

Отзыв
официального оппонента на диссертационную работу Бормотина
Константина Сергеевича «Итерационные численные методы компьютерного
моделирования оптимальной формовки и клепки тонкостенных панелей»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ»

1. Актуальность темы. В последнее время эффективным решением в промышленности при изготовлении деталей становится применение автоматизированных систем моделирования и проектирования. Необходимость использования численного моделирования связана с внедрением новых технологических процессов, режимов, материалов при изготовлении деталей сложно-конструктивных форм с высокими требованиями к размерной точности и эксплуатационному ресурсу и обеспечением значительного сокращения материальных и временных затрат.

Большое внимание в научных и прикладных исследованиях уделяется анализу и решению обратных задач и задач управления для сложных нелинейных математических моделей в условиях неполной информации о краевых условиях и внешних силах, что также обеспечивает актуальность разработки теоретических и методологических основ численного анализа обратных задач формообразования.

В задачах моделирования клепки панелей и ребер жесткости применяется построенный итерационный метод для определения упреждений ребер, обеспечивающих заданные геометрические параметры обшивок. В результате выполненных исследований можно улучшить качество деталей еще на этапе проектирования.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Основные положения диссертации обосновываются с помощью проведенных доказательств ряда теорем. Для подтверждения теоретических положений и эффективности разработанных алгоритмов автором решен ряд задач, проведено сравнение расчетных, экспериментальных результатов и известных решений, полученных ранее другими авторами.

3. Научная новизна результатов исследований. Научная новизна проведенных исследований в следующем:

Разработаны новые функционалы обобщенных вариационных принципов прямых и обратных экстремальных квазистатических задач формообразования деталей в режиме ползучести и пластичности. Впервые, используя теорию вариационных неравенств, построен итерационный метод, доказывается единственность, устойчивость и сходимость решения обратных задач неупругого деформирования при достаточных условиях единственности решения краевых задач для случаев бесконечно малой деформации и малой деформации, но больших перемещений и поворотов.

Анализируются новые варианты итерационного метода решения обратных задач формообразования с учетом регуляризации.

Впервые дана математическая формулировка обратных задач оптимального формообразования в режиме ползучести с учетом минимизации повреждаемости и ограничений на напряжения и перемещения, с помощью которой решены задачи на минимизацию повреждаемости для одноосного растяжения, чистого изгиба, изгиба пластинки и гибкой мембранны, построены новые численные алгоритмы определения упреждающей кривизны тонкостенных конструкций с минимальной поврежденностью.

Представлен новый способ моделирования заклепочного соединения панели и ребра жесткости, позволяющий учитывать и анализировать влияние маршрута клепки швов на остаточную конфигурацию панели. Разрабатывается новая математическая постановка задачи определения кривизны стрингера при клепочной сборки обшивки крыла, обеспечивающей заданную остаточную конфигурацию панели. На основе данной модели, используя теорию вариационных неравенств, построен итерационный метод решения задачи и даны условия сходимости метода.

Предложены новые вычислительные алгоритмы и программы, реализующие итерационные схемы решения рассмотренных обратных задач в программном комплексе конечно-элементного анализа MSC.Patran, MSC.Marc посредством автоматического введения параметров расчета и вычисления этапов деформирования конструкции в разных режимах.

4. Достоверность результатов диссертации определяется применением апробированных методов вычислительной механики, теории некорректных задач, использованием современных комплексов программ инженерного анализа, а так же путем сравнения полученных численных решений с экспериментальными данными и промышленными испытаниями.

5. Практическая значимость. Разработанные методы дают возможность находить решения прямых и обратных задач формообразования для новых материалов со свойствами разносопротивляемости и анизотропии в ползучести, новых сложных технологических процессах. Численные результаты итерационного метода позволяют определять необходимые параметры клепочной сборки панелей, обеспечивающие заданные допуски детали. Полученные результаты научного исследования имеют большое значение в авиационном машиностроении, в частности, в филиале ОАО "Компания "Сухой" "Комсомольский-на-Амуре авиационный завод имени Ю.А. Гагарина".

