

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федерально государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Лепехина Светлана Юрьевна

Оптимизация алгоритмов работы системы управления  
роботизированного комплекса трехмерной печати

Направление подготовки  
27.04.04 – «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ



**Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре  
государственный университет»**

Научный руководитель	кандидат технических наук, доцент кафедры «ЭПАПУ» ФГБОУ ВО КнАГУ Сухоруков Сергей Иванович
Рецензент	кандидат технических наук, доцент кафедры «ЭЭиЭ» ФГБОУ ВО ДВГУПС Малышева Ольга Александровна

Защита состоится «21» июня 2024 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических систем» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Секретарь ГЭК

А.В. Бузикаева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Основные преимущества трехмерной печати включают значительную экономию сырья, поскольку используется только необходимое количество материала. Также имеется возможность изготовления сложных конструкций, что особенно важно для инновационных и уникальных проектов. Высокая скорость наладки и запуска процесса производства новой продукции является еще одним значительным преимуществом, так как это позволяет быстро переходить от идеи к готовому продукту. Мобильность производства достигается за счет возможности в кратчайшие сроки начать производство новой продукции в различных местах, что делает производство более гибким и адаптируемым к изменениям спроса и рынка. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что аддитивные технологии могут найти широкое применение в таких областях, как архитектура, промышленность, строительство, медицина и многие другие сферы.

В этой работе разработан комплекс алгоритмов функционирования системы управления, используемой в разрабатываемом роботизированном комплексе для трехмерной печати пластиком. Проведен всесторонний анализ возможных структур роботизированного комплекса, что позволило выбрать наиболее подходящую структуру для дальнейшей реализации. Внимательно рассмотрены функциональные назначения и возможности всех управляющих устройств, входящих в состав комплекса. Создана структура алгоритмов управления роботизированным комплексом, а также разработаны блок-схемы алгоритмов, которые реализуются на отдельных устройствах комплекса.

Цель исследования: Разработка комплекса алгоритмов управления для разрабатываемого роботизированного комплекса. Это включает в себя создание функциональной схемы всей системы и последующее сравнение этой схемы с предыдущими вариантами комплекса, чтобы выявить преимущества и недостатки каждого варианта и найти наиболее эффективное решение.

Задачи исследования: Провести сравнительный анализ результатов работы двух различных вариантов систем роботизированных комплексов для трехмерной печати пластиком с целью выявления областей, которые требуют дальнейшей доработки и оптимизации в разрабатываемой системе. Кроме того, необходимо разработать алгоритмы управления как для основной системы, так и для ее подсистем, чтобы затем можно было осуществить выбор оборудования и программирование системы на основе этих алгоритмов.

**Научная новизна** предложенного подхода основана на использовании самостоятельно разработанного подхода к управлению роботизированным комплексом трехмерной печати пластиком. А именно использование внешнего миникомпьютера в качестве ведущего устройства.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке алгоритмов и программ управления комплексом, способных оптимально управлять системой и в дальнейшем применяться на практике.

**Методами исследования** являются подбор необходимого для реализации работы элементов, моделирование и разработка схем подсистем комплекса, составление программ и их алгоритмов для управления системой, анализ качества выполнения работы системы и сравнение с данными полученными от экспериментального образца.

**Реализация результата работы** предполагает сборку роботизированного комплекса и проведение ряда пробных запусков для утверждения его работы, а также отсутствия проблем в ходе реализации, которые были присущи экспериментальному образцу.

**Личный вклад автора** состоит в изучении и сборе научно-технической информации по тематике диссертации, разработке алгоритмов и программ управления роботизированного комплекса трехмерной печати пластиком, а также сборке части комплекса.

**Публикации.** Результаты диссертационного исследования опубликованы в четырех научных изданиях, индексируемых базами РИНЦ, ВАК.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** описывает общий контекст исследования. Здесь обычно вводится читателя в тему работы, рассматривается актуальность проблемы внедрения роботизированных аддитивных технологий в промышленность. Здесь же формулируются цели и задачи исследования, а также обосновывается значение представленной работы.

**Первая глава** посвящена анализу технологий трехмерной печати пластиками и полимерами, выбору технологии для использования в дальнейшей разработке комплекса, а также обзору существующих роботизированных комплексов трехмерной печати.

**Вторая глава** посвящена разработке системы управления роботизированным комплексом, а именно описание вариантов структур систем управления роботизированных комплексов трехмерной печати, выбор оборудования и проектирование модулей управления нагревательными элементами.

В третьей главе описан процесс разработки алгоритмов работы системы управления и трех подсистем комплекса. Представлено описание разработки алгоритма работы управляющей программы внешнего компьютера, разработки алгоритма работы управляющей программы нагревательного стола и экструдера.

**В четвёртой главе** представлена апробация разработанных алгоритмов системы управления роботизированным комплексом трехмерной печати. Проводится пошаговая проверка работы программы, анализируется результат работы и сравнивается с предыдущими опытами.

**В заключительной главе** представлены основные выводы и результаты исследования, сделанные на основе проведенного анализа.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В рамках данной работы был проведен анализ технологий трехмерной печати. На основе проведенного анализа была выбрана технология FDM для проектирования роботизированного комплекса.

Были спроектированы функциональные схемы систем управления комплексом трехмерной печати пластиковых изделий. Исходя из требуемых параметров, для каждого из элементов схемы было выбрано соответствующее оборудование. В соответствии с функциональными схемами были спроектированы принципиальные электрические схемы комплекса и его подсистем.

Для обеспечения работы комплекса трехмерной печати была разработана управляющая программа, осуществляющая чтение G-кода, работающая согласно заданному алгоритму. Также, были разработаны системы управления подсистемы модульного нагревательного стола и подсистемы работы экструдера с учетом охлаждения. Составлены алгоритмы работы данных подсистем и их управляющие программы.

В результате апробации были выявлены положительные результаты работы комплекса в виде успешного запуска программы, быстрой отработки команд перемещения, а также отсутствия задержек при выполнении команд подачи печатного пластика в экструдер. Данный вывод был сделан на основе отсутствия зависаний в ходе движения робота и бесперебойной работы шагового двигателя в инструменте.

Запуск программы на оборудовании доказал успешную работу разработанных решений. Использование внешнего ПЛК в качестве главного управляющего устройства позволило успешно решить проблемы, возникшие ранее при тестировании экспериментального образца роботизированного комплекса трехмерной печати.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Лепехина, С. Ю. Разработка системы управления унифицированного модуля нагревательного стола для роботизированного комплекса трехмерной печати / Лепехина С. Ю., Громыко Г. А., Сухоруков С. И. // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях. 2021. 29-31 с.

2 Лепехина С. Ю. Анализ возможностей применения миникомпьютеров для построения систем управления роботизированными комплексами / Овсянников А. Р., Лепехина С. Ю., Сухоруков С. И. // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы V Международной научно-практической конференции. Редколлегия: С. И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. Комсомольск-на-Амуре, 2022. 63-67 с.

3 Лепехина, С. Ю. Разработка вариантов структур систем управления роботизированными системами трехмерной печати полимерных изделий / Лепехина С. Ю., Громыко Г. А., Сухоруков С. И. // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы V Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях. 2022. 17-20 с.

4 Лепехина, С. Ю. Комплекс алгоритмов работы системы управления роботизированного комплекса трёхмерной печати / С. Ю. Лепехина, С. И. Сухоруков, Ю. А. Давыдов// Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2023. – № 1(65). – С. 68-75. – 10.17084/20764359-2023-65-68. – EDN SAMXVW.