

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

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»
Направление 27.04.04 - «Управление в технических системах»
Профиль - «Управление и информатика в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ

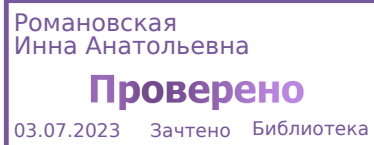
диссертации на соискание академической степени магистра

Разработка роботизированного комплекса трехмерной
крупногабаритной печати полимерных изделий

Студент группы 1АУм-1

Г.А. Громыко

подпись, дата



2023

Актуальность работы:

На сегодняшний день в промышленных технологиях и производстве активно внедряются аддитивные технологии. Данное направление является одним из наиболее динамично развивающихся технологий, позволяющее значительно ускорять процесс решения задач, внедрения и повышения качества новой продукции. Связано это с тем, что любое производство стремится усовершенствовать свою технологию и выпускать более качественную и надежную продукцию.

В производстве аддитивные технологии позволяют создавать практически любое изделие путем послойного наплавления материала, используя при этом трехмерную компьютерную модель. В отличие от традиционных методов обработки материалов, подразумевающих удаление лишнего из изначальной заготовки, аддитивные технологии буквально наращивают новое изделие. При всех преимуществах технологии, на данный момент присутствуют проблемы, понижающие эффективность данных комплексов.

Объект исследования: Роботизированный комплекс трехмерной крупногабаритной печати полимерных изделий.

Предмет исследования: разработка и модернизация системы управления комплекса и его систем

Степень изученности проблемы: проблемы: теоретической основой для

диссертации послужили научные работы разных направлений, раскрывающие отдельные аспекты исследуемой темы. К ним относятся следующие группы работ:

- по технологиям трехмерной печати
- по конструктивным решениям подходов построения комплексов печати
- проектные и графические материалы по разработанным комплексам

- нормативная документация, регламентирующая построение подобных комплексов в России.

Цели исследования: разработка системы управления роботизированным комплексом трехмерной печати

Задачи исследования:

- управление движением печатающей головки и подачи материала;
- управление температурными и технологическими режимами в процессе печати
- отработка технологических режимов для печати объектов различной геометрической конфигурации.

Методологической основой работы является комплексный подход. Для решения поставленных задач применялись следующие методы:

1. Анализ технических источников
2. Объёмно-пространственное моделирование
3. Сравнительный анализ

Структура работы: диссертация разделена на пять глав.

Первая глава посвящена анализу существующих технологий и решений в области трехмерной печати.

Во второй главе ведется разработка структуры аппаратного обеспечения роботизированного комплекса, определяются контролируемые параметры печати, разрабатываются функциональные схемы комплекса, определяются основные недостатки первого прототипа и возможности решения их.

В третьей главе ведется подбор необходимого оборудования, разрабатываются схемы подключения и монтажа элементов систем между собой. Разрабатывается принципиальная схема системы управления комплексом.

В четвертой главе ведется разработка протокола обмена информацией между контроллером робота и контроллером внешних систем. Разрабатываются блок-схемы управляющих программ основных подсистем, а

именно системы управления температуры и охлаждения, системы подачи пластика.

В пятой главе представлены результаты апробации роботизированного комплекса, работоспособности разработанных решений.

Содержание работы

Во введении обосновывается актуальность исследования, ставятся цели и задачи, определяется объект исследования и практическая ценность.

В первой главе проведен анализ существующих аддитивных технологий по видам, а именно:

- 1) Технология послойного плавления пластиком (полимером) FDM (Fusing Deposition Modeling) или FFF.
- 2) Технология лазерной стереолитографии SLA (StereoLithography Apparatus).
- 3) Метод наплавления MJM (Multi Jet Modeling).
- 4) Технология выборочного лазерного спекания SLS (Selective Laser Sintering).
- 5) Технология DLP (Digital Light Processing).
- 6) Выборочное тепловое спекание (SHS).
- 7) Струйная трехмерная печать (3DP).

Проанализировав все вышеперечисленные технологии, было решено в данной работе рассматривать именно FDM печать. Данная технология уже активно реализуется в опытных образцах промышленных роботизированных комплексов, в связи с ее невысокой стоимостью и достаточно простой реализацией.

В дальнейшем были рассмотрены подходы к построению комплексов трехмерной печати, такие как:

- 1) Станки с ЧПУ

Данный подход построения комплексов трехмерной печати характеризуется тем что он построен на базе трехосевых станков с числовым

программным управлением(ЧПУ). К недостаткам большинства конструкций, построенных на такой механике для перемещения можно отнести:

- ограниченные габариты печатаемого изделия, что приводит к усложнению конструкций и проблемам с точностью в случаях увеличения возможных габаритов.