6. Структура работы и основные научные результаты разделов.

Рукопись диссертации состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы, приложений. Объем диссертации составляет 282 страницы. Список литературы содержит 154 наименования работ отечественных и зарубежных авторов.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

Первая глава посвящена обзору и анализу формулировок прямых и обратных задач механики деформируемого твердого тела и математической физики, численных методов, постановок задач оптимального управления, моделирования технологических процессов изготовления деталей.

Во второй главе формулируется квазистатическая вариационная постановка прямых и обратных задач формообразования в теории ползучести пластичности, доказывается единственность решения общего класса геометрически и физически нелинейных задач при достаточных условиях единственности краевых задач, рассмотрены решения частных задач определения усилий, обеспечивающих заданную остаточную форму.

В третьей главе обратная задача представляется в виде вариационных неравенств, строится итерационный метод решения геометрически линейных и нелинейных задач, доказывается его сходимость, приводится МКЭ реализация итерационного метода и программная реализации в комплексе программ инженерного анализа, предлагаются варианты методов итерационной регуляризации, даны численные результаты решения частных задач разработанным итерационным методом, согласующиеся с условиями сходимости.

В четвертой главе строится функционал обратной задачи оптимального деформирования в ползучести, находятся рациональные решения ряда задач, предложен алгоритм численного решения обратной задачи рационального формообразования панели.

В пятой главе рассматриваются модели современных высокопрочных сплавов и учет их свойств при решении задач в системе MSC.Marc, приводятся расчеты задачи формообразования пластиинки в режиме ползучести в кинематической и контактной постановке, расчет обратной задачи формообразования крыльевой панели.

В шестой главе рассматривается моделирование клепочной сборки обшивок и предлагается численный метод определения упреждений ребер, обеспечивающий заданные геометрические параметры обшивок.

Заключение содержит краткий обзор основных результатов, полученных в диссертационной работе.

В приложениях представлены разработанные программы и результаты промышленных испытаний по расчетным данным.

7. Замечания по диссертации.

Основное замечание следующее. Вариационные равенства (2.5), (2.6) в общем случае, при наличии ограничений в задаче, не являются верными. Поэтому доказательство единственности решения задач формообразования (Теоремы 2.1 и 2.2) соискатель проводит для задач со штрафом, позволяющим снять ограничения. И в этом случае возникают вариационные неравенства (стр. 57, 58), которые можно записать как равенства. Эти

равенства и являются аналогами равенств (2.5), (2.6). Этот момент достоин быть отмеченным в диссертации.

При переходе к задаче со штрафом всюду в диссертации соответствующее неравенство на самом деле соответствует вариационному равенству.

Глава 1 носит реферативный характер, и ее объем можно было бы уменьшить.

В диссертации совсем не обсуждается вопрос существования решения задач формообразования. Было бы интересным выяснить проблемы и препятствия на пути установления существования решения рассматриваемых задач.

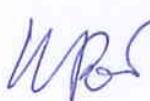
8. Заключение.

Диссертация Бормотина К.С. на соискание ученой степени доктора физико-математических наук является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Основное содержание диссертации опубликовано в авторитетных научных изданиях, автореферат соответствует содержанию диссертации. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18.

Диссертационная работа соответствует критериям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, в том числе и п.9, так как разработаны теоретические положения, касающиеся математических формулировок и численных методов решения обратных задач формообразования, изложены научно обоснованные программные решения, обеспечивающие определение проектных и технологических параметров при изготовлении деталей сложно-конструктивных форм с высокими требованиями к размерной точности и эксплуатационному ресурсу, и внедрение которых вносит значительный вклад в развитие машиностроения страны.

Считаю, что Бормотин К.С. заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор, г.н.с.
Вычислительный центр Дальневосточного
отделения Российской академии наук

 P.V. Намм

Почтовый адрес: 680000, Хабаровск, ул. Ю Чена 65
Телефон: (4212) 22-72-67

E-mail: admvc@ccfebras.ru

Подпись Намма
Ст. инженер АК
28.08.2014г.



Соловьев Т.Ю.