

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИПСМ РАН,

чл.-корр. РАН

Р.Р. Мулюков

«29» ноября 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук о диссертации Щербатюк Галины Анатольевны «Условие максимальных приведенных напряжений в качестве средства расчетов одномерных неустановившихся температурных напряжений в упругопластических цилиндрических телах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

Актуальность исследования, составившего предмет обсуждаемой диссертации, непосредственно связана с необходимостью совершенствования ряда технологических операций производства изделий путем счет интенсивного термомеханического воздействия на материалы. До настоящего времени ряд подобных технологических операций основан на расчетах либо без учета возможных пластических деформаций (посадки с натягом), либо в рамках жесткопластического анализа, то есть, пренебрегая присутствием обратимых деформаций (прокатка, волочение) и, следовательно, упругим откликом. Недопустимость таких предельных допущений особенно показательна для технологий, всецело опирающихся на интенсивный разогрев материала (сварка, горячая посадка и др.), когда производство тепла за счет необратимого деформирования пренебрежимо незначительно по сравнению с теплом, поступающим от внешних источников. В таком случае предоставляется возможность воспользоваться несвязанной теорией температурных напряжений, что и принято в диссертации.

Современные коммерческие пакеты программ, предназначенные для целей прогнозирования результатов технологических операций, основанных на термомеханических воздействиях на материал, декларируют также способность избежать оговоренных упрощающих допущений. Практика использования их зачастую приводит к сомнениям в пригодности результатов расчетов применительно к конкретным технологическим операциям. В любом случае желательными оказываются средства

тестирования расчетов, производимых средствами закрытых прикладных программ. Такие средства могут быть предоставлены, в том числе, и результатами исследований по выбранной диссертационной теме. Особенно это необходимо тогда, когда параметры материала (упругие модули, предел текучести, удельная теплоемкость) из-за значительных изменений температуры при изучаемых процессах уже нельзя полагать постоянными. Следует считать хотя бы основные из них зависимыми от распределения температуры.

Выбор соискателем в качестве условия пластического течения классического кусочно-линейного условия максимальных приведенных напряжений (условий Ишлинского – Ивлева), которое в задачах неустановившихся температурных напряжений ранее не использовалось, несомненно продиктован внутренней логикой развития фундаментальной теории пластичности. Данное обстоятельство позволит указать особенности в расчетах, диктуемые данным выбором, что восполнит наметившийся пробел в построениях теории.

Анализ содержания диссертации. Диссертация содержит введение, пять глав основного текста и заключение. Список используемых литературных источников составляют 170 наименований. Работа изложена на 154 страницах, включая 51 рисунок, помещенных в основной текст.

Во введении, на основе достаточно объемного и полного анализа литературы сформулирована цель и поставлены задачи исследования. Главным образом литературный обзор посвящается задачам термомеханики, призванным моделировать производственные технологии, в которых результат достигается посредством интенсивных тепловых воздействий на материалы (консолидация расплавов в металлургии, сборка сваркой и горячей посадкой, понижение уровня остаточных напряжений при отжиге, отпуске и закалке и др.). Отмечается, что целый ряд ставящихся производством задач может быть решен с получением требуемого результата в рамках теории температурных напряжений в упругопластических телах.

Первая глава диссертации является вводной, где выписываются и обсуждаются основные соотношения математической модели теории температурных напряжений в упругопластических телах. Ссылаясь на значительность интервалов изменения температуры и градиентов температуры, предлагается считать предел текучести существенно (по квадратичному закону) зависимым от температуры. В то же время иные параметры термоупругопластического деформирования (упругие модули, теплоемкость, коэффициент теплопроводности) предлагается считать постоянными. Данное предложение принимается без сколь-нибудь значимого обсуждения. Другое предложение об использовании в качестве условия

пластического течения кусочно-линейного условия максимальных приведенных напряжений (условие Ишлинского – Ивлева) объяснено тем, что связанные с таким условием пластического течения особенности в расчетах неустановившихся температурных напряжений до настоящей диссертационной работы не рассматривались и не обсуждались.

Другой аргумент в пользу использования условия пластичности Ишлинского – Ивлева приведен во второй главе диссертации, где рассмотрены примеры задач теории с пределом текучести, зависимым от температуры, в которых невозможно построить решение в условиях пластического течения Треска – Сен-Венана, а в условиях Ишлинского – Ивлева препятствий для построения решений не существует. Следовательно, результатом второй главы диссертации является метод и решение новых задач теории температурных напряжений.

Для предлагаемой в диссертации методики расчетов температурных напряжений, значения и распределение которых изменяются со временем, основной оказывается третья глава диссертации. В этой главе на примере задачи о нагреве и последующем охлаждении до комнатной температуры длинной толстостенной трубы прослеживается возникновение и исчезновение всех возможных областей пластического течения. Таким способом строится полный алгоритм расчетов с выделением моментов времени и места возникновения (или исчезновения) граничных поверхностей, разделяющий расчетную область на части, устанавливаются закономерности продвижения таких граничных поверхностей.

Четвертая глава диссертации посвящена расчетам температурных напряжений в процессах технологических операций сборки конструкции способом горячей посадки. Рассмотрена посадка длинной муфты на вал и сборка горячей посадкой биметаллической трубы (задача Гадолина). Температурные напряжения рассчитываются в каждый момент времени с начала процесса посадки, включая итоговое распределение остаточных напряжений и сформированный в сборке итоговый натяг.

Пятая глава диссертации показывает, что разработанная методика расчетов без дополнительных усилий может быть перенесена на задачи сборки способом горячей посадки в случае плоских напряженных состояний. Рассмотрен и рассчитан процесс сборки конструкции типа «кольцо в кольце».

