

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертации Голошевского Николая Владимировича «Методы и программно-аппаратные средства управления устройствами лазерной микрообработки с комплементарной системой позиционирования» представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертация Голошевского Н.В. является самостоятельным завершённым исследованием, посвящённым разработке и созданию методов, алгоритмов и аппаратных средств для управления устройствами лазерной прецизионной микрообработки с комплементарной системой позиционирования лазерного пучка и реализации предложенных методов для оптимизации производительности и качества микрообработки при решении актуальных задач.

Актуальность этой темы вызвана появлением задач лазерной микрообработки объектов больших форматов при обеспечении микронной точности, высокого быстродействия (скорость перемещения пучка метры в секунду) и микронного размера пятна в плоскости обработки.

Такие задачи возникают как в промышленности (оптико-механика, оптоэлектроника, электроника, радиотехника), так и при создании новых научных приборов. Нами показано, что во многих случаях применение комплементарных систем сканирования, объединяющих два различные по типу сканера с взаимодополняющими характеристиками, может обеспечить лучшие параметры обработки, чем системы другой конфигурации.

Однако эффективность применения таких систем зависит от алгоритмов и программно-аппаратных средств управления, учитывающих искажения, вносимые оптическими компонентами, динамические свойства различных по быстродействию сканеров, особенности используемых лазерных источников. Существующие на момент начала работы над диссертацией алгоритмы, программные и аппаратные средства не позволяли полностью реализовать потенциальные преимущества комплементарной схемы.

В процессе работы соискателю потребовалось глубокое погружение, как в особенности управления многокоординатными комплементарными системами лазерной обработки, сопряжения САПР для обработки с аппаратными средствами управления оптико-механическими и лазерными блоками, так и в особенности лазерной технологии обработки материалов и методов измерения полученных изделий и цифровой обработки данных.

Для решения поставленной задачи Голошевским Н.В. выполнен обзор существующих алгоритмов управления и подготовки исходных данных для таких систем, определены ограничения их точности и быстродействия, связанные со статическими искажениями, вносимыми компонентами оптической системы и динамическими ошибками позиционирования электромеханических приводов (глава 1). Далее (глава 2), предложены методы и алгоритмы, позволяющие повысить точность и производительность устройств микрообработки с комплементарной системой сканирования. Представлен метод прецизионной калибровки оптического тракта таких устройств, основанный на двухшаговом итерационном алгоритме обработки профилометрической карты калибровочного объекта.

Предложен алгоритм динамической компенсации отклонений лазерного пучка от заданной траектории, компенсирующий переходные процессы электромеханических приводов комплементарной системы сканирования. Рассмотрены результаты настройки параметров алгоритма, выполненной на основе предложенной математической модели гальванометрического дефлектора, и экспериментальные результаты проверки его эффективности.

Разработанные методы калибровки и коррекции как статических, так и динамических ошибок реализованы в разработанном диссертантом программно-аппаратном комплексе (глава 3). Предложены структура управления и вариант разделения функций между его вычислительными элементами. Функции управления устройством с комплементарной системой позиционирования разделены между внешней ЭВМ и встроенным контроллером, содержащим процессор и программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС). Основные функции управления исполнительными устройствами комплементарной системы сканирования и их синхронизации, сбор данных от датчиков системы выполняется с помощью ПО, реализованного на ПЛИС, что позволяет обеспечить:

- синхронизацию в реальном времени всех исполнительных устройств системы с гарантированными задержками;
- гибкость и масштабируемость ПО в зависимости от решаемой задачи.

По своим техническим характеристикам разработанный программно-аппаратный комплекс средств управления устройствами микрообработки с комплементарной системой позиционирования не уступает серийной продукции ведущих мировых производителей

В четвертой главе описаны основные примеры применения разработанных Н.В. Голошевским методов и программно-аппаратные средств управления в системах микрообработки с комплементарной системой позиционирования.

Особый интерес представляют системы управления лазерными технологическими рабочими станциями на основе фемтосекундного лазера для микрообработки заготовок из оптического стекла и металлов (ФПЛ). Применение фемтосекундной технологии и комплементарной системы позиционирования с разработанным диссертантом управлением позволяют АО "Новосибирский приборостроительный завод" (за разработку присуждена Государственная премия Новосибирской области) и АО «Вологодский оптико-механический завод» выпускать продукцию с недостижимыми ранее характеристиками мирового уровня.

В своей работе Николай Владимирович зарекомендовал себя как высококвалифицированный исследователь, способный самостоятельно разобраться в сложных проблемах, включающих математическое моделирование, создание и отладку программных и аппаратных средств на современной элементной базе, включающей сигнальные процессоры и ПЛИС.

Работа выполнена на высоком уровне. По материалам диссертации опубликовано 6 статей в ведущих рецензируемых журналах и изданиях, получено 2 патента на изобретения и 4 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ. Содержание диссертационной работы соответствует указанной специальности, а автореферат полностью



отражает её содержание.

-- Диссертация Голошевского Николая Владимировича является законченной научной работой. Полученные результаты имеют как научное, так и большое практическое значение.

Считаю, что диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Голошевский Н. В. безусловно заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

«12» января 2021 г.

Заведующий лабораторией ИАиЭ СО РАН, к.т.н.

*Бесс*

В.П. Бессмельцев

*Людмила В.П. Бессмельцева*  
*Заведующий*  
*Секретаря*  
*Абулмисир С.Р.*  
*14.01.2021*

