

# РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИБКОСТИ СИСТЕМ ЧПУ ЛАЗЕРНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИХ МОДУЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРЫ

## Цель работы:

Повышение эффективности процесса разработки систем ЧПУ лазерного технологического оборудования на основе модульной организации архитектуры, обеспечивающей гибкость системы управления.

## Задачи исследования:

1. Провести анализ программного обеспечения систем ЧПУ с целью выявления проблем, возникающих при адаптации этих систем для управления классом технологического оборудования на базе лазеров с непрерывным и импульсным излучением.
2. Построить архитектурную модель системы ЧПУ с расширяемой модульной архитектурой для управления лазерным оборудованием.
3. Разработать механизм параметрического программирования контуров для систем лазерной обработки.
4. Разработать модуль интерполятора с расширяемой архитектурой и алгоритмы управления движением для лазерной обработки сложных контуров, интегрировать их в ядре однокомпьютерной системы ЧПУ.
5. Проверить достоверность полученных результатов на основе сравнения теоретических данных с данными, полученными при проведении экспериментальных исследований.

## Научная новизна:

1. Установлены взаимосвязи между аппаратными и программными компонентами систем ЧПУ для лазерных станков, позволившие выделить совокупность общих модулей и создать на их основе единое архитектурное решение для задач лазерной обработки.
2. На основании установленных взаимосвязей разработана архитектурная модель обобщенной системы ЧПУ для управления установками лазерной маркировки, графики в прозрачных средах, послойного синтеза и комбинированной механо-лазерной обработки, основанная на архитектуре системы управления класса PCNC.
3. Разработаны алгоритмы опережающего просмотра траектории и управления движением по параметрическим кривым для импульсных лазерных систем, позволяющие исключить остановки в обрабатываемых точках и обеспечить постоянную контурную скорость.

# Анализ открытости многофункциональных систем ЧПУ

| Система ЧПУ<br>Критерий                                     | 30/31/32i<br>(FANUC)            | SINUMERIK<br>840D sl<br>(Siemens)        | iTNC 530<br>(Heidenhain)               | MTX<br>advanced<br>(Rexroth)        | Andronic<br>2060/3060<br>(Andron)                  | NC-210/310<br>(Балт-Систем)             | AxiOMA Ctrl<br>(МГТУ<br>Станкин) |
|---|---------------------------------|--|--|-------------------------------------|--|---|----------------------------------|
| Внешнее управление движением                                | нет                             | нет                                      | нет                                    | нет                                 | нет  | нет                                     | Добавлено                        |
| Параметрическое программирование                            | Сочетание ISO-7bit и ANSI C     | Высокоуровневая надстройка ISO-7bit      | Параметризованные циклы                | Язык высокого уровня CPL            | Язык высокого уровня anlog-C (подмножество ANSI C) | Параметризованные циклы                 | Добавлено                        |
| Адаптация интерфейса оператора для задач лазерной обработки | Макроязыки для создания режимов | Создание расширений интерфейса оператора | Графическое написание станочных циклов | Интеграция пользовательских экранов | Создание пользовательских панелей                  | Создание виртуального станочного пульта | Создание дополнительных режимов  |
| Адаптация интерполятора к импульсной обработке              | нет                             | нет                                      | нет                                    | нет                                 | нет  | нет                                     | Добавлено                        |
| Наличие слотов расширения PCI                               | нет                             | 1 x PCI                                  | нет                                    | 1 x PCI                             | 2 x PCI  | нет                                     | 1-4 x PCI                        |

# Выделение совокупности модулей, охватывающих функциональность специализированных СЧПУ лазерных станков

## Послойный синтез

### Управление подачей:

- 2-х координатные сканаторы

### Программирование:

- Преобразователи 3D моделей в код ISO-7bit

### Специфика систем:

- Внешнее управление из терминальной части

## Маркировка

### Управление подачей:

- 2-х координатные сканаторы

### Программирование:

- Преобразователи графических файлов в код ISO-7bit
- Языки высокого уровня

### Специфика систем:

- При обработке непрерывным излучением возможно применение обычных алгоритмов опережающего просмотра

## Графика в прозрачных средах

### Управление подачей:

- 2-х координатные сканаторы
- Привода подач

### Программирование:

- Код ISO-7bit

### Специфика систем:

- Синхронизация движения с импульсами лазера

## Механо-лазерная обработка

### Управление подачей:

- 2-х координатные сканаторы и привода подач

### Программирование:

- Языки высокого уровня
- Код ISO-7bit

### Специфика систем:

- Управление сканатором и приводами в рамках единой управляющей программы

## Компоненты обобщенной системы управления

### Ядро системы

Интерполятор

Модуль управления ПЛК

Интерпретатор

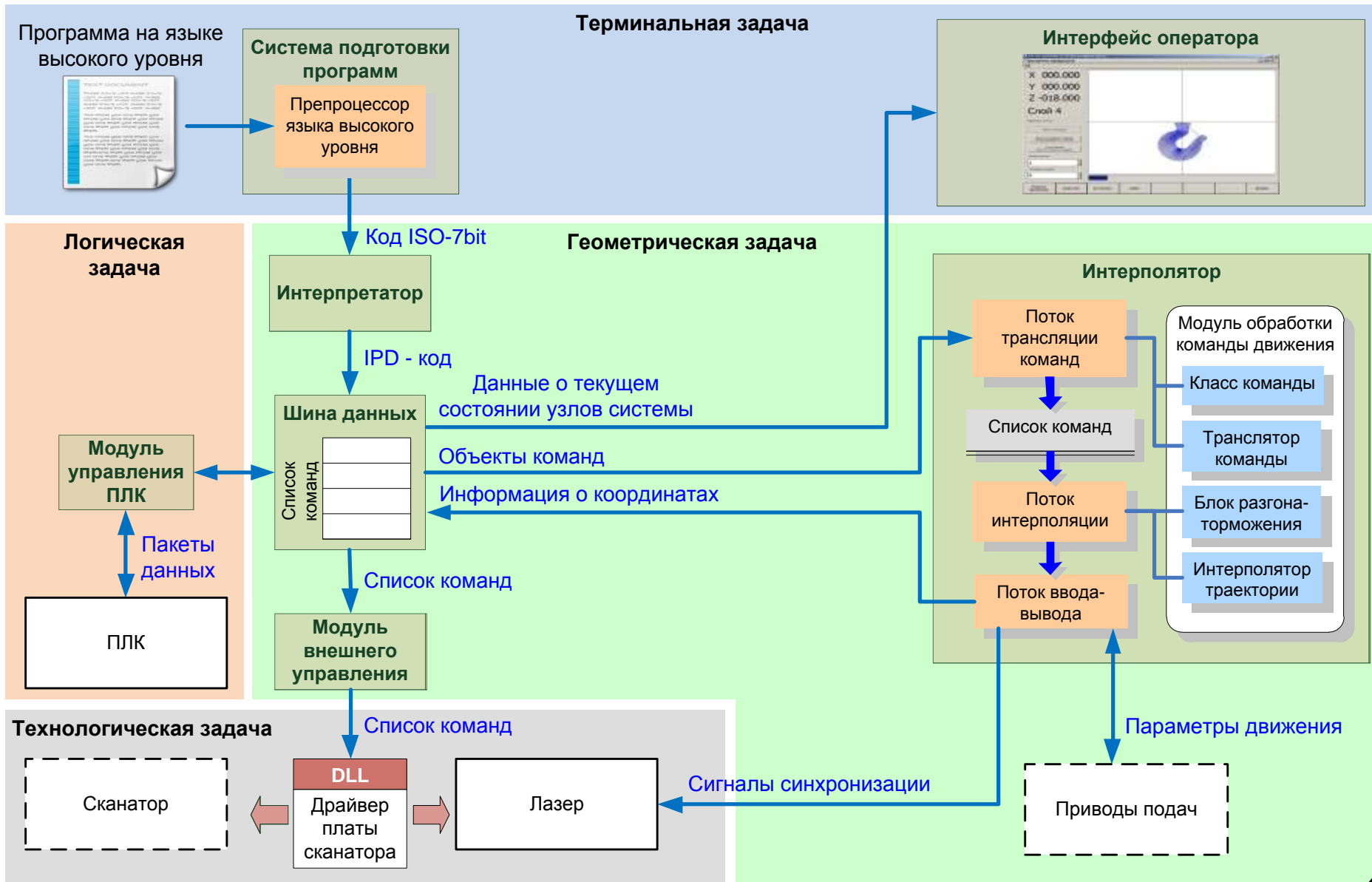
### Терминал

Препроцессор языка высокого уровня

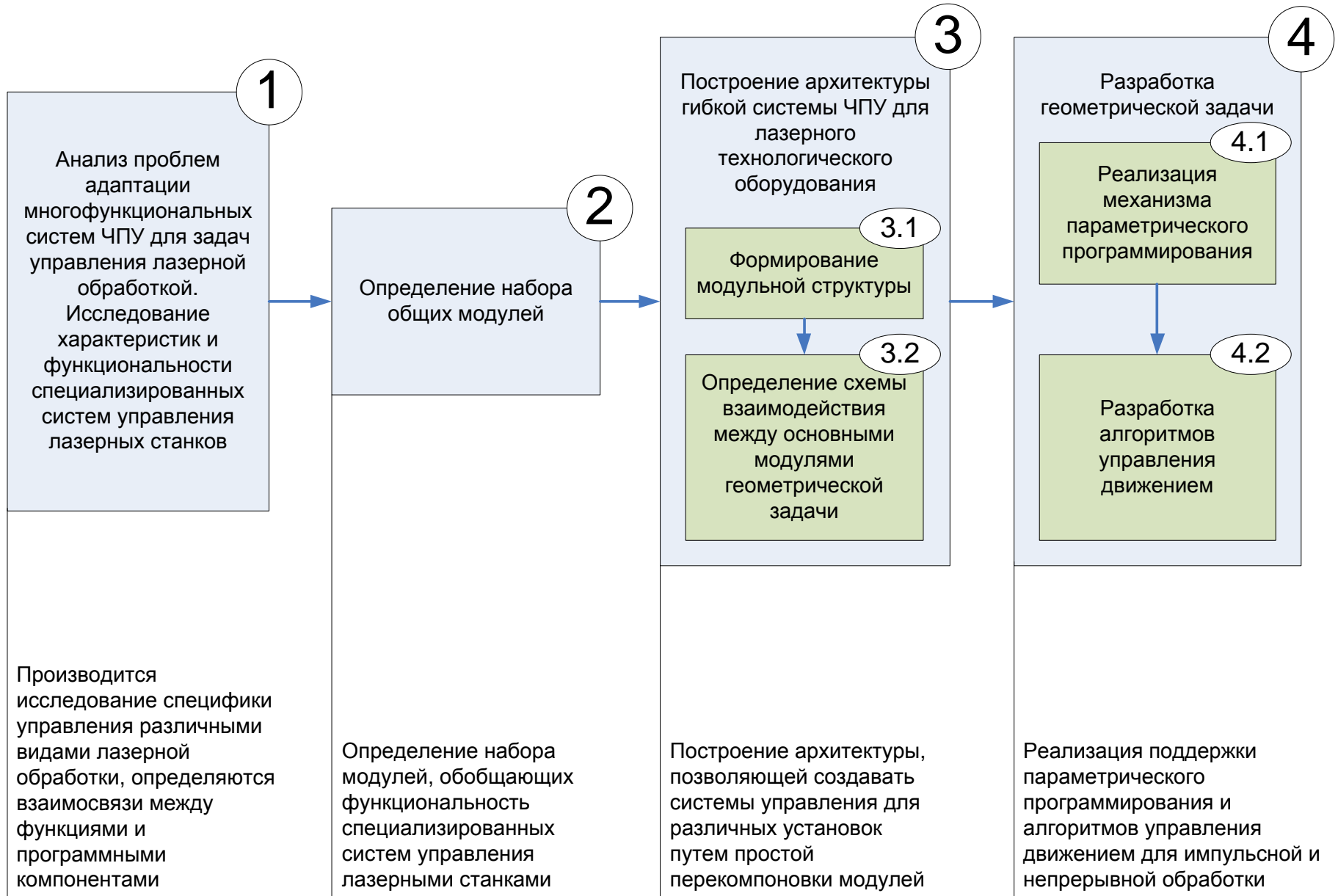
Интерфейс оператора

Модуль внешнего управления движением

# Архитектурная модель гибкой системы ЧПУ для лазерной обработки



# Метод обеспечения гибкости систем ЧПУ лазерного технологического оборудования



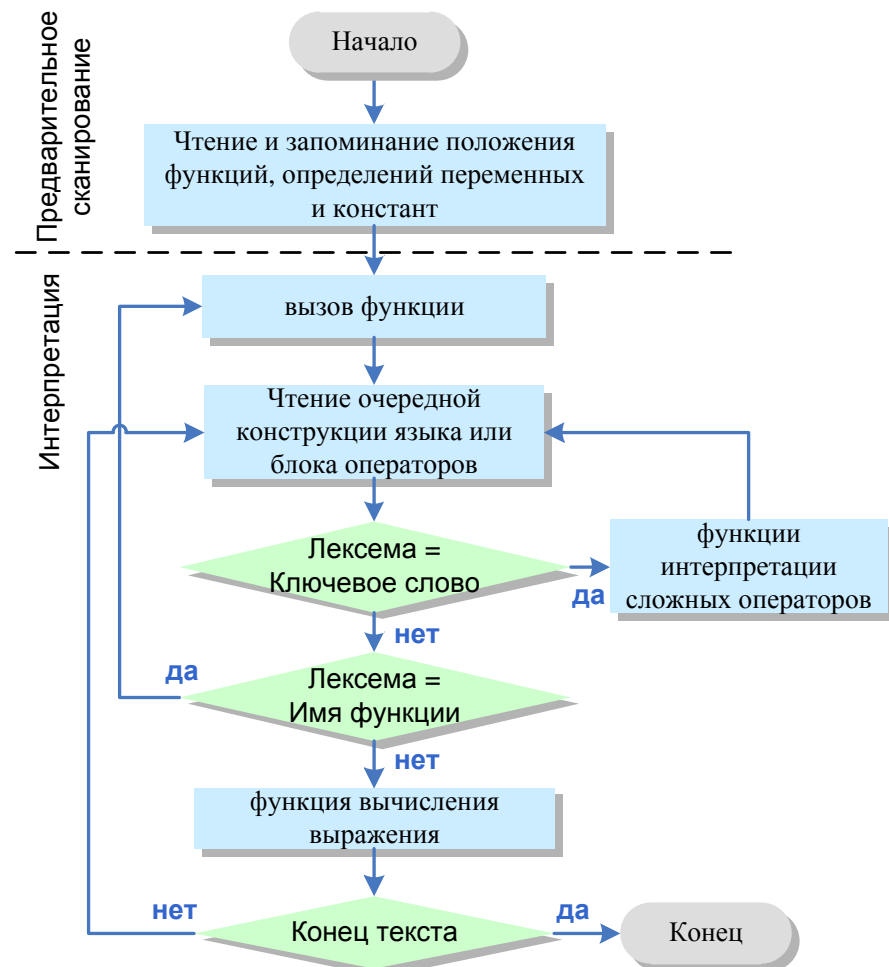


# Построение интерпретатора языка высокого уровня для системы управления лазерной обработкой

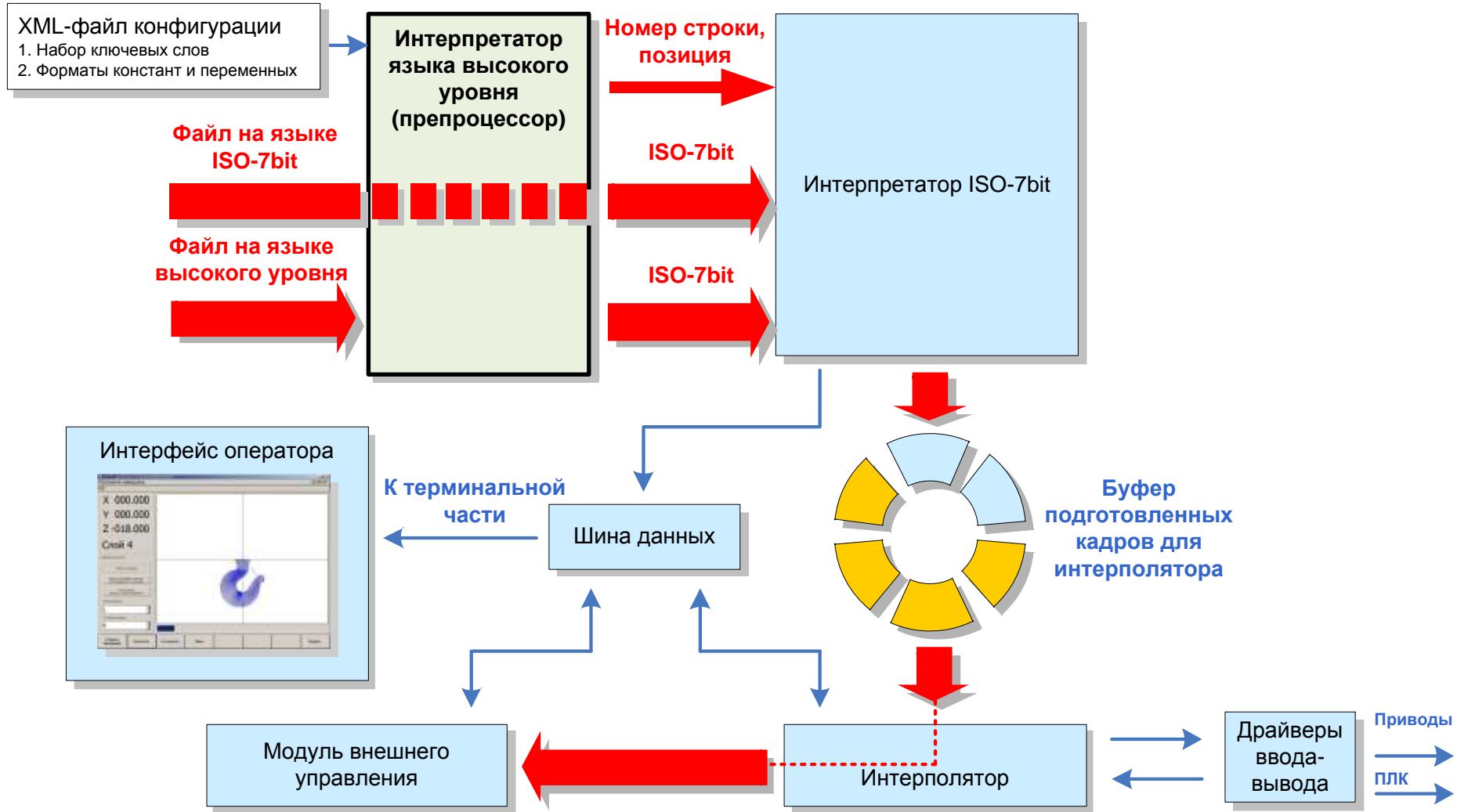
## Структура интерпретатора



## Интерпретация программы

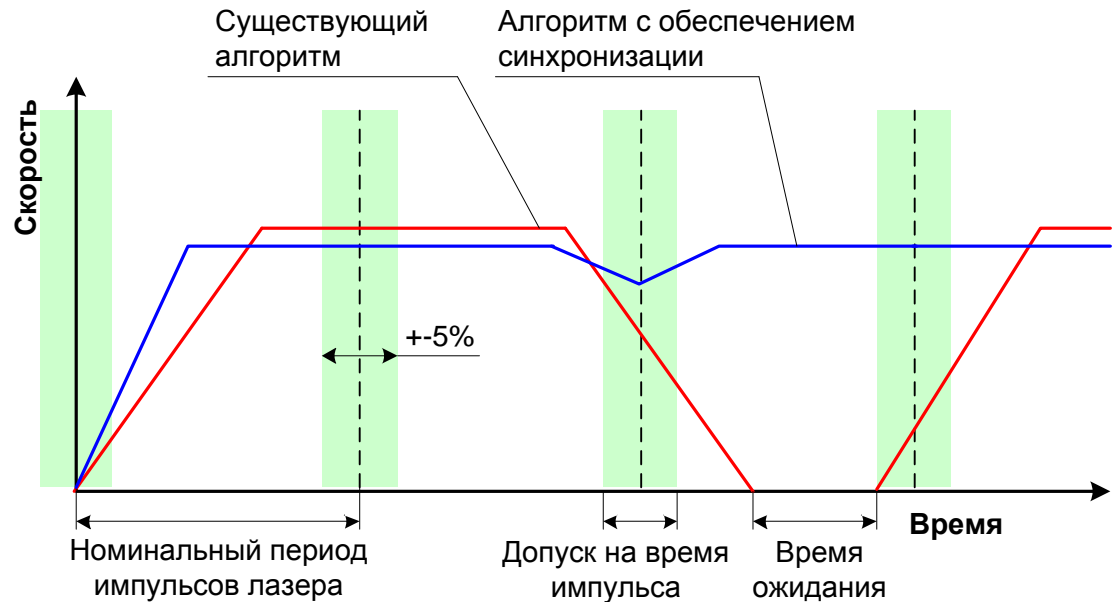
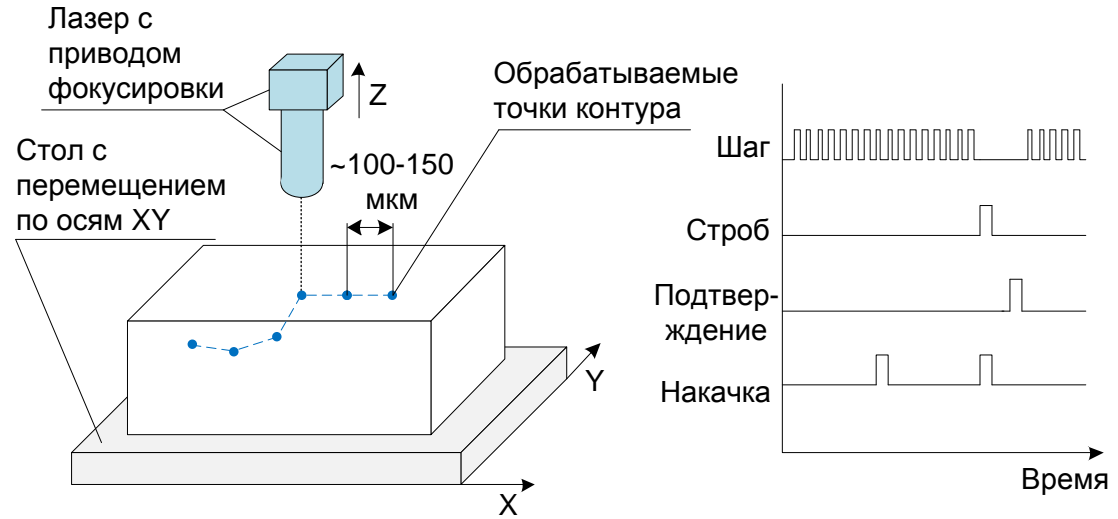
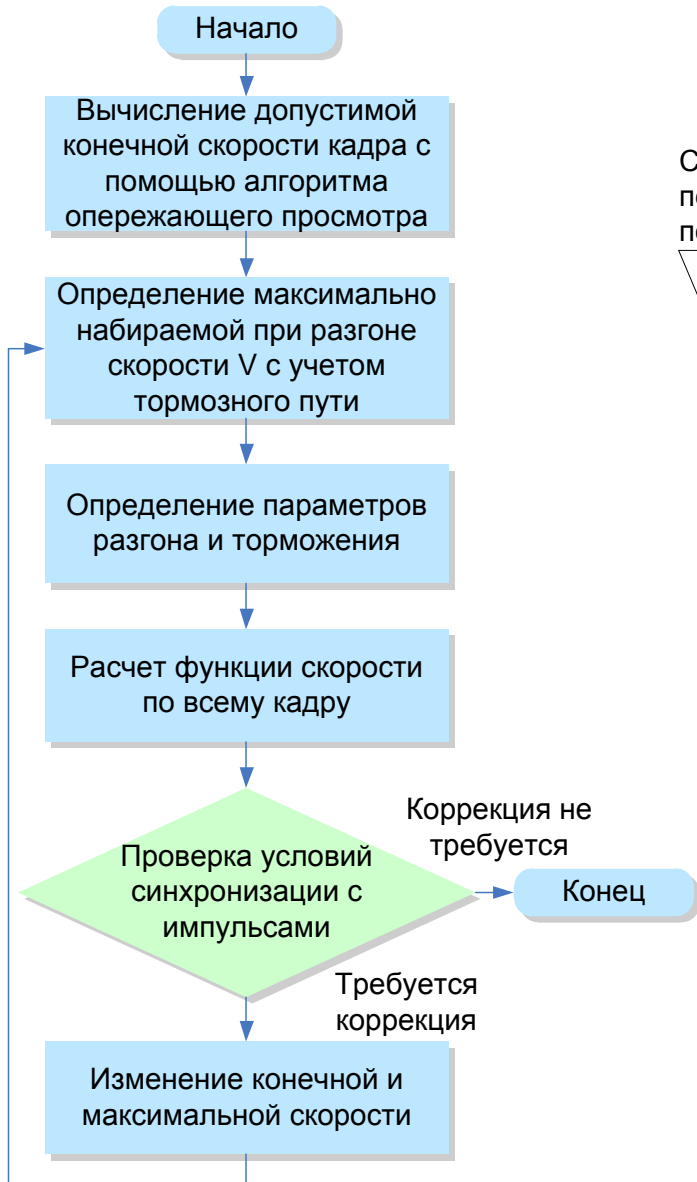


# Интеграция интерпретатора языка высокого уровня в конвейер обработки программы

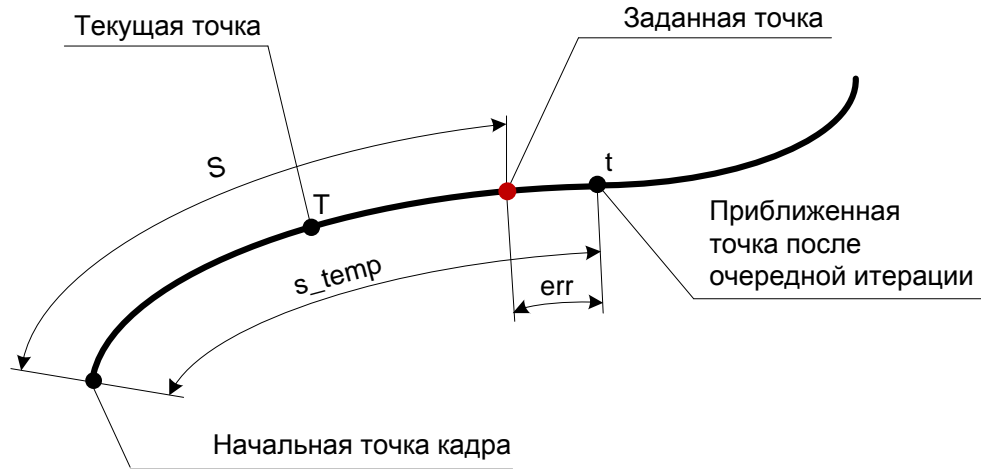
