МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»
(ТулГУ)

Проспект Ленина, д. 92, г.Тула, 300012
Тел. (4872) 73-44-44, факс (4872) 35-81-81
e-mail: info@tsu.tula.ru, https://tulsu.ru

23.09.2025 №2.03-05-6712исх

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,
доктор технических наук, профессор
Воротилин Михаил Сергеевич

«23» сентября 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
на диссертационную работу **Саврасова Ивана Александровича**,
выполненную на тему
«Закономерности упругопластического деформирования стали 45 и сплава В95»
и представленную к защите на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы. Как известно, многие конструкции и их элементы в процессе эксплуатации работают в условиях, не отвечающих простому нагружению, а как известно, сложные траектории нагружения и деформирования приводят к совершенно иным механическим откликам конструкционных материалов, чем это проявляется при пропорциональных путях. Неучёт либо некорректный учёт воздействия условий сложного нагружения ответственных конструкций при их эксплуатации может привести к преждевременному, а нередко и аварийному их выходу из строя, что, в конечном счёте, приведёт к непредсказуемым разрушениям и даже человеческим жертвам. Расчёт упругопластического поведения материалов и конструкций при простом нагружении, в определённом смысле и с использованием ряда гипотез, теоретически обоснован, широко используется при проектировании, конструировании элементов аппаратов, деталей машин и строительных конструкций, хотя и здесь множество «белых пятен».

К сожалению, большинство современных методов расчёта в основном ориентированы на конструкции, изготовленные из традиционных начально изотропных материалов типа сталей марок С235, С245, С255, С285, С345 или по-

добных им композиций. Отклонения от простого нагружения зачастую учитываются путём введения в расчётные схемы так называемых коэффициентов условий работы, которые зачастую неопределённо учитывают воздействие сложного нагружения. С другой стороны, могут использоваться модели, основанные на теории малых упругопластических деформаций, но уравнения механики формулируются в градиентных формах приращений основных функций по типу метода последовательных нагружений или двухшагового метода последовательных возмущений параметров.

Математические модели, корректно учитывающие влияние сложного нагружения на механическое поведение начально изотропных материалов и конструкций, в настоящее время постоянно совершенствуются, но далеки от построения универсальной теории. Совершенствование этих моделей неотделимо от проверки постулата изотропии А.А. Ильюшина, который для большинства композитных материалов, да и для таких широко применяемых в строительстве и энергетике, как бетоны, может не выполняться.

В связи с этим тему диссертационного исследования Саврасова И.А. **«Закономерности упругопластического деформирования стали 45 и сплава В95»**, целью которой является экспериментальное исследование закономерностей упругопластического деформирования конструкционных материалов при сложном нагружении и проверка достоверности постулата изотропии А.А. Ильюшина на конструкционных материалах сталь 45 и сплав В95, следует признать актуальной в теоретическом и прикладном плане.

Структура и содержание диссертации. На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, 4 глав, заключения, названного «Результаты и выводы», библиографического списка из 191 наименования и 3 приложений. Работа содержит 72 рисунка. Полный объем диссертации составляет 179 страниц.

Диссертация и автореферат написаны современным научно-техническим языком.

Во введении обоснована актуальность решаемой научной задачи и выбор направления исследования, сформулированы цели и задачи, основные положения,

научная новизна, предмет и объект исследования, теоретическая и практическая значимость. В качестве цели диссертационного исследования заявлено повышение достоверности прочностных расчётов на основе экспериментов при сложном и разнонаправленном упругопластическом деформировании конструкционных металлов, а также существующего теоретического подхода к решению задач сложного деформирования на основе постулата изотропии А.А. Ильюшина.

Первая глава содержит достаточно скромный исторический обзор научной литературы по теме возникновения и развития теории пластичности, а также теории процессов упругопластического деформирования и развития механики в XX веке. Названы ученые, внесшие наибольший вклад в развитие теории пластичности, обозначены главные достижения до начала XXI века.