- строго вертикальная ориентация экструдера, что сильно ограничивает возможности по печати сложных пространственных конструкций с нависающими элементами, для этого необходима печать временных поддерживающих конструкций и последующее их удаление. Это приводит к большому расходу материала, увеличению времени печати изделия, а также необходимости постобработки.

2)Роботизированные комплексы

В данном подходе построение комплекса строится на базе роботизированных систем, таких как робот-манипулятор. Такой комплекс имеет ряд преимуществ по сравнению с классическими системами трехмерной печати, то есть больше степеней свободы и увеличенную рабочую зону, а как следствие – увеличение габаритов печатаемого изделия.

В данном направлении уже работают многие научные центры при крупных производствах в мире, стараясь внедрить в технологии изготовления сложных конструкций аддитивные технологии на базе роботизированных комплексов.

В дальнейшем рассмотрен успешный международный опыт внедрения данного подхода в промышленность различными компаниями. Рассмотрены отечественные исследования в данной области.

Из чего следует вывод, что исследования в области разработки роботизированных комплексов трехмерной крупногабаритной печати актуальны и необходимы.

Вторая глава посвящена разработке структуры аппаратного обеспечения роботизированного комплекса, для чего основываясь на опыте пробного запуска экспериментального образца комплекса дорабатывается первоначальная функциональная схема комплекса (рисунок 1), так во время

пробных запусков этого комплекса были обнаружены проблемы, связанные с недостаточным быстродействием системы и отсутствием синхронизации работы элементов системы, что негативно повлияло на качество напечатанной детали. Причиной стало наличие ускорений/торможений всех движущихся элементов системы, негибкая отработка команд в программе, реализованной на контроллере робота, а также низкая пропускная способность интерфейса между контроллером робота и подчиненными системами управления. Кроме того присутствовала проблема охлаждения модели печати, как следствие понижение качества печати.

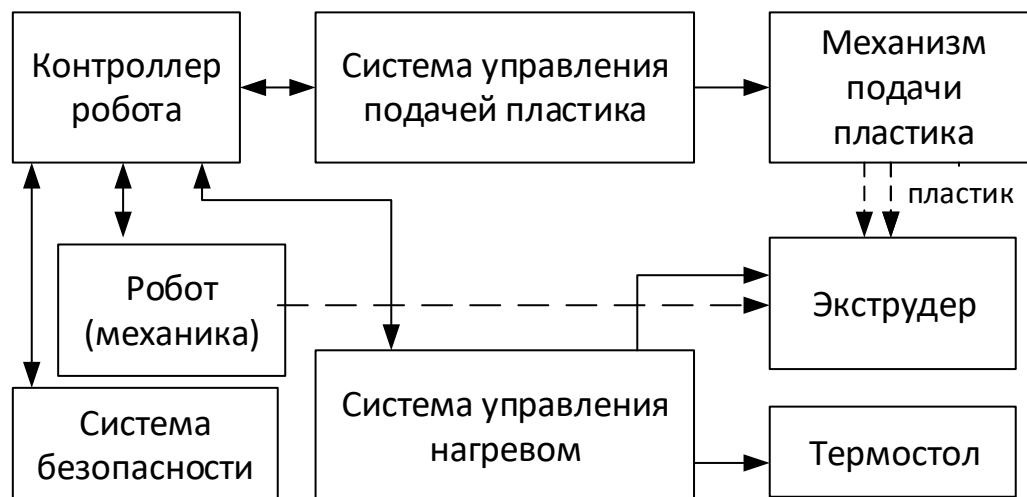


Рисунок 1- Функциональная схема автоматизированного комплекса

Так как основные задержки в первом прототипе были вызваны длительностью передачи информации от контролера робота на внешние системы и процесс передачи сигнала начинался после завершения перемещения робота, поэтому решать проблему синхронизации элементов будем с помощью программного способа без вмешательства в аппаратную часть.

Обеспечим возможность повышения качества печати экструдером за счет более точного контроля температуры, для этого добавим дополнительные элементы в структуру системы, а именно вентиляторы на экструдере для охлаждения радиатора и обдува модели печати.

Для повышения надежности работы системы комплекса добавим датчик обрыва проволоки пластика в системе подачи. В результате функциональная схема системы управления с учетом изменений представлена на рисунке 2.

