

ОТЗЫВ

официального оппонента д-ра техн. наук, доцента Костарева Сергея Николаевича на диссертационную работу Романова Александра Васильевича «Автоматизация гидропрессовой сборки соединений с натягом с использованием мехатронного пресса», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении)

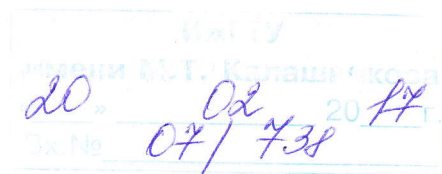
Актуальность темы исследования

Гидропрессовая сборка соединений с натягом давно и успешно применяется в машиностроительной, металлургической, железнодорожной и других отраслях, а также является эффективным способом формирования соединений из титановых сплавов.

В настоящее время сборка гидропрессовых соединений выполняется с использованием прессов различных типов, что, несмотря на использование ряда мероприятий, нацеленных на обеспечение качества создаваемых соединений, отрицательно сказывается на стабильности несущей способности и не раскрывает в полной мере возможности гидропрессового метода сборки. Данная проблема обусловлена сложностью обеспечения стабильности сборочного процесса: во время сборки параметры рабочей жидкости (расход, давление, вязкость, а также скорость сборки) часто достигают предельных значений. Диссертационное исследование А.В. Романова, посвященное комплексному решению задачи автоматизации гидропрессовой сборки является актуальным, и обладает научной новизной.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения. Список литературы включает 129 источников. Объем работы составляет 167 страниц машинописного текста. В приложении приведены: акт внедрения диссертационной работы, патент на полезную модель, листинги компьютерных программ нечеткой логики программируемых контроллеров по стандарту IEC 1131-7.

В первой главе диссертационной работы проведен аналитический обзор прессового оборудования, применяемого для гидропрессовой сборки, выявлены особенности автоматизации гидропресса, определены требования к автоматизированной гидропрессовой сборке, рассмотрены методы управления оборудованием с параллельной кинематикой.



Вторая глава посвящена выбору и обоснованию кинематической схемы мехатронного пресса, разработке математической модели движения рабочего органа пресса с качающейся траверсой на базе роликвинтовых передач и вентильных электродвигателей, учитывающей состояние технологического процесса гидропрессовой сборки. Проведенные вычислительные эксперименты показали, что предлагаемый модифицированный способ синхронизации, в сравнении со стандартными способами, в условиях внешних воздействий обеспечивает уменьшение рассинхронизации между осями в 1,5 раза.

В третьей главе разработана система автоматического управления мехатронным прессом с использованием аппарата нечеткой логики, представлены описание и результаты проведенных экспериментов (вычислительного и натурного) по исследованию точности перемещения рабочего органа пресса и проведена их сравнительная оценка. Разработана конструкция и программно-аппаратное обеспечение мехатронного пресса с параллельной кинематикой. Исследования показали, что полученные предельные значения рассогласования и синхронизации значительно меньше требований по взаимному расположению сопрягаемых деталей при сборке.

В четвертой главе представлены физическая и математическая модели процесса гидропрессовой сборки, установлены требования к каналам регулирования. Разработаны система автоматического управления и регулятор давления на основе аппарата нечеткой логики. Разработан технологический комплекс автоматизированной гидропрессовой сборки, представлены описание и результаты экспериментального исследования гидропрессовой сборки в автоматизированном режиме.

В заключение работы приведены общая характеристика работы и основные выводы по результатам диссертации.

Новизна научных положений, сформулированных в диссертации

Автором разработаны математическая модель движения рабочего органа пресса и способ синхронизации движения параллельных осей, а также предложены основанные на них системы автоматического управления мехатронным прессом и технологическим комплексом гидропрессовой сборки, обеспечивающие повышение производительности и качество получаемых соединений.

Представленные автором результаты характеризуются научной новизной и получены впервые:

1) математическая модель движения рабочего органа пресса, учитывающая состояние процесса гидропрессовой сборки (давление масла, силу и длину запрессовки);

2) предложен способ синхронизации движения параллельных осей, учитывающий специфику гидропрессовой сборки и отличающийся от существующих способов синхронизации ротацией роли «ведущий-ведомый» между осями;

3) получено решение задачи управления технологическим комплексом гидропрессовой сборки на базе аппарата нечеткой логики с учетом требований к качеству гидропрессовых соединений по критерию нагрузочной способности;

4) обосновано и применено управляющее воздействие на объект в виде регулирования скорости запрессовки вала, поддерживающее давление масла в требуемом диапазоне.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, достоверность полученных результатов исследования обеспечивается применением современных методов анализа и синтеза мехатронных систем, методов математического и компьютерного моделирования, статистических методов планирования и обработки экспериментов, а также согласованностью результатов имитационного моделирования с результатами натуральных экспериментов.