Во второй главе приведены основные соотношения, определяющие напряженно-деформированное состояние (НДС) упругопластических тел, приведены тензоры напряжений и деформаций. Дано описание теории малых упругопластических процессов деформации при простом нагружении и постулатах изотропии А.А. Ильюшина. Приведены правила выполнения ортогональных преобразований образов процессов деформирования при сложном деформировании и нагружении.

В третьей главе рассматривается автоматизированный испытательный комплекс СН-ЭВМ, средства измерения, образцы, материалы. Дано описание опытов, проведенных в лаборатории механических испытаний кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет». Обозреваются: механическая установка комплекса СН-ЭВМ, датчики деформаций и усилий, захватные приспособления. Дано обширное описание исследуемых автором диссертации образцов, их химического состава, обсуждается применение сталей и сплавов в машиностроении, их кристаллическая структура. Далее приводится методика установки образца на экспериментальный комплекс СН-ЭВМ и методика проведения металлографических исследований, методики изучения металлов, микроструктурного анализа сталей, форм отчетов исследований.

В четвёртой главе, опираясь на содержание главы 3, приводятся экспериментальные исследования сложного нагружения стали 45 и сплава В95 за пределом упругости. Даются общие сведения об испытаниях, строятся диаграммы деформирования стали 45 при простых нагружениях, экспериментально проверяется постулат изотропии при деформировании стали 45 по ортогональным криволинейным траекториям постоянной кривизны (траектории деформирования, отклики по напряжениям, дополнительные диаграммы деформирования). Также в тексте главы осуществляется проверка постулата изотропии А.А. Ильюшина при сложном нагружении изотропного стали 45 по траекториям деформирования в виде полуокружностей, экспериментальное исследование материала сталь 45 по гладкой криволинейной траектории деформирования, а также проводится проверка постулата изотропии при деформировании разносопротивляющегося сплава В95 по двузвенным ломаным траекториям и исследование постулата изотропии на плоских «треугольных траекториях» с использованием эксперимента.

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов заключается в проведении комплекса экспериментальных исследований по сложным траекториям нагружения на цилиндрических образцах с использованием экспериментального комплекса СН-ЭВМ. Исследованы условия ортогонального и неортогонального нагружений с проверкой постулата изотропии А.А. Ильюшина для стали 45 и сплава В95. Проведены экспериментальные исследования деформационной анизотропии и структуры стали 45 при упругопластическом деформировании. Результаты экспериментальных исследований служат отправным пунктом для развития теоретических основ расчета конструкций при сложных траекториях их нагружения.

Наиболее важные научные результаты заключаются в разработке методических рекомендаций по реализации различных траекторий сложных процессов упругопластического деформирования, в описании плоских многозвенных ломаных и криволинейных траекторий деформирования, анализе полученных экспериментальных данных; в обосновании того, что при рассмотрении плоских криволинейных траекторий постоянной кривизны для стали 45 постулат

изотропии А.А. Ильюшина выполняется полностью (в чем сомнения и не должно быть), а для сплава В95 этот постулат нарушается, выполняясь не полностью; проведен сравнительный анализ векторных свойств прямолинейных и криволинейных траекторий, рассчитан угол сближения ϑ_1, который образуется при переходе с одной траектории на другую.

Научная и практическая ценность диссертации. Научная и практическая ценность исследований подтверждается тем, что проведенные автором экспериментальные исследования и полученные результаты по сложному нагружению металлических цилиндрических оболочек могут послужить эмпирической базой для разработки теоретических основ расчета НДС и определения критических нагрузок для конструкций при сложных видах напряженного состояния. Практическое значение рецензируемой диссертационной работы состоит во внедрении полученных экспериментальным путем данных на производстве для конструкторской деятельности ООО «ПромКонтроль», а также в потенциале использования материалов диссертации в учебном процессе по таким дисциплинам, как строительная механика, теория упругости, механика грунтов для подготовки аспирантов по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, для подготовки магистров по направлению 08.04.01 в Тверском государственном техническом университете.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается использованием фундаментальных положений механики деформируемого твердого тела при сложном нагружении, в корректной постановке и проведении натурных экспериментов на базе широко известного экспериментального комплекса СН-ЭВМ с использованием современных методов обработки экспериментальных данных и вычислительных средств.

