

## Отзыв

на автореферат диссертации, представленной  
на соискание ученой степени кандидата технических наук,

Павлушина Алексея Владимировича

«Оптимальное проектирование и управление технологическим процессом  
нагрева под индукционную закалку изделий  
сложной геометрической формы»

### Актуальность.

Индукционная закалка изделий является одной из ключевых задач в машиностроительном производстве. С использованием индукционной закалики производятся изделия, к которым предъявляются высокие требования по твердости поверхностного слоя деталей в сочетании с необходимой упругостью на основе изменения микроструктуры металла. Несмотря на значительное количество работ, посвященных данной тематике остается ряд нерешенных задач, от которых зависит качество производимых изделий.

Одной из таких сложных задач является обеспечение однородной микроструктуры поверхностного слоя деталей. Сложность решения данной задачи особенно проявляется для изделий сложной геометрической формы со сложными зонами, для которых проблематично получить однородную микроструктуру. Данная задача особенно актуальна для ответственных деталей вследствие большой вероятности возникновения микротрещин, что во многих случаях является недопустимым. С учетом сказанного тема представленной работы является безусловно актуальной.

В целом рассматриваемая работа достаточно четко и логично структурирована: сформулированы цель и задачи работы, раскрыта методика исследования.

Научная новизна работы является несомненной и состоит из четырех базовых результатов: (1) предложенной методики совместной оптимизации проектных решений и алгоритмов управления индукционной установкой; (2) решения задачи совместной параметрической оптимизации и алгоритмов управления индукционной установкой; (3) численного решения нелинейных задач управления при фазовых ограничениях на максимально допустимые температуры и термонапряжения; (4) решения задач совместной оптимизации проектирования и управления индуктором, которые

реализованы в МАТЛАБ с интеграцией расчетов температурных полей и термических напряжений в программном комплексе ANSYS Mechanical APDL.

Выводы, приведенные в автореферате, являются обоснованными.

#### **Замечание к работе.**

1. В работе поставлена задача обеспечения равномерной закалки изделия со сложными геометрическими формами. Сложные формы изделий, наличие пространственных углов, приводят к высокой степени неравномерности нагрева с пиковыми характеристиками термических напряжений, что приводит к постановке задачи оптимизации при несовместных ограничениях. Из текста автореферата недостаточно ясно представлена методика преодоления несовместных ограничений в решении подобных задач оптимального проектирования.

#### **Выводы.**

В целом представленная работа содержит новые решения актуальной проблемы поверхностной индукционной закалки изделий сложной формы в скоростном режиме нагрева в заданных технических условиях.

Решение данной задачи имеет большое практическое значения и позволяет на основе совместного решения задачи проектирования и управления индукционным нагревом повысить эффективность выполнения поверхностной индукционной закалки в производственных условиях. Рассмотренная работа решена в рамках проектов РФФИ и РФФИ, что подчеркивает научную значимость данной работы. Работа внедрена в рамках НИР, проведены исследования совместно с зарубежными научными центрами (институтом Электротехнологий Университета им. Лейбница (г. Ганновер, Германия)).

Считаю, что диссертация Павлушина А.В. соответствует специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (пункты 4, 5, 12 паспорта специальности).

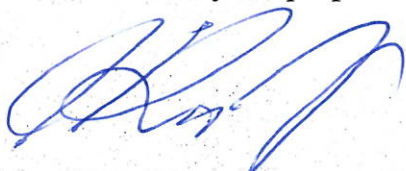
Приведенное замечание не является существенными для оценки работы в целом.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней.

С учетом сказанного считаю, что результаты диссертационной работы соискателя Павлушина А.В. «Оптимальное проектирование и управление технологическим процессом нагрева под индукционную закалку изделий сложной геометрической формы» удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата

технических наук, а соискатель Павлушин А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Профессор кафедры «Автоматика и управление»  
Южно-Уральского государственного университета (НИУ)  
доктор технических наук, профессор



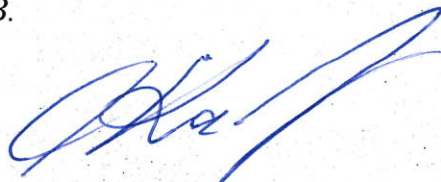
Казаринов Лев Сергеевич

Дата 23.11.2023

454080, Россия, Челябинск, проспект Ленина, 76, кафедра автоматике и управления, 8(351) 267-90-11, 8 908 081 00 22, [kazarinovls@susu.ru](mailto:kazarinovls@susu.ru),

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации

Павлушина А.В.



Казаринов Л.С.



ВЕРНО  
Начальник службы  
Метлопроизводства ЮУГУ  
Л.С. Казаринов

