

Утверждаю

Ректор ФГБОУ ВО «Липецкий
государственный технический университет»

Погодаев А.К.

04 _____ 2018г.



ОТЗЫВ

ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Фомина Андрея Вячеславовича «Адаптивное управление печами отжига металла на основе нейросетевой настройки параметров линейных регуляторов» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

Диссертация А.В. Фомина посвящена решению задачи повышения качества управления температурным режимом в печи отжига за счет разработки и применения адаптивной интеллектуальной системы управления. В настоящее время для технологических процессов рассматриваемого в диссертационной работе класса в большинстве случаев используется ПИ или ПИД алгоритм управления. Качество управления температурным режимом зависит от качества настройки регуляторов. Однако, в рамках производства регулятор обычно настраивается единожды на этапе пусконаладочных работ, сохраняя заданные параметры настройке в процессе дальнейшей работы. Функционирование на одной статичной настройке при значительном изменении технологических режимов работы печи отжига как объекта управления (изменение массы заготовки металла, многообразие режимов термообработки и т.д.) приводит к снижению качества регулирования. Повышение качества управления может быть достигнуто за счет разработки и внедрения в АСУ ТП адаптивной системы управления на основе

применения нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора. Предложенное в диссертации решение позволит повысить качество управления температурным режимом во время переходных процессов, стабилизировать температуры на уставке за счет реализованного режима компенсации влияния возмущающих воздействий. Представленная диссертационная работа направления на исследования и решение данных задач, чем и определяется важность и актуальность темы.

Диссертационная работ Фомина А.В. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 168 наименований, 2 приложений, содержит 67 рисунков и 13 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, оценена степень её разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава посвящена анализу теплотехнологических особенностей нагревательных печей металлургических производств с целью выявления объекта управления, задача адаптации для которого стоит наиболее остро. В результате выбрана печь отжига, как объект управления, параметры которого изменяются в широком диапазоне по теплотехнологическим причинам. Произведен анализ применимости различных методов для решения задачи адаптации для печей отжига, проанализированы адаптивные и оптимальные методы управления, классические и интеллектуальные методы настройки регуляторов. Показана высокая сложность или невозможность применения адаптивных и оптимальных методов, вызванных необходимостью использования математической модели объекта управления, задача идентификации которой в рамках реального производства является сложной и нетривиальной задачей. Анализ интеллектуальных методов выявил неспособность решить поставленную задачу применением только одного из этих методов. Поставлена задача синтеза системы адаптивного управления, использующая аппарат нейронных сетей и экспертных систем.

Вторая глава посвящена разработке адаптивной системы управления для печи отжига металла, основанной на применении нейросетевого настройщика. Разработанная система состоит из двух частей – базы правил,

определяющей момент и коэффициент ПИ регулятора, настройка которого необходима, и нейронной сети (с двумя наборами параметров для процессов нагрева и охлаждения), выходом которой являются значения параметров регулятора. Автором выполнен синтез нейронной сети, выбраны методы её обучения, произведено описание базы правил и условий в ней, регламентирующих настройку регулятора. В главе произведено сравнительное моделирование, демонстрирующее работоспособность предложенной системы адаптации при изменении параметров объекта управления.

В третьей главе решается задача стабилизации температурного режима за счёт создания подсистемы компенсации влияния действующих на печь отжига возмущающих воздействий. В главе произведено исследование влияния различных параметров регулятора на качество компенсации влияния возмущающих воздействий различных видов (разной теплотехнологической природы и, соответственно, места приложения на структурной схеме). Проведенное исследование позволило усовершенствовать базу правил условиями, регламентирующими настройку параметров регулятора для компенсации влияния возмущений. Произведено моделирование с целью апробации разработанной подсистемы.

Четвертая глава посвящена программно-технической реализации разработанной системы на базе программируемых логических контроллеров SimaticSiemenss7 300/400. Произведено описание разработанной системы, разработана SCADA-система. В рамках главы произведен натурный сравнительный эксперимент на лабораторной электрической муфельной печи. Результат эксперимента демонстрирует работоспособность программной реализации и подтверждает результаты моделирования, полученные в главах 2 и 3.

В заключении работы обобщаются основные результаты, полученные лично автором в ходе решения важной научно-технической задачи, которой посвящена диссертация.

Представленные материалы (диссертация, автореферат, презентация) позволяют достаточно полно оценить объем и сложность проведенного исследования.

