

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.111.04,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»,
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 05.02.2021 г. № 1

О присуждении Енину Сергею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование системы управления электроприводами мостового крана для демпфирования колебаний подвешенного груза» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы принята к защите 20 ноября 2020 г., протокол № 3 диссертационным советом Д 212.111.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Енин Сергей Сергеевич, 1991 года рождения, в 2014 г. окончил ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». В 2018 г. соискатель окончил ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» по программе подготовки кадров высшей квалификации (очная аспирантура) по направлению «Электротехнические комплексы и системы».

Работает старшим преподавателем кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре автоматизированного электропривода и мехатроники ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук Омельченко Евгений Яковлевич, ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», кафедра автоматизированного электропривода и мехатроники, профессор.

Официальные оппоненты:

1. Пятибратов Георгий Яковлевич – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) имени М.И. Платова», кафедра электроснабжения и электропривода, профессор;

2. Ишматов Закир Шарифович – кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, в своем положительном отзыве, подписанном Григорьевым Максимом Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Автоматизированный электропривод», указала, что диссертация Енина Сергея Сергеевича «Совершенствование системы управления электроприводами мостового крана для демпфирования колебаний подвешенного груза» соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациями в соответствии с п.п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842, представляет собой решение актуальной задачи на повышение производительности мостового крана за счёт демпфирования колебаний подвешенного груза путём усовершенствования системы управления электроприводов мостового крана, а её автор, Енин Сергей Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 13 работ (10 статей, 3 свидетельства о государственной реги-

страции программы для ЭВМ РФ, общим объемом 5,75 п.л.) из них 3 работы в рецензируемых научных изданиях, 3 публикации, индексированные в международной базе цитирования Scopus и Web of Science, Сведения об опубликованных работах достоверны. Авторский вклад соискателя общим объемом 2,5 п.л. заключается в выборе методов исследования объекта управления, обосновании структуры усовершенствованной системы управления электроприводами механизмов мостового крана.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Омельченко, Е.Я. Характеристики крановых электроприводов с несимметричными сопротивлениями в цепи ротора / Е.Я. Омельченко, Р.Р. Сулейманов, С.С. Енин, А.А. Полетаевкин // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. — 2014. — №4. — С. 19-23.

2. Енин, С.С. Описание движения механизмов мостового крана уравнениями Лагранжа II рода / С.С. Енин, Е.Я. Омельченко, А.В. Белый, Н.В. Фомин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. — 2017. — Т.15. — №3. — С. 68–73.

3. Enin, S.S. Crane Anti-Sway Control System with Sway Angle Feedback / S.S. Enin; E.Y. Omelchenko; A.V. Belyi // 2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). — Moscow, Russia. — 2018. — P. 1-5. doi: 10.1109/ICIEAM.2018.8728750

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов, все положительные:

1. Отзыв ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого», г. Санкт Петербург (д-р техн. наук, проф. **Волков А.Н.**): 1) Нет описания компьютерной модели системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель»; 2) На рис. 9 автореферата угол отклонения груза по окончании эксперимента не равен нулю. Почему не получилось сделать процесс демпфирования колебаний груза апериодическим с нулевым установившемся значением? Как можно увеличить логарифмический декремент затухания колебаний подвешенного груза?

2. Отзыв НИТУ «МИСиС», г. Москва (д-р. техн. наук, доц. **Шевырев Ю.В.**): На рис. 4 автореферата представлена структурная схема усовершенствованной СУЭП электроприводом для демпфирования раскачивания груза. В автореферате не отражена реализация системы управления по каналу возмущения.

3. Отзыв ООО «Промэнерго Автоматика», г. Москва (канд. техн. наук, менеджер по сервису **Моисеев В.О.**): 1) В тексте автореферата не приведено анализа помехозащищенности радиоканала передачи данных от датчика до электропривода тележки. Не описана реакция СУЭП на потерю сигнала от датчика отклонения груза; 2) На рис. 9 автореферата приведены переходные процессы угла отклонения груза для усовершенствованной СУЭП, при этом максимальное значение угла отклонения груза составляет не более 3 градусов, в то время как при существующей СУЭП угол отклонения не превышает 2,3 градуса. С чем связано увеличение угла отклонения груза в усовершенствованной СУЭП? 3) Указано, что расчётное время переходного процесса затухания угла отклонения груза, при усовершенствованной СУЭП, с момента остановки механизма составляет 15 с. Есть ли возможность сократить это время до нескольких секунд? Какие при этом будут ограничения для массы подвешенного груза и длины троса?

4. Отзыв АО «Силовые машины», г. Санкт-Петербург (канд. техн. наук, гл. специалист отдела электропривода и комплектных устройств **Серов Н.А.**): 1) Нет цифр по повышению производительности крана после внедрения системы демпфирования; 2) Нет времени работы автономного датчика угла отклонения от аккумуляторной батареи.