Апробация работы. Автором работы проведена достаточная апробация полученных результатов в отечественных и зарубежных изданиях из списка ВАК (4 статьи), индексируемых международных базах Scopus и Web of Science (1 статья), в других изданиях (2 статьи). Результаты работы докладывались и обсуждались на 4-х международных конференциях. Диссертация в полном объеме докладывалась в ТвГТУ на научно-исследовательском семинаре по МДТТ

под руководством проф. В.Г. Зубчанинова и Институте механики МГУ им. М.В. Ломоносова.

Автореферат работы в основном соответствует тексту диссертации. Имеется 2 акта о внедрении результатов диссертационного исследования.

Личное участие автора заключается в определении актуальности темы исследований, постановке цели, задач, планировании стратегии научных исследований, постановке вычислительных экспериментов, подборе оптимальных расчётных методик, анализе и обработке полученных числовых массивов результатов, написании основного текста диссертации, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, внедрении полученных результатов в инженерную практику, а также в публикациях материалов по теме диссертационной работы в различных научных изданиях.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки. Результаты представленной работы способствуют развитию методов механики деформируемого тела в области машиностроения. Разработаны методические рекомендации по реализации различных траекторий сложных процессов упругопластического деформирования, разработаны методики проведения испытаний.

Рекомендации по дальнейшему использованию результатов и основных выводов.

Рекомендуется использовать практические и теоретические результаты диссертационной работы в деятельности научно-исследовательских организаций и проектно-конструкторских бюро, машиностроительных и авиастроительных предприятий, занимающихся исследованием, проектированием и производством ответственных конструкций, работающих в условиях сложного нагружения и знакопеременных нагрузок.

Полученные экспериментальные данные и выводы о применимости постулата изотропии для различных материалов и траекторий нагружения рекомендуется использовать для верификации и корректировки математических моделей в современных комплексах прочностных расчетов (САПР-CAE), что позволит повысить точность и достоверность прогнозирования поведения конструкций.

Материалы диссертационного исследования могут быть полезны таким организациям, как:

- ООО «ПромКонтроль» (внедрение результатов подтверждено в работе).
- Предприятия аэрокосмической отрасли (ПАО «ОАК», ПАО «Ил», АО «ВПК «НПО машиностроения»), использующие сплавы типа В95.
- Научно-исследовательские центры, занимающиеся механикой деформируемого твердого тела (ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, ИПРИМ РАН, ИМех РАН).
- Образовательные учреждения (МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ им. М.В. Ломоносова, ТулГУ, ВГТУ, ТвГТУ и другие технические университеты).

Результаты диссертационного исследования могут использоваться в учебном процессе для подготовки магистров, аспирантов и научно-педагогических кадров по направлениям подготовки и научным специальностям 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела; 2.5.2. Машиноведение; при чтении курсов «Теория упругости и пластичности», «Сопротивление материалов», «Механика деформируемого твердого тела» и «Строительная механика» в ВУЗах.

Соответствие диссертации научной специальности. Диссертационная работа Ивана Александровича «Закономерности упругопластического деформирования стали 45 и сплава В95» является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует паспорту научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела:

- п. 1. Законы деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе природных, искусственных и вновь создаваемых;

- п. 3. Задачи теории упругости, теории пластичности, теории вязкоупругости.;

- п. 13. Экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.

