

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертационную работу Артур Марии Хамильевны
**«Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов
температурных режимов индукционного нагрева»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (технические системы)

Актуальность

В настоящее время для нагрева металлических заготовок перед прокаткой, прессованием, штамповкой и другими операциями пластической деформации все более широкое применение получает индукционный нагрев, который по основным технико-экономическим показателям превосходит традиционные процессы нагрева посредством сжигания газа или жидкого топлива. Дальнейшие перспективы промышленного применения индукционных нагревательных установок связаны с повышением их энергоэффективности и ужесточением требований к точности достижения требуемого температурного распределения нагреваемых полуфабрикатов.

Диссертация посвящена построению замкнутых систем автоматического управления, процессом индукционного нагрева металлических заготовок, обеспечивающих минимальное отклонение температурного распределения нагреваемой заготовки от требуемого при минимальном расходе энергии. Решение данной задачи осложняется тем, что процесс индукционного нагрева принадлежит к классу объектов с распределенными параметрами (ОРП). Методы синтеза систем управления такими объектами в настоящее время недостаточно развиты, и в большинстве своем требуют разработки сложных вычислительных процедур. Решение задачи синтеза систем управления ОРП еще более усложняется в связи с тем, что в реальных производственных условиях невозможно получить полную информации о состоянии управляемого объекта.

Таким образом, можно заключить, что представленная диссертационная работа, в которой решается задача построения замкнутой системы оптимального управления процессом индукционного нагрева, рассматриваемым как объект с распределенными параметрами, в условиях неполного измерения состояния, является актуальной.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Среди основных научных результатов, полученных автором, следует отметить:

- 1) разработанную на основе метода динамического программирования методику решения задачи аналитического конструирования регулятора температурного режима индукционного

нагрева, оптимального по критерию, представляющему собой линейную свертку интегральной квадратичной ошибки регулирования и расхода энергии на процесс управления, в условиях неполной информации о пространственно-временном распределении температуры по объему нагреваемой заготовки;

2) полученный на основе данной методики алгоритм оптимального управления температурным режимом процесса индукционного нагрева в замкнутой системе с обратной связью по температуре, измеряемой в одной зафиксированной на протяжении процесса нагрева точке заготовки;

3) разработанные автором нелинейные численные модели взаимосвязанных электромагнитных и температурных полей в процессе индукционного нагрева стальных цилиндрических заготовок, интегрированные в замкнутую систему оптимального управления температурным распределением нагреваемых заготовок.

Таким образом, представленная диссертационная работа содержит значительное число результатов, отличающихся научной новизной.

Степень достоверности и обоснованности научных результатов, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность результатов, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации, подтверждается использованием фундаментальных положений теории электродинамики и теплопроводности, корректным применением математического аппарата и методов теории оптимального управления системами с распределенными параметрами. Допущения, сделанные автором в работе, являются общепринятыми.

Справедливость выводов об адекватности численных моделей обосновывается результатами верификации по экспериментальным данным.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в том, что в ней:

- 1) предложена и обоснована методика синтеза замкнутых систем управления процессом индукционного нагрева, оптимального по критерию, представляющему собой сумму интегральной квадратичной ошибки регулирования и расхода энергии на процесс управления;
- 2) исследован алгоритм оптимального управления температурным режимом индукционного нагрева в замкнутой системе оптимального управления при неполном измерении состояния объекта.

Практическая значимость работы определяется тем, что применение полученных в диссертационном исследовании результатов при эксплуатации индукторов для нагрева металлических заготовок цилиндрической формы перед последующей обработкой давлением обеспечит повышение точности достижения и стабилизации температурных кондиций нагреваемых заготовок и снижение энергозатрат на технологический процесс нагрева.

Научная и практическая полезность диссертационной работы подтверждается использованием ее материалов при выполнении в ФГБОУ ВО «СамГТУ» научно-исследовательских работ, среди которых:

- НИР в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», 2009-2011 г. (ГК № П1448 от 09.03.2009 г.);
 - НИР по проектам № 13-08-00926 и № 16-08-0094 Российского Фонда Фундаментальных Исследований;
 - НИР по проектам № 7.668.2011, №10.3260.2017/4.6 в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ,
- а также в расчетно-проектной практике в ООО «Камет» и ПАО «Салют» и в учебном процессе в ФГБОУ ВО «СамГТУ».

Оценка содержания и оформления диссертации

Диссертация написана в форме, позволяющей получить полное и достаточно подробное представление о содержании и результатах исследований, проведенных автором. Последовательность изложения материалов, представленных в диссертации, логически обоснована, взаимосвязана и направлена на решение поставленных автором научно-технических задач. Оформление работы соответствует установленным требованиям. При использовании результатов других авторов в диссертации даются необходимые ссылки. Полученные в диссертационной работе результаты соответствуют поставленным целям.

Тема и содержание диссертации соответствуют заявленной научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы). Основные положения диссертации обладают научной новизной и практической ценностью.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе имеется ссылка на использование гибридных методов моделирования процессов индукционного нагрева. Известно, что при использовании конечно-разностных методов, существует проблема устойчивости вычислительных схем. Каким образом указанная проблема учитывалась при моделировании рассматриваемых объектов?

2. Взаимосвязь весовой функции и нормированного весового коэффициента следовало бы прописать более детально (на примере).

3. На стр. 59, при интегрировании по параметру ξ следовало бы и пределы интегрирования обозначить ξ_R и ξ_0

Оценка диссертации в целом

Диссертация Артур М.Х. «Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов температурных режимов индукционного нагрева» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение задачи, имеющей существенное значение в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами.

Автореферат кандидатской диссертации Артур М.Х. полностью соответствует основному содержанию диссертационной работы.

Автором лично и в соавторстве опубликовано 11 научных работ по теме диссертации, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации, и 1 статья в издании, индексируемом в SCOPUS. Основные положения диссертационной работы в этих публикациях отражены в достаточной мере.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, считаю, что представленная диссертационная работа соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор – Артур Мария Хамильевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы).

Заведующий кафедрой систем управления
и информационных технологий

Иван Митрофанович Першин

Место работы, должность: Институт сервиса, туризма и дизайна (филиала) ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», заведующий кафедрой систем управления и информационных технологий.

Почтовый адрес: 357500, г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, 56.

Тел.: +7 (961) 469-41-88.

E-mail: ivmpr@yandex.ru

Подпись Першина И.М. заверяю
заместитель директора по научной работе
и инновационной деятельности
Вартумян Арушан Арушанович