5. Отзыв ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск (д-р. техн. наук, доц. **Тутаев Г.М.**): 1) На рис. 4 автореферата соискатель представил структурную схему СУЭП для демпфирования раскачивания груза. На какой оптимум настраивались регуляторы контуров регулирования координат? Как изменение коэффициентов регулирования будет влиять на динамические характеристики системы управления? 2) На стр. 13 автореферата соискатель предлагает вычислять производную угла отклонения. Было бы интересно оценить влияние данного подхода на затраты вычислительных ресурсов микроконтроллера.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их научных работ, опубликованных в ведущих научных изданиях, в области совершенствования систем управления электроприводами электромеханических систем, в т.ч. металлургических.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны: математическая модель мостового крана, позволяющая исследовать формирование дополнительных нагрузок на механизмы и электроприводы передвижения тележки и крана от действия груза в функции изменения длины подвеса механизма подъема; метод расчета коэффициента обратной связи системы управления электроприводами в функции угла отклонения груза, позволяющий автоматически настраивать замкнутую систему управления электроприводами механизмов передвижения крана и обеспечивать его демпфирующие свойства независимо от длины подвеса груза;

предложены оригинальные научно-обоснованные технические решения, обеспечивающие повышение производительности работы мостовых кранов за счет уменьшения времени раскачивания груза путем увеличения коэффициента демпфирования замкнутой системы подвеса груза;

доказана зависимость демпфирующих свойств замкнутой системы управления от коэффициента усиления в канале обратной связи по углу отклонения груза в функции длины подвеса;

введены новые рекомендации по настройке системы управления электроприводами мостового крана для демпфирования раскачивания груза.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, позволяющие исследовать электромеханическую систему мостового крана и повысить точность расчета статических моментов электроприводов с учетом дополнительных статических и динамических сил от раскачивания груза;

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы методы имитационного моделирования и экспериментальных исследований, выполненных в условиях действующего производства;

изложена идея реализации способа демпфирования раскачивания груза на основе применения обратной связи по углу отклонения груза и изменяемого коэффициента усиления канала обратной связи;

раскрыты причины и определены силы, формирующие дополнительные нагрузки в электромеханической системе мостового крана при раскачивании груза;

изучены: влияние раскачивания перемещающегося груза на работу механизмов и электроприводов мостового крана; закономерности, определяющие динамические процессы в электромеханических системах мостового крана;

проведена модернизация известных математических моделей, описывающих мостовой кран как систему взаимосвязанных узлов в динамических и статических режимах работы путем учета изменяющихся координат перемещающегося груза.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в ООО «ПО Привод-АВТОМАТИКА» (г. Магнитогорск) и Центральной электротехнической лаборатории ПАО «ММК» (г. Магнитогорск): математическая модель мостового крана для использования в проектировании пускорегулирующей и защитной аппаратуры систем управления электроприводами мостового крана; компьютерная модель для настройки системы управления электроприводами мостового крана, позволяющая сократить время пусконаладочных работ;

определены: применимость разработок для кранов различного типа; возможность на основании результатов исследования разработать крановые механизмы передвижения с увеличением скорости перемещения груза;

создана методика наладки усовершенствованной системы управления электроприводами крана для демпфирования раскачивания груза;

представлены рекомендации по настройке усовершенствованной системы управления электроприводами механизмов перемещения крана для демпфирования раскачивания груза.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

выполнены исследования на кран-балке с использованием технических характеристик действующего оборудования; доказана адекватность результатов математического моделирования экспериментальным результатам, полученным на действующем мостовом кране;

теория базируется на: применении известных положений классической механики для разработки математической модели мостового крана; положениях автоматизированного электропривода и автоматического управления; теоретиче-

ские исследования проводились с использованием аппарата передаточных функций, методов преобразования структурных схем; применении современных средств математического анализа и компьютерного моделирования; использовании характеристик действующего оборудования и результатов тестовых испытаний в условиях реального производства;

идея базируется на принципе обратной связи и применении программно-аппаратных средств для создания замкнутой системы управления электроприводами крана по сигналу, пропорциональному углу отклонения груза для демпфирования раскачивания при работе мостового крана;

установлено качественное и количественное совпадение результатов исследования с результатами, представленными в различных источниках информации по данной тематике;

использованы методы прямого осциллографирования, цифровой обработки сигналов, обработки экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке цели и задач исследования; разработке математической и компьютерной моделей мостового крана; выборе аппаратных средств для решения поставленных задач; программной реализации алгоритмов расчета параметров усовершенствованной СУЭП механизмов мостового крана, обеспечивающей повышение его производительности. Все результаты, приведенные в диссертации, получены либо самим автором, либо при его непосредственном участии.

На заседании 05 февраля 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Енину С.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них - 13 докторов наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 14, «против» - нет.

Председатель
диссертационного совета
Ученый секретарь
диссертационного совета



Корнилов Геннадий Петрович

Одинцов Константин Эдуардович

05 февраля 2021 г.