

## О Т З Ы В

официального оппонента Ишматова Закира Шарифовича  
на диссертационную работу Енина Сергея Сергеевича  
«Совершенствование системы управления электроприводами мостового  
крана для демпфирования колебаний подвешенного груза»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

### 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ

Представленная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 108 наименований и двух приложений. Работа изложена на 150 страницах основного текста, содержит 80 рисунков и 17 таблиц.

### 2. АНАЛИЗ ДИССЕРТАЦИИ

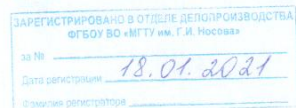
#### 2.1. Актуальность темы диссертации и соответствие работы специальности, по которой осуществляется защита

Работа мостового крана сопровождается механическими колебаниями груза на гибком подвесе, которые увеличивают время погрузочно-разгрузочных операций, вызывают дополнительные циклические нагрузки в системе электроприводов механизмов подъема, передвижения крана и тележки и усложняют задачу позиционирования груза. Одним из главных факторов, препятствующих минимизации времени рабочего цикла крана, является раскачивание груза.

Демпфирование колебаний груза мостового крана позволяет: снизить амплитуду и продолжительность раскачивания груза, что приводит к увеличению производительности работы мостового крана; увеличить срок службы электрического и механического оборудования мостового крана за счет снижения циклических нагрузок на электромеханическую систему, вызванных механическими колебаниями груза.

Целью диссертационной работы Енина С.С. является повышение производительности мостового крана за счет демпфирования колебаний подвешенного груза путем совершенствования системы управления электроприводов мостового крана. Для достижения этой цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

1. Анализ электромеханической системы мостового крана как объекта регулирования, анализ существующих систем управления электроприводами для демпфирования колебаний груза при работе мостового крана.
2. Разработка математической и компьютерной моделей электромеханической системы мостового крана, описывающих движение механизмов мостового крана с учетом одновременной работы всех механизмов в динамических и статических режимах работы.
3. Разработка структурной схемы усовершенствованной системы управления электроприводами передвижения механизмов для демпфирования механических колебаний груза во всех режимах работы крана по двум осям перемещения.



4. Разработка метода расчета и алгоритма определения коэффициента обратной связи по углу отклонения груза.
5. Разработка аппаратно-программного комплекса усовершенствованной системы управления электроприводами передвижения мостового крана для интеграции в существующую систему управления.
6. Выполнение экспериментальных исследований усовершенствованной системы управления электроприводами мостового крана для демпфирования колебаний груза.

В связи с этим считаю, что тема диссертационной работы Енина С.С., посвященной разработке и исследованию технических решений, обеспечивающих демпфирование колебаний подвешенного груза путем усовершенствования системы управления электроприводов крана, безусловно, актуальна.

Диссертационная работа Енина С.С. соответствует п. 1 (Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем), п. 3 (Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления) и п. 4 (Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях) паспорта специальности 05.09.03 – “Электротехнические комплексы и системы”.

## **2.2. Достоверность и новизна основных результатов работы**

Обоснованность полученных автором результатов подтверждаются правомочностью принятых исходных положений и предпосылок, корректным применением математического аппарата и методов моделирования, использованием реальных технических характеристик оборудования, результатами экспериментальных исследований в лабораторных условиях, повторяемостью результатов экспериментов и их соответствием результатам, опубликованным в научной литературе.

Автором получены следующие новые научные результаты:

1. Разработана математическая модель мостового крана, которая в динамических режимах учитывает влияние изменения длины подвеса на амплитуду и частоту горизонтальных механических колебаний груза и на формирование дополнительной нагрузки в системе механизмов передвижения тележки и крана.
2. Разработан метод расчета коэффициента обратной связи по углу отклонения груза, позволяющая автоматически настраивать замкнутую систему управления и обеспечивать постоянные демпфирующие свойства, не зависящие от величины длины подвеса груза.
3. Выполнена программная реализация алгоритма расчета коэффициента обратной связи по углу отклонения груза для обеспечения постоянных демпфирующих свойств замкнутой системы регулирования.



### **2.3. Ценность для науки и практики**

Ценность выполненной работы для науки и практики заключается в следующем.

1. Разработанные математическая и компьютерная модели мостового крана позволяют исследовать переходные процессы формирования дополнительной статической нагрузки в электромеханической системе электропривода механизмов передвижения с учетом изменения длины подвеса в статических и динамических режимах работы. Указанные модели могут использоваться при проектировании кранов и расчете нагрузок в системе электропривода.
2. Разработанная система управления электроприводами механизмов передвижения на основе программно-аппаратного комплекса определения угла отклонения груза имеет возможность одновременного измерения угла отклонения по двум осям передвижения механизмов мостового крана позволяющая демпфировать колебания груза при одновременной работе двух механизмов передвижения.
3. Алгоритм расчета коэффициента демпфирования системы позволяет автоматически настраивать усовершенствованную систему управления для демпфирования колебаний груза по двум осям перемещения без участия машиниста крана в процессе работы.

### **2.4. Публикации по работе**

Основное содержание диссертации достаточно полно раскрыто в 13 публикациях, в том числе трех статьях в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, трех статьях в изданиях, входящих в систему цитирования Scopus, трех свидетельствах о государственной регистрации программы для ЭВМ. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на научно-технических конференциях разного, в том числе международного, уровня.

Автореферат дает полное представление о содержании диссертационной работы.

### **3. ЗАМЕЧАНИЯ**

По работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. Не очень понятно, для чего в первой главе рассматриваются приводы постоянного тока и релейно-контакторные схемы управления крановыми электроприводами, поскольку далее рассматривается только частотно-регулируемый асинхронный электропривод.
2. В первой главе не показаны недостатки существующих технических решений задачи успокоения груза ведущих производителей.
3. Первая глава обычно должна заканчиваться формулировкой задач исследования и предполагаемых способов решения этих задач.
4. В работе рассмотрена только скалярная система управления асинхронными электроприводами, было бы правильным рассматривать и более совершенную векторную систему.
5. Предложенная в главе 3 структура усовершенствованной системы управления электроприводом недостаточно обоснована, что вызывает сомнения в оп-

тимальности данного решения. На наш взгляд, здесь было бы уместно использовать известные методы синтеза систем управления.

6. В главе 4 результаты экспериментальных исследований не столь впечатляющие, как результаты моделирования, приведенные в главе 3. Отсутствует их сравнение и анализ причин расхождения результатов моделирования и экспериментов.

7. В работе не рассмотрено поведение разработанной системы при выходе на ограничение по максимальной скорости.

8. К сожалению, в диссертации отсутствует сравнение разработанной системы с известными решениями ведущих фирм, что затрудняет оценку результатов работы.

Оформление, стиль и язык диссертации замечаний не вызывают, однако обилие опечаток ухудшает впечатление от работы. Следует отметить хорошее владение автором техническим языком и высокое качество графических материалов.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Енина С. С. представляет законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной научно-технической задачи разработки комплекса научно обоснованных технических решений, обеспечивающих демпфирование колебаний подвешенного груза мостового крана. Работа полностью соответствует паспорту специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы». Считаю, что рассматриваемая работа по своему научному уровню и полученным практическим результатам является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, и в полной мере соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Енин Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Доцент кафедры электропривода  
и автоматизации промышленных установок  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,  
доцент, кандидат технических наук (специальность – 05.09.03)

*Ишматов*

Ишматов  
Закир  
Шарифович

12.01.2021

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19  
Тел. (343) 3754646  
E-mail: [z.sh.ishmatov@urfu.ru](mailto:z.sh.ishmatov@urfu.ru)

Подпись  
заверяю



ДОКУМЕНТОВЕД УДИОВ  
ГАФУРОВА А.А.