Предложены и обоснованы новые научные результаты, имеющие научное и прикладное значение для развития адаптивных интеллектуальных систем управления, повышающие качество управления, а именно:

1) предложен метод автоматической адаптации для системы управления печами отжига, отличающийся применением нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора;

2) разработана база правил, обеспечивающая настройку параметров ПИ-регулятора при ступенчатой смене температурных уставок с учетом особенностей режимов нагрева и остывания, формально описывающая действия инженера-наладчика АСУ ТП;

3) предложен способ компенсации влияния возмущающих воздействий на печь отжига, основанный на коррекции параметров нейронной сети в соответствии с динамикой возмущений;

4) разработан алгоритм, реализующий функцию динамической коррекции параметров нейронной сети настройщика, обеспечивающий адаптацию коэффициентов ПИ-регулятора;

5) предложен программно-технический комплекс, реализующий систему адаптивного управления печью отжига на основе семейства программируемых логических контроллеров Simatic S7 300/400.

Практическая значимость основных научно-технических решений работы определяется следующими результатами:

1) разработанная система реализована на базе программируемых логических контроллеров (5 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ) и может быть интегрирована в действующие АСУ ТП печей отжига и печей подобного класса;

2) получен акт об использовании разработанной адаптивной системы на печах отжига металла АО «ОЭМК»;

3) методические разработки, выполненные на основании исследований, приведенных в диссертационной работе, внедрены в учебный процесс на кафедре «Автоматизированные и информационные системы управления» Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова (филиала) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» в дисциплинах «Системы

интеллектуального управления» и «Адаптивные и оптимальные системы управления»

Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертационной работы Фомина А.В. базируется на корректной постановке цели и задач исследования, использовании научно обоснованных методов математического моделирования, современной теории автоматического управления, интеллектуальных методов управления. Обоснованность приведенных результатов подтверждена имитационным моделированием на ЭВМ (пакет MatlabSimulink), натурным лабораторным экспериментом, актом об использовании на АО «ОЭМК», а также обеспечиваются близостью расчетных данных и результатов натурального эксперимента.

Диссертация хорошо структурирована, написана грамотно и понятно. В конце каждой главы приводятся содержательные обобщающие выводы, что облегчает понимание материала.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

По содержанию и оформлению диссертационной работы Фомина А.В. можно сделать следующие замечания:

1) в качестве недостатка оптимальных методов управления выделяется необходимость адекватной математической модели. Но математическая модель может быть получена на основе большого объема ретроспективной информации о функционировании объекта, фиксируемого многочисленными датчиками. Подобную модель строит и автор;

2) в работе отсутствуют результаты сравнения предложенной системы управления с адаптируемыми параметрами ПИ-регулятора с рассмотренными в первой главе подходами к управлению;

3) даны достаточно подробные рекомендации по выбору структуры сети, однако, нет пояснений, почему используется только один скрытый слой;

4) при первичной инициализации сети используется экстремальный метод обучения, но отсутствуют рекомендации по формированию вектора входных значений P , в том и числе, нет описания его формирования при проведении экспериментальных исследований;

5) в работе содержится ряд грамматических ошибок.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Предложенная в диссертационной работе адаптивная система управления может быть рекомендована для использования на предприятиях, имеющих в составе различные нагревательные печи (печи нагрева ПАО «НЛМК», АО «ММК», обжиговые машины АО «ЛГОК», цементные вращательные печи), в научно-исследовательских и проектных организациях, занимающихся автоматизацией нагревательных печей, а также в учебном процессе ВУЗов, где проводится подготовка специалистов в области управления технологическими процессами.

По теме диссертационной работы опубликовано 26 научных работ, из которых 7 – в периодических изданиях, рекомендованных ВАК, 5 – в материалах публикаций, индексируемых в SCOPUS, 14 – в иных научных сборниках, получено 5 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1 патент на изобретение.

Соответствие полученных соискателем научных и практических результатов **паспорту специальности 05.13.06- «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)»:**

-(П.15) разработана адаптивная система управления печью отжига металла за счет применения нейросетевого настройщика параметров ПИ-регуляторов, объединяющая в себе аппарат экспертных систем и нейронных сетей;

-(П.10)выполнена программно-техническая реализация разработанной адаптивной системы на базе программируемых логических контроллеров Simatic Siemens S7 300/400

Поставленная цель диссертационного исследования достигнута, соответствующие задачи решены на достаточно высоком научном уровне.

На основании анализа содержания диссертации, автореферата, опубликованных автором работ можно сделать следующий **вывод:** диссертационная работа Фомина А.В. на тему «Адаптивное управление печами отжига металла на основе нейросетевой настройки параметров линейных регуляторов» является законченной научно-квалификационной

работой и соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842), предъявляемым Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Автор работы Фомин А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06- «Автоматизация и управления технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Отзыв ведущей организации обсуждены и одобрены на заседании кафедры прикладной математики ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет (протокол № 9 от 27 апреля 2018г)

Заведующий кафедрой прикладной математики
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный
технический университет»

к.т.н., доцент

398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д.30.

+7 (4742) 328-050

E-mail: avgalkin82@mail.ru

Галкин Александр
Васильевич