Завершая анализ содержания диссертации, можно сделать вывод о том, что проведено достаточно качественное и квалифицированное исследование, позволившее предложить методику расчетов одномерных неустановившихся температурных напряжений в упругопластических телах и сборках без обращения к приближенным сеточным или конечноэлементным методам, то

есть без дискретизации расчетных областей. Достигается это за счет использования в методике расчетов кусочно-линейных условий пластического течения. Установлены особенности в построении алгоритмов расчетов, вносимые использованием условия пластичности максимальных приведенных напряжений.

В качестве замечаний, вопросов и пожеланий укажем следующее:

1. Уже отмечалось, что без должной аргументации принимается, что предел текучести зависит от температуры, то есть не постоянен. Насколько правомерно в таком случае считать постоянными другие термомеханические параметры (коэффициент линейного расширения, упругие модули и др.)? Необходимо сопоставление диапазонов изменения различных параметров с температурой.

2. Основное внимание в диссертации уделяется методике построения расчетов в ущерб механическим следствиям. Так, например, подробно обсуждается момент возникновения пластического течения в соответствии ребру поверхности нагружения и в то же время практически незамеченным оказывается явление возникновения повторного (обратного) пластического течения при остывании и разгрузке тела или сборки. Но последнее является механическим явлением в отличие от первого, являющегося только следствием метода расчетов при выборе того или иного условия пластичности. Следовало бы указать условия возникновения повторных течений и обсудить их.

3. В работе принимается квадратичная зависимость предела текучести материала от температуры. Однако отсутствует обсуждение того, насколько точно квадратичная зависимость описывает экспериментальные данные для рассмотренного материала. Нет аргументации в пользу рассмотрения квадратичной зависимости и отказа от более простой линейной зависимости, использовавшейся ранее.

4. В тексте диссертации присутствуют опечатки. Такие погрешности не изменяют смысла сказанного и не умаляют результатов проделанной работы, но производят негативное впечатление.

Данные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертации.

Общие выводы по диссертации. Представляемая диссертация имеет все основания для оценки ее в качестве научно-квалифицированной работы для предоставления искомой ученой степени. Уровень научных результатов, полученных при подготовке диссертации, не оставляет сомнений в достаточной квалифицированности автора.

Научная новизна результатов диссертационной работы определяется решением ряда новых задач теории температурных напряжений,

относящихся к наиболее трудной части теории, когда такие напряжения изменяются в процессах вслед за нагревом упругопластических тел и сборок из них и последующем их остывании. Впервые указываются особенности расчетов таких неустоявшихся температурных напряжений, связанные с использованием условия пластичности максимальных приведенных напряжений (условий Ишлинского – Ивлева). Разработанные подходы, алгоритмы и программы расчетов обладают необходимой общностью для одномерных задач с цилиндрической симметрией и могут быть рекомендованы в качестве средства расчетов ряда технологических операций. Важно, что полученные решения, практически точные, могут послужить в качестве тестовых для расчетов объектов более сложной геометрии при усложненном характере термомеханического воздействия. Результаты работы могут послужить целям создания методик расчетов в неоднородных случаях.

Теоретическая значимость результатов диссертации безусловна и связана с развитием фундаментальной теории термопластичности, поскольку указывает роль классического условия пластичности Ишлинского – Ивлева в расчетах температурных напряжений.

Практическая значимость полученных в диссертации результатов связана с возможностью прогнозировать итоги технологических операций сборки металлоконструкций способом горячей посадки. Полезными данные результаты и выводы из них окажутся и применительно к другим технологиям, где результат задается интенсивным термомеханическим процессом.

Достоверность результатов диссертации обоснована использованием классических походов механики деформирования, в части, теории температурных напряжений в упругопластических телах. Методика расчетов последовательными шагами по времени опирается на точные зависимости напряжений и деформаций от распределений температуры в каждый рассчитываемый момент времени.

Результаты диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих академических журналах и других зарекомендовавших себя изданиях. Можно отметить недостаточность апробации результатов (соискатель выступал с докладами преимущественно на конференциях, проводимых на Дальнем Востоке). Но этому имеются понятные объяснения. Автореферат диссертации правильно и полно представляет ее основное содержание.

Вышеизложенное позволяет сформировать окончательный вывод по диссертации Щербатюк Г.А.

Диссертация Щербатюк Галины Анатольевны «Условие максимальных приведенных напряжений в качестве средства расчетов одномерных

неустановившихся температурных напряжений в упругопластических цилиндрических телах» удовлетворяет требованиям Постановления Правительства РФ о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа была заслушана на научном семинаре Института проблем сверхпластичности металлов РАН, протокол № 8 от 21 ноября 2018 г.

Назаров Айрат Ахметович,
доктор физико-математических наук,
зам. директора по научной работе
Института проблем сверхпластичности
металлов РАН,
Адрес: ИПСМ РАН, 450001, г. Уфа,
ул. Халтурина 39
E-mail: AANazarov@imsp.ru
тел. 8(347) 223-64-07

Дмитриев Сергей Владимирович,
доктор физико-математических наук,
зав. лабораторией Института проблем
сверхпластичности металлов РАН,
Адрес: ИПСМ РАН, 450001, г. Уфа,
ул. Халтурина 39
E-mail: dmitriev.sergey.v@gmail.com
тел. 8(347) 282-38-10

Подписи Назарова А.А.
и Дмитриева С.В. удостоверяю:

начальник отдела кадров ИПСМ РАН

Т.П. Соседкина