По работе могут быть высказаны следующие замечания и пожелания:

1. Исторический обзор (глава 1) развития теории пластичности и ее современное состояние в автореферате ограничен работами до начала XXI века. Создается впечатление, что после 90-х годов XX века развитие данной области знаний полностью остановилось. В библиографическом списке нет ни одной работы иностранных ученых, подавляющая часть работ, на которые ссылается автор, принадлежит руководителям автора диссертации В.И. Гультяеву и В.Г. Зубчанинову, а также его соавторам.
2. При оформлении большого числа формул и рисунков допущены погрешности, например формула (2.11) на странице 20 диссертации, формулы на странице 21, подрисуночные подписи к рис. 2.1 и 2.2 находятся на другой странице и прочее. Список статей в автореферате и библиографический список в диссертации оформлены неаккуратно, разные стили выравнивания на странице (например страница 16 автореферата), часть данных отсутствует (пункт 35 на странице 96 диссертации) и т.д.
3. Автор указывает, что в тексте диссертации есть 3 таблицы, а фактически их нет, если же речь идет о приложении 3, то там нет никакой нумерации, позволяющей это определить. Указанная таблица (или таблицы) объемом в 66 страниц представлена без пояснений, шрифтовые и обычные ошибки в шапке на каждой странице. Нет анализа этих данных и ссылок на приложение №3 в тексте диссертации также нет.
4. Теоретическая значимость работы дана одним приложением (страница 4 автореферата), не указано соответствие паспорту специальности ни в диссертации, ни в автореферате. Положения диссертации, выносимые на защиту, состоят из фразы: «Основные положения научной новизны, результаты и выводы» (страница 5 автореферата, страница 7 диссертации).
5. Для стальных трубчатых образцов при обработке экспериментальных данных автор использует условие пластической несжимаемости материала, что с определенной степенью точности подтверждается результатами испытания при четырех видах базовых испытаний (рис. 4.1 автореферата стр. 10, рис. 4.2 диссертации стр. 58, на рисунках присутствует обозначе-

ние «сжатие»). Однако для сплава В95 подобное условие не оговаривается, а его пластические свойства явно зависят от вида напряженного состояния (рис. 4.5 автореферата на стр. 12, рис. 4.22 диссертации на стр. 80) и, по-видимому, сжимаемость присутствует.

6. Требуется пояснение, какова была скорость деформации при экспериментальных исследованиях в зоне упругопластических деформаций.
7. Непонятно, что конкретно автор имеет в виду под цифровым видом для данных эксперимента (пункт 3 на странице 15 автореферата, 91 страница диссертации).

Указанные замечания не снижают теоретическую и практическую ценность диссертации и не влияют на положительную ее оценку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Саврасова Ивана Александровича «Закономерности упругопластического деформирования стали 45 и сплава В95» является завершенной самостоятельной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладающей научной новизной, теоретической и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития механики деформируемого твердого тела. Диссертация полностью соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Саврасов Иван Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Отзыв рассмотрен и утвержден на расширенном заседании кафедры «Строительство, строительные материалы и конструкции» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

Присутствовало на заседании 15 человек, из них 5 докторов наук. Результаты открытого голосования: за – 15, против – нет, воздержавшихся – нет. Протокол № 1 от 15 сентября 2025 г.

Заведующий кафедрой «Строительство, строительные материалы и конструкции», член Национального комитета РАН по теоретической и прикладной механике, член-корреспондент РААСН, доктор технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела», профессор — Трещев Александр Анатольевич

Профессор кафедры «Строительство, строительные материалы и конструкции», доктор технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика, доцент — Теличко Виктор Григорьевич

Секретарь: доцент кафедры «Строительство, строительные материалы и конструкции», кандидат технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика — Бажутова Виолетта Олеговна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» Минобрнауки России.
Адрес: 300012, Тульская область, г. Тула, пр-т Ленина, д. 92
Телефон: +7 (4872) 734-444, E-mail: info@tsu.tula.ru

Подпись Трещева А.А., Теличко В.Г.
Специалист по кадровой работе Бажутова В.О.
"23" 09