

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»
(ПНИПУ)**

614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29.

Тел.: 8(342) 219-80-67. Факс: 8(342) 212-39-27

E-mail: rector@pstu.ru; <http://www.pstu.ru>

ОКПО 02069065 ОГРН 1025900513924 ИНН/КПП 5902291029/590201001



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям ФГБОУ ВО
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет», доктор
технических наук, профессор

Владимир Николаевич Коротаев
«26» февраля 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

на диссертационную работу **Романова Александра Васильевича** «Автоматизация
гидропрессовой сборки соединений с натягом с использованием мехатронного пресса»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в
машиностроении и приборостроении)

Актуальность темы исследования

Проблема повышения производительности и обеспечения качества гидропрессовой
сборки решается на протяжении нескольких последних десятилетий и до настоящего
времени является актуальной.

Необходимость решения данной проблемы вызвана непрерывно растущими
требованиями к качеству выпускаемой продукции и связана с обеспечением требуемой
производительности сборочной операции и ее стабильности.

Задача повышения производительности и качества гидропрессовой сборки является
приоритетной технологией (новые производственные технологии), входящей в
Национальную технологическую инициативу, а также отвечает задачам, поставленным АО
«Концерн «Калашников» в области максимизации внедрения новых технологий в
производственный процесс. Ее решение позволит повысить не только производительность и
качество выпускаемой промышленной продукции, но и обеспечит возможность сборки
соединений с новыми комбинациями материалов.

Общая характеристика содержания диссертации

Во введении обоснована актуальность задачи повышения производительности и
обеспечения качества гидропрессовой сборки соединений с натягом путем автоматизации.
На современном этапе сборочный процесс осуществляется в ручном режиме, что
отрицательно сказывается на его стабильности и нагрузочной способности получаемых
соединений.



Сертифицировано
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

11/27/18
M.T. Korotayev
27 02 18
07/2018

В первой главе представлен анализ применимости технологических схем и оборудования для автоматизации гидропрессовой сборки, что позволило систематизировать текущее состояние объекта и предмета исследования, выделить и сформулировать научные задачи исследования. По результатам анализа литературных источников предложено для решения задачи автоматизации гидропрессовой сборки разработать специализированный мехатронный пресс с системой автоматического управления с обратными связями по давлению, положению, скорости, позволяющий управлять процессом запрессовки.

Вторая глава посвящена детализации рассматриваемого научного подхода, в рамках которого рассмотрены кинематика и динамика мехатронного пресса. Предложена конструктивная схема мехатронного пресса с независимыми осями, для которого установлен закон движения рабочего органа, учитывающий характерные особенности используемой кинематической схемы, преобразователей движения, а также специфику гидропрессовой сборки. Для реализации синхронного движения параллельных осей автором предложен модифицированный способ синхронизации, обеспечивающий снижение величины рассинхронизации между осями в условиях воздействия внешних возмущений на ведомую ось. Проведенные модельные эксперименты показали эффективность предлагаемого подхода.

В третьей главе проведено моделирование и экспериментальная проверка функционирования мехатронного пресса. Реализована система автоматического управления мехатронным прессом на базе нечеткой логики. В соответствии с предложенной функциональной схемой и разработанным способом синхронизации движения параллельных осей для исследования системы автоматического управления выполнено имитационное моделирование следящей системы управления мехатронным прессом, в процессе которого установлены параметры нечеткого регулятора положения, обеспечивающие необходимый переходный процесс. Разработана конструкция мехатронного пресса на базе параллельных приводов линейного движения. На основании модифицированного способа синхронизации и требований к системе управления разработано программное обеспечение мехатронного пресса. Результаты модельных и натурных экспериментов подтверждают эффективность работы предложенной системы автоматического управления мехатронным прессом в условиях внешних воздействий.

Четвертая глава посвящена гидропрессовой сборке соединений с натягом с использованием мехатронного пресса. Представлены модели гидропрессовой сборки (физическая и математическая). Для реализации возможности сборки гидропрессовым методом определены технологические требования к каналам регулирования (контурам положения, скорости, давления, силы), на основании которых разработана система автоматического управления технологическим комплексом гидропрессовой сборки, обеспечивающая поддержание основного технологического параметра – давления масла. Диссертантом разработан нечеткий регулятор давления масла, отличительной особенностью которого является наличие корректора скорости запрессовки, служащего для ограничения величины управляющего воздействия. Предложенный регулятор давления обеспечивает режим жидкостного трения и невозникновение пластических деформаций в образцах во время сборки. На базе созданного мехатронного пресса автором разработаны структура и конструкция технологического комплекса для автоматизированной гидропрессовой сборки. Установлены и обоснованы технологические параметры автоматизированной сборки. Для сравнительного анализа качества полученных соединений выполнена оценка расчетных и экспериментальных данных по нагрузочной способности (осевой силы и крутящего момента). Полученные экспериментальные результаты подтверждают работоспособность разработанных алгоритмов и системы автоматического управления технологическим комплексом гидропрессовой сборки, продемонстрирован существенный рост



производительности гидропрессовой сборки по сравнению с неавтоматизированным режимом.

Научная новизна результатов исследований

1. Разработана математическая модель движения рабочего органа пресса, особенностью которой является учет параметров технологического процесса гидропрессовой сборки (давление масла, сила и длина запрессовки).

2. Предложен оригинальный способ синхронизации движения параллельных модулей движения, учитывающий специфику гидропрессовой сборки, который отличает его от существующих способов синхронизации за счет смены роли «ведущий-ведомый» между осями.

3. Получено новое решение задачи управления системой гидропрессовой сборки с использованием нечеткой логики с учетом требований к качеству гидропрессовых соединений по критерию нагрузочной способности.

4. Предложен алгоритм управления давлением масла при сборке соединений с натягом с автоматической коррекцией скорости запрессовки вала, обеспечивающий повышение производительности технологического процесса гидропрессовой сборки в несколько раз.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Полученные соискателем теоретико-практические результаты диссертационного исследования имеют междисциплинарный характер. Предложенные закон движения рабочего органа мехатронного пресса, основанный на комплексе обратных связей; закон управления технологическим комплексом, на основе нечеткой логики; установленное управляющее воздействие, в виде регулирования скорости гидропрессовой сборки; разработанный технологический комплекс для автоматизированной гидропрессовой сборки соединений с натягом и рекомендации по использованию полученных результатов направлены на повышение производительности, стабилизацию сборочного процесса и обеспечения качества получаемых соединений с натягом.

Научно-технические результаты диссертационной работы приняты к использованию в производственном процессе на предприятии АО «Концерн «Калашников». Предложенная автором методология использована при проектировании пресса с параллельной кинематикой с четырьмя осями для гидропрессовой сборки режущего инструмента из быстрорежущей стали со специальным цанговым патроном, что позволило обеспечить передачу большего момента, точность и стабильность процесса резания и снизить его трудоемкость. Полученное соединение обладает улучшенными характеристиками вследствие более высокой жесткости крепления и соосности.

Результаты диссертационной работы также используются в научно-исследовательской работе и учебном процессе кафедры «Мехатронные системы» ФГБОУ ВО ИжГТУ им. М.Т. Калашникова при обучении студентов по направлениям бакалавриата 15.03.06 и магистратуры 15.04.06 «Мехатроника и робототехника».

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается применением современных методов анализа и синтеза мехатронных систем, применением методов математического и компьютерного моделирования, статистических методов планирования и обработки экспериментов, методами обработки экспериментальных данных с использованием ЭВМ, а также удовлетворительной согласованностью расчетных и экспериментальных данных.



Сертифицировано
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

Общие замечания по работе

1) Названия некоторых параграфов некорректно отражают суть их соответствия научной специальности.

2) На стр. 35 при разработке математической модели движения сделано допущение о том, что возможные погрешности изготовления деталей мехатронных модулей не учитываются, однако, в реальных образцах они имеют место быть.

3) Не сделано заключение о возможности применения предлагаемых в диссертации положений для других (кроме двухстоечной) схем оборудования с параллельной кинематикой.

4) На стр. 68 указано, «проведенный анализ показал, что наиболее применимой функцией принадлежности для реализации системы автоматического управления мехатронным прессом является треугольная функция». Не ясно, каким образом автор сделал вывод о целесообразности применения данного вида функций принадлежности, опираясь только на результаты исследований других авторов.

5) С учетом того, что лингвистической переменной в теории нечетких множеств называется переменная, которая может принимать значения фраз из естественного или искусственного языка, возникает сомнение о корректности указания их изменений в диапазонах, полученных без экспертной оценки, см. таблицу 3.2 и 4.1.

6) Предложенная концепция синтеза нечеткого регулятора выполнена без оценки точности работы модели Мамдани, Ларсена, Сугэно.

7) В Приложении Б приведен листинг программы регулятора положения на основе нечеткой логики, что позволяет без ущерба научной составляющей работы исключить описание нечеткого логического вывода на страницах 74 – 79, 125 – 127.

Указанные замечания не снижают достоинств выполненной работы.

Соответствие паспорту специальности

Область исследований соответствует требованиям паспорта специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами:

- пункту 1. Автоматизация производства заготовок, изготовления деталей и сборки;
- пункту 3. Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовки производства (АСТПП) и т.д.;
- пункту 4. Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Романова Александра Васильевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне.

В работе содержится решение задачи автоматизации гидропрессовой сборки соединений с натягом с использованием мехатронного пресса, имеющее существенное значение для повышения производительности и качества процесса сборки.

Полученные автором результаты, выводы и заключения обоснованы и достоверны. Диссертация написана ясным и грамотным языком, отличается логичностью и последовательностью изложения автором результатов исследования.

Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в 11 публикациях, в том числе 4 статьях, опубликованных в рецензируемых изданиях из Перечня ВАК РФ, и в патенте на изобретение.



Сертифицировано
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор – Романов Александр Васильевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении).

Отзыв на автореферат и диссертацию обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации», с приглашением специалистов кафедр «Автоматизация технологических процессов» и «Автоматика и телемеханика», 14 февраля 2018 г., протокол №19.

Заведующий кафедрой
«Микропроцессорные средства
автоматизации», ФГБОУ ВО
«Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», кандидат
технических наук, доцент

Петроченков Антон Борисович

Заведующий кафедрой
«Автоматизация технологических процессов»
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», доктор технических наук,
профессор

Шумихин Александр Георгиевич

Профессор кафедры
«Автоматика и телемеханика» ФГБОУ ВО
«Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», доктор технических наук,
доцент

Хижняков Юрий Николаевич



Сертифицировано
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»