкости) скорее обсуждается учет касательных напряжений в рамках жесткопластической модели. Желательно более четко определить, в каких именно разделах работы рассматриваются собственно вязкопластические эффекты (зависимость напряжений от скоростей деформации). **Общность полученных решений.** Часть точных аналитических решений

получена для частных видов границ (круг, клин) или при дополнительных допущениях. Полезно было бы более явно очертить классы областей и условий нагружения, для которых предложенный метод характеристик гарантированно приводит к замкнутому решению.

Терминология. Использование терминов «модель идеальной жидкости» и «модель вязкой жидкости» применительно к задачам пластического течения, хотя и является устоявшейся метафорой в технологических приложениях, с фундаментальной точки зрения может ввести в заблуждение. Следовало бы дать четкие определения этих моделей в контексте постулатов теории пластичности.

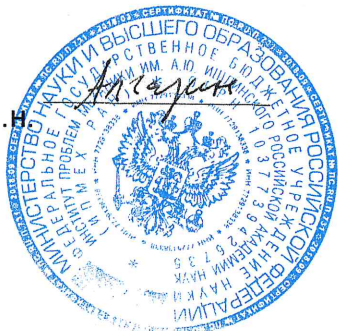
Однако указанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают высокой оценки выполненной работы.

Диссертация Е.А. Яновской является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема, имеющая важное практическое значение для проектирования и реализации современных высокопроизводительных технологических процессов. Диссертационная работа **Яновской Е.А.** представляет собой серьезное фундаментальное исследование, вносящее вклад в теорию пластического течения тонких слоев и методы математического моделирования в указанной области знаний. Диссертационная работа «Математические модели нестационарного вязкопластического течения тонких пластических слоев в неканонических областях» соответствует требованиям действующего Положения о порядке присуждения учёной степени доктора наук, а ее автор Яновская Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки).

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской Академии наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Моделирования в механике деформируемого твёрдого тела»,

д.ф.-м.н.



Алгазин Сергей Дмитриевич

