

В диссертационный совет Д 212.125.05
при ФГБОУ ВПО
«Московский авиационный институт
национальный исследовательский университет)»
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Л.И. Мироновой «Исследование и оптимизация высокоградиентных термонапряженных состояний сочлененных оболочечных конструкций в технологических процессах энергетического машиностроения», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела»

Актуальность темы диссертации. Прочностная надежность и ресурс оборудования технологических процессов и инженерных сооружений во многих областях современной техники давно представляют собой предмет исследования многих специалистов. Вместе с тем, технический прогресс сопровождается интенсификацией нагрузок и усложнением технологических приемов, приводящими к высокоградиентным термонапряженным состояниям, требующим дополнительного анализа с точки зрения прочности и долговечности. Эффективность такого анализа должна базироваться на математических моделях с учетом реальных свойств металла и возможных отклонений параметров конструкций и процессов от номинальных значений на стадиях изготовления и монтажа конструкционных объектов, в частности, конструкций энергетического машиностроения. Именно этим проблемам посвящена представленная диссертационная работа Л.И. Мироновой, что позволяет признать тему диссертации актуальной.

Достоверность и новизна основных результатов диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, основных выводов, списка литера-

туры и приложений. По результатам диссертационной работы сделано десять основных выводов.

В первых трех пунктах основных выводов отмечены разработанные модели оценки высокоградиентных термонапряженных состояний конструкций и их предельных состояний. Для конструкций оболочечного типа в условиях термосиловых воздействий разработана модель, позволяющая вариационными методами определять экстремали температур, при которых возможны переходные процессы из упругих состояний в упругопластические, причем возможно решать связанные и несвязанные задачи термоупругости. Большое значение имеют разработанные модели тестовых примеров для исследования высокоградиентных термонапряженных состояний натуральных конструкций на основе аналоговых, графоаналитических и имитационных методов моделирования с применением современных коммерческих пакетов прикладных программ.

Проведен анализ термонапряженного состояния двух пересекающихся цилиндрических оболочек вращения при локальном тепловом нагружении. Кроме того, исследовано предельное пластическое сопротивление внутреннего слоя многослойной цилиндрической конструкции, что использовано в качестве критерия в переходных процессах из упругого в упругопластическое состояние.

Четвертый пункт выводов отражает проведенное исследование упругопластического состояния цилиндра при локальном нагреве (сварке) движущимся источником теплоты. При этом определены параметры, определяющие границу пластической зоны, что позволило оптимизировать возникающие локальные термонапряженные состояния.

В пятом и шестом пунктах выводов констатировано, что проведенный анализ термонапряженного состояния сварного сосуда высокого давления позволил установить формулу для прогибов при сварке продольных и кольцевых швов в сварных соединениях оболочечных конструкций. Установлены соотношения между мощностью дуги при сварке и температурными усилия-

ми, что позволило выявить зависимость между параметрами сварки (скорость сварки, сила тока, падение напряжения на дуге) и максимальными температурными напряжениями.

Разработаны методы оптимизации термонапряженного состояния конструкций энергетического машиностроения на основе соотношений между параметрами технологического процесса сварки и возникающими максимальными температурными напряжениями с учетом неперевышения предела текучести материала. В случае многослойных оболочечных конструкций получено новое решение упругопластической задачи с учетом технологических особенностей и определено предельное пластическое сопротивление внутреннего слоя.

Седьмой и восьмой пункты выводов отражают проведенные исследования термонапряженного состояния сочлененных оболочек вследствие локальных тепловых нагрузок в связи с конструкционным исполнением сочленений. Установлены оптимальные расположения сопрягаемых элементов оболочек, повышающие термоупругий ресурс конструкции. Разработаны методы оптимизации технологических процессов, сопровождающихся высокоградиентными термонапряженными состояниями сочлененных оболочечных конструкций, при ограничении температурных напряжений пределом текучести материала. Это позволило снизить деформативность и нестабильность размеров сварных конструкций не менее чем на 8÷10%.

Девятый и десятый выводы констатируют разработку критериев качества и алгоритмы оптимизации совместно с решением обратной задачи термоупругости, и определение термонапряженного состояния с минимальным уровнем температурных напряжений. Дано построение весовых функций для оценки термонапряженного состояния на основе сопряженности уравнений механики неоднородной изотропной среды. Эти подходы интегрированы в обобщенную модель предельного состояния конструкции. Причем, один из них реализован на аппарате теории экстремальных задач, а другой построен на спектральном представлении оценочной функции с помощью преобразо-

вания Лапласа. Проведен эксперимент по определению остаточных напряжений в сварном соединении натурной конструкции, удовлетворительно совпадающий с расчетом. Выработаны рекомендации для снижения и регулирования температурных напряжений на основе оптимального проектирования сопряжений и технологических процессов. Результаты исследования показали эффективность теории экстремальных задач в решении прикладных проблем механики деформируемого твердого тела.

В целом в диссертационной работе решен класс практически важных задач термоупругости, позволяющих повысить прочностную надежность технологической оснастки и оболочечных конструкций энергетической промышленности.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций данной работы не вызывает сомнений, так как они базируются на фундаментальных представлениях механики сплошной среды, механики материалов и апробированных экспериментальных методик.

Каждая глава заканчивается заключением с соответствующими выводами по данной главе.

Сделанные по диссертационной работе общие выводы сомнений не вызывают.

Ценность для науки и практики. Научная новизна диссертации заключается в создании научно-методической базы для оценки и регулирования высокоградиентных температурных напряжений в элементах технологической оснастки и оболочечных конструкций энергетического машиностроения.

Практическую ценность составляет разработанная расчетно-экспериментальная методика определения температурных напряжений в конструкциях сложной геометрии с физико-механическими неоднородностями вследствие неоднородности температурного поля. Практическая ценность подтверждается актами о внедрении, приведенными в Приложении.

Оценка содержания диссертации. Текст диссертации написан достаточно подробно, четко, хорошим стилем. По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания.

1. При формулировках предельных состояний конструкции и материала не отражено появление совместного наличия разных видов деформации - упругой, пластической и разрушения - с ростом нагрузки (стр. 40, рис. 1.6).
2. Стр. 43. Более правильным был бы термин «функционал», вместо «интеграл» при обращении к разделу математики вариационное исчисление. Неудачно употребление термина внутренние напряжения без указания, о каких именно напряжениях идет речь, поскольку любые виды напряжений в теле внутренние (стр. 97).
3. Имеется рассогласованность обозначений – на стр. 67, 73, 113 толщина оболочки принята равной $2h$, а на стр. 68, 76, 84 просто h . Имеется опечатка в формуле 2.7. Желательно также дать диапазон значений коэффициента A в формуле 5.47, характеризующий особенности сварочного процесса.

Сделанные замечания не отражаются, однако, на общем положительном заключении по работе.

Содержание работы доложено на конференциях и семинарах и опубликовано в периодических изданиях, двадцать семь из которых содержатся в списке ведущих журналов ВАК Министерства образования и науки РФ, а также одна монография.

Автореферат правильно и полно отражает основное содержание диссертации.

Заключение. Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, имеющую важное народнохозяйственное значение, посвященную комплексному решению проблемы определения температурных напряжений в конструкционной оснастке технологических процессов и оболочечного оборудования энергетического машиностроения на основе

математических методов термоупругости, теории экстремальных задач и вариационных принципов механики деформируемого твердого тела.

На основании изложенного считаю, что представленная диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Л.И. Миронова, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.04, за разработку расчетно-экспериментальных методов определения температурных напряжений с учетом всего жизненного цикла конструкции «проектирование – изготовление – эксплуатация».

Профессор кафедры физики прочности
Национального исследовательского ядерного университета МИФИ,
доктор технических наук,
Заслуженный деятель науки РФ



Handwritten signature in blue ink, likely belonging to E.M. Morozov.

Е.М. Морозов
26.09.2014₂

Подпись Е.М. Морозова заверяю

Handwritten signature in blue ink, likely belonging to the certifier.

115409, Россия, Москва, Каширское шоссе, 31

тел. 8(499)-324-87-66