

## **ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на диссертационную работу аспиранта Шагниева Олега Булатовича на тему:  
«Алгоритмы автоматического подавления автоколебаний при силовом взаимодействии  
инструмента с обрабатываемой поверхностью», представленную к защите на соискание учёной  
степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 – «Информационно-  
измерительные и управляющие системы (в машиностроении)»

Автоматизация операций механообработки, являющихся частью многих технологических процессов, имеет важное социально-экономическое значение с точки зрения повышения производительности труда, увеличения точности обработки и исключения человека из вредных для здоровья участков производств. Сложный нелинейный характер сил взаимодействия в зоне контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью, а также большое количество возмущающих факторов, оказывающих влияние на систему, затрудняют аналитический подбор параметров режима механообработки. Постоянное увеличение требований к точности и производительности процессов механообработки обуславливает внедрение новых современных информационно-измерительных и управляющих систем, обеспечивающих баланса между качеством обработанной поверхности и производительностью. Таким образом, актуальность приобретает разработка алгоритмов детектирования и подавления нежелательных автоколебательных явлений при силовом взаимодействии инструмента с обрабатываемой поверхностью.

Целью диссертационного исследования Шагниева О.Б. является разработка алгоритмов детектирования и подавления автоколебаний при силовом взаимодействии инструмента с обрабатываемой поверхностью, направленных на повышение точности и производительности процессов механообработки.

Научную новизну составляют следующие результаты работы

1) Разработана математическая модель системы «носитель-инструмент-обрабатываемая поверхность» с учётом нелинейного характера сил взаимодействия, позволяющая выделить доминирующие динамические явления и определить ключевые показатели, по которым могут быть идентифицированы нежелательные автоколебательные режимы. Особенностью математической модели является учёт упругости силового датчика и обратных связей по силе прижатия инструмента к поверхности и скорости движения носителя, что позволяет повысить точность определения границ устойчивости процессов механообработки и исследовать влияние настроек регуляторов на устойчивость системы «носитель-инструмент-обрабатываемая поверхность» в условиях нелинейного характера сил взаимодействия;

2) Разработан алгоритм детектирования и подавления автоколебаний, включающий:

- идентификацию нежелательного явления по ключевым показателям режима механообработки, рассчитываемым по обработанному сигналу датчика силы прижатия инструмента к поверхности;

- коррекцию подачи инструмента и глубины резания за счёт изменения заданий по силе прижатия инструмента к поверхности и скорости горизонтального движения носителя для системы позиционно-силового управления;

3) Разработан алгоритм адаптации к факторам неопределённости по критериям качества обрабатываемой поверхности и прочности конструкции, включающий:

- идентификацию факторов, связанных с износом инструмента и накапливающимися ошибками в датчиках координаты и скорости движения носителя, по обработанному сигналу датчика силы прижатия инструмента к поверхности при помощи искусственных нейронных сетей;

- компенсацию влияния факторов неопределённости на динамику системы «носитель-инструмент-обрабатываемая поверхность» за счёт коррекции задания по силе прижатия инструмента к поверхности для системы позиционно-силового управления.

В работе проведено систематическое исследование алгоритмов детектирования и подавления различных нежелательных динамических эффектов, имеющих место при механообработке. Математическим моделированием были определены ключевые показатели сигнала датчика силы, по которым могут быть идентифицированы нежелательные режимы. Разработана структурная схема единой управляющей системы, обеспечивающей подавление вынужденных колебаний на околорезонансных частотах и автоколебаний за счёт коррекции параметров режима механообработки. Предложенные алгоритмы были реализованы на базе логических переключающих устройств и искусственных нейронных сетей.

Шагниевым О.Б. было проведено серьёзное библиографическое исследование в областях автоматизации процессов механообработки, обработки сигнала, а также моделирования нелинейной динамики сложных процессов резания. Предложены ряд новых алгоритмов, не описанных в литературе, но, тем не менее, являющихся логическим продолжением опубликованных исследований.

Замечаниями к диссертации Шагниева О.Б. являются отсутствие глубокого исследования механизмов и подбора оптимальных методик обучения нейронных сетей, недостаточная проработанность возможности технической реализации описанной управляющей системы, а также незначительные недочёты в изложении и оформлении диссертации.

Практическая значимость результатов определяется возможностью их внедрения в существующие обрабатывающие комплексы для обеспечения своевременной идентификации

имеющихся на практике нежелательных динамических явлений и их подавления за счёт коррекции параметров режима механообработки.

По материалам диссертации Шагниева О.Б. в АО «СКБК» зарегистрирована «Методика контроля вибрационного состояния системы шпиндельный блок – инструмент - заготовка», о чём составлен Акт о внедрении результатов диссертационной работы, а также получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019616158 «Программа обработки цифровых данных частотных спектров вибрационных воздействий», используемой в научно-исследовательской лаборатории высшей школы «Механика и процессы управления».

Основные результаты диссертации опубликованы в шестнадцати работах, из которых 4 – в журналах из перечня ВАК, одна – в журнале, входящем в наукометрическую базу Scopus и одиннадцать – в сборниках трудов разнообразных конференций. Материала диссертации Шагниева О.Б. были представлены на семинарах в высшей школе «Механика и процессы управления» и в ИПМаш РАН.

Полученные результаты, отличное владение теоретическим и практическим материалом, фундаментальная подготовка в области механики и процессов управления, способность эффективно ставить и решать исследовательские, научные и инженерные задачи, а также высокая степень самостоятельности подготовки материала и текста диссертации позволяют высоко оценить работу Шагниева О.Б.

Шагниева О.Б. в 2015 году закончил обучение на кафедре «Механика и процессы управления» Института прикладной математики и механики Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Петра Великого по специальности «Прикладная механика», и том же году был принят в очную аспирантуру по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». С 2015 года Шагниева О.Б. работает на кафедре «Механика и процессы управления» в должностях инженера и ассистента, совмещая преподавательскую деятельность с участием в многочисленных проектах, связанных со статическими и динамическими расчетами различных приборов, машин и механизмов.

Считаю, что теоретическая подготовка, участие в исследовательских и проектных работах, полученный при этом опыт научно-исследовательской работы, позволяют считать Шагниева Олега Булатовича сложившимся квалифицированным научным специалистом, заслуживающим присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы».

Научный руководитель

Профессор высшей школы «Механика и процессы управления» Института прикладной математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», д.т.н.

Бурдаков Сергей Фёдорович

Служебный адрес: ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251

Тел. +7 812 552-77-78 e-mail burdakov.s@yandex.ru