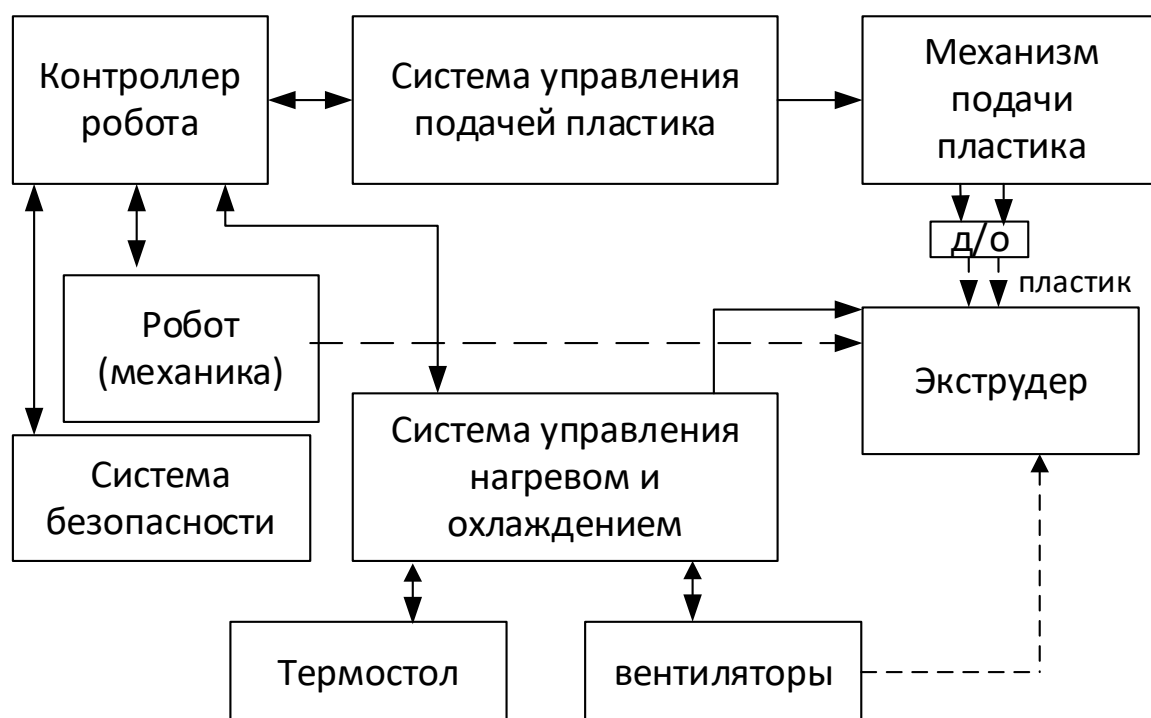


Рисунок 2 – Доработанная функциональная схема автоматизированного комплекса

В третьей главе приведен подбор необходимого оборудования, рассчитаны и разработаны схемы подключения элементов систем. В результате была составлена принципиальная схема роботизированного комплекса трехмерной печати, кроме этого приведена разработанная модель крепления секций многосекционного термостола.

Четвертая глава посвящена разработке и модернизации алгоритмов работы систем управления комплекса. Разработан протокол передачи данных между контроллером робота и контроллером внешних систем. Для преодоления недостатков первого образца приводится программное решение в виде применения функции TRIGGER. А также приводятся разработанные блок-схемы управляющих подпрограмм внешних систем комплекса.

В пятой главе представлены этапы сборки разработанных решений и результаты апробации роботизированного комплекса. Представлены результаты тестирования работы спроектированных систем комплекса.

Основные выводы и результаты работы

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

Была спроектирована функциональная схема системы управления комплексом трехмерной печати полимерных изделий. Исходя из требуемых параметров, для каждого из элементов схемы было выбрано соответствующее оборудование. В соответствии с функциональной схемой 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 нагревательного стола и подсистемы работы экструдера с учетом охлаждения. Составлены алгоритмы работы данных подсистем и их управляющие программы.

Был собран экспериментальный прототип роботизированного комплекса, протестирована работа систем комплекса, были оценены преимущества внедренных новых решений. Благодаря которым было снижено время задержки при управлении подсистемами, добились лучшей адгезии печатных моделей за счет обдува слоев.

Основные публикации по теме работы

1 Громыко Г. А., Разработка системы управления унифицированного модуля нагревательного стола для роботизированного комплекса трехмерной печати / Громыко Г. А., Лепехина С. Ю., 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 Громыко, Г. А. Разработка вариантов структур систем управления роботизированными системами трехмерной печати полимерных изделий/ Громыко Г. А., Лепехина С. Ю., 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.

3 Громыко Г.А., Разработка структуры автоматизированного комплекса трехмерной печати на базе промышленного робота/ Громыко Г.А., Гурьянов И.Д., Сухоруков С.И. //Материалы IV Международной научно-практической конференции,2021.

4 Громыко Г.А., Разработка системы управления многосекционным термостолом для 3д-печати./ Громыко Г.А., Гурьянов И.Д., Сухоруков С.И. // Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях. 2021.17-21 с.

5 Громыко, Г. А. Обзор существующих технологий трехмерной печати пластиковых изделий/ Громыко Г. А., Лепехина С. Ю., Сухоруков С. И. // Производственные технологии будущего:от создания к внедрению. Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых. В 2-х частях. 2023. 44-48 с.