Для решения задач, поставленных в работе, для обоснования и оценки полученных результатов и выводов диссертант использует теорию дифференциальных уравнений, теорию систем автоматического управления на основе нечеткой логики, теории гидромеханики, методы математического моделирования динамических систем, мехатроники, механики твердого деформируемого тела, гидромеханики, элементы теоретической механики, теории машин и механизмов.

Полученные результаты защищены патентом и использованы в производственном процессе на АО Концерн «Калашников».

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1 Классический подход к решению задач механики сводится к решению системы уравнений, включающих условия сохранения массы (движения), энергии и импульса. К уравнению сохранения энергии можно отнести решение уравнения Лагранжа (стр. 35 диссертации), описывающее преобразование потенциальной энергии в кинетическую, а по уравнениям сохранения массы (движения) и импульса требуется пояснение.

2 На стр. 89 диссертации описано проведение эксперимента. При физическом моделировании обычно используют теорию планирования эксперимента (полный факторный эксперимент, ортогональное планирование и др.) по оптимизации целевого критерия от вариации параметров, например, материал сопрягаемых деталей, вид масла, скорость запрессовки. Полученные результаты оценивают на достоверность и адекватность по критериям Стьюдента и Фишера. Из работы не видно, применялось ли планирование эксперимента при исследовании? Оценивалась ли адекватность полученных результатов?

3 Для моделирования системы автоматического управления гидропрессовой сборкой диссертант использует модуль SimMechanics программы Simulink (MATLAB), которая в свою очередь тоже является моделью. Математическое моделирование должно опираться на теорию подобия, чтобы полученные результаты модели можно было адекватно переносить на физические модели. Использовалась ли теория подобия при постановке и проведении экспериментов?

4 Необходимо пояснить корректность системы уравнений (2.31) стр. 38 диссертации (уравнение 1 стр. 11 автореферата), в левой части уравнения находится производная второй степени, в правой части уравнения: производные первой степени, алгебраические выражения – $M_{дв}$ момент на валу двигателя и жесткость угла поворота – имеют различный физический смысл.

5 Требуется пояснение диссертанта по формулам (4.8) и (4.9) стр. 110,

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + \frac{dx_1}{dt} + c_1 x_1 = F_3, m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + \frac{dx_2}{dt} + c_2 x_2 = F_3,$$

как к силе в декартовой системе координат можно было добавить скорость уменьшения диаметра вала?

6 В работе имеются опiski и неточности, например:

– в формуле (2.13) стр.37 утерян дифференциал по времени.

– в автореферате и диссертации для обозначения одних и тех же параметров используются различные алфавиты: в автореферате – греческий ($\beta_{10}, \beta_{12}, \beta_{14}, \beta_{20}, \beta_{22}, \beta_{24}$ – коэффициенты демпфирования в подшипниках (стр. 10)), а в диссертации – латинский ($b_{10}, b_{12}, b_{14}, b_{20}, b_{22}, b_{24}$ – коэффициенты демпфирования в подшипниках (стр. 34)), что затрудняет понимание работы.

– в формуле (3.1) стр. 66 дано вычисление первой производной, как разница положений на оси $\Delta Z_n = \Delta Z - \Delta Z_{n-1}$. Но под понятием производной имеется предел отношения приращения функции к приращению аргумента, т.е. выражение 3.1 не является производной.

– на стр. 69 дан диапазон изменения управляющего воздействия для ЦАП с разрешающей способностью 16 бит от – 27648 до 27648. Если возвести 2^{15} (один бит на знак забрать), то диапазон будет от – 32768 до 32768.

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

Диссертация, представленная А.В. Романовым, является актуальной, законченной и самостоятельной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. В ней разработан ряд новых теоретических и практических решений, направленных на повышение производительности и качества гидропрессовой сборки на основе автоматизации и имеющих существенное значение для развития машиностроительной отрасли страны. Заявленная цель исследования достигнута. Основные выводы по работе научно обоснованы. Теоретические положения подтверждены результатами экспериментальных данных. В целом, полученные результаты имеют научную новизну и практическую ценность. Личный вклад автора работы достаточно существенен.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами: 1. Автоматизация производства заготовок, изготовления деталей и сборки; 3. Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления

технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т.д.; 4. Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация.

Основные научные результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 11 научных работах. Автор имеет 4 научных труда в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций, а также докладывались на конференциях Всероссийского и Международного уровней.

Диссертационная работа «Автоматизация гидропрессовой сборки соединений с натягом с использованием мехатронного пресса» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым 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).

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
Профессор кафедры «Вычислительные машины,
комплексы, системы и сети» ФГКВОУ ВО
«Пермский военный институт войск
национальной гвардии Российской Федерации»
614112, г. Пермь, Гремячий лог, 1,
Тел. +7(342) 2703901; e-mail: iums@mail.raid.ru

С.Н. Костарев

Подпись С.Н. Костарева заверяю



«09» февраля 2018 г.