

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Павлушина Алексея Владимировича**  
«Оптимальное проектирование и управление технологическим процессом нагрева под индукционную закалку изделий сложной геометрической формы», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Представленная работа Павлушина А.В. посвящена разработке конструктивных методов совместного решения задач оптимального проектирования и управления технологическим процессом нагрева под закалку ответственных изделий сложной формы, который рассматривается как объект с распределенными параметрами. Автор диссертации получил ряд значимых результатов, в полной мере соответствующих критериям научной новизны.

Ознакомление с результатами работы, представленными в автореферате, позволяет сделать следующие **основные выводы**:

1. Для анализа и оптимизации взаимосвязанных электромагнитных и температурных полей, полей термических напряжений и упругопластических деформаций используются нелинейные двумерные модели индукционного нагрева и спрейерного охлаждения в процессе поверхностной индукционной закалки стальных деталей с угловыми зонами, разработанные в ANSYS Mechanical APDL.

2. Разработанные методики совместной оптимизации конструкции индуктора и режимов его работы позволяют находить значения параметров, при которых формируется наиболее равномерное распределение температурного поля в поверхностном слое заготовки сложной формы на этапе нагрева с учетом технологических ограничений на предельно допустимые температуры и термические напряжения.

3. На основе предложенных методик разработаны численные процедуры оптимизации, программная реализация которых осуществляется в «связке» пакетов MATLAB и ANSYS.

4. Разработанные методики, примененные для решения поставленных в диссертационном исследовании задач, позволили улучшить равномерность распределения температур и значительно сократить максимальное отклонение температуры от заданного значения вдоль границы слоя, подлежащего упрочнению, с  $\pm 200^{\circ}\text{C}$  до  $\pm 40,6^{\circ}\text{C}$ , при этом избегая перегрева поверхностных слоев в диапазоне температур, при которых возникает аустенитная микроструктура.

5. Практическая значимость и полезность выполненных работ подтверждается успешным выполнением НИР по грантам РФФИ, РФФИ и др.

6. Результаты работы достаточно полно опубликованы в рекомендованных ВАК Минобрнауки публикации результатов кандидатских диссертаций журналах.

### **Замечания по содержанию автореферата:**

1. Остается открытым вопрос о возможности применения разработанной общей методики и численных оптимизационных процедур для решения многокритериальной задачи оптимального проектирования и управления.
2. Из автореферата неясно, каким образом был проведен выбор характерных точек для анализа температуры по линии границы закаливаемого слоя?

Приведенные замечания не являются критическими и не снижают высокую в целом оценку работы. Диссертация А.В. Павлушина вносит вклад в решение актуальной проблемы разработки конструктивных методов совместного оптимального проектирования и управления объектами с распределенными параметрами. Полученные решения имеют высокую практическую значимость и достаточно апробированы.

На основании анализа автореферата можно сделать вывод, что по уровню постановки задачи, методам их решения, полученным результатам и защищаемым положениям диссертация А.В. Павлушина полностью соответствует требованиям к кандидатским диссертациям Положения о присуждении ученых степеней, а её соискатель Павлушин А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Профессор НОЦ И.Н. Бутакова  
Инженерной школы энергетики  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Кузнецов Гений Владимирович

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д.30,  
ФГАОУ ВО НИ ТПУ, тел.:8(3822) 60-63-33,  
[tpu@tpu.ru](mailto:tpu@tpu.ru); <http://www.tpu.ru/>  
E-mail: [marisha@tpu.ru](mailto:marisha@tpu.ru)  
Тел.: 8(3822) 60-62-48

Я Кузнецов Гений Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Павлушина Алексея Владимирович, и их дальнейшую обработку.

Подпись Г.В. Кузнецова удостоверяю:

Ученый секретарь Национального  
Исследовательского Томского  
Политехнического университета

Кулинич Екатерина Александровна

23.11.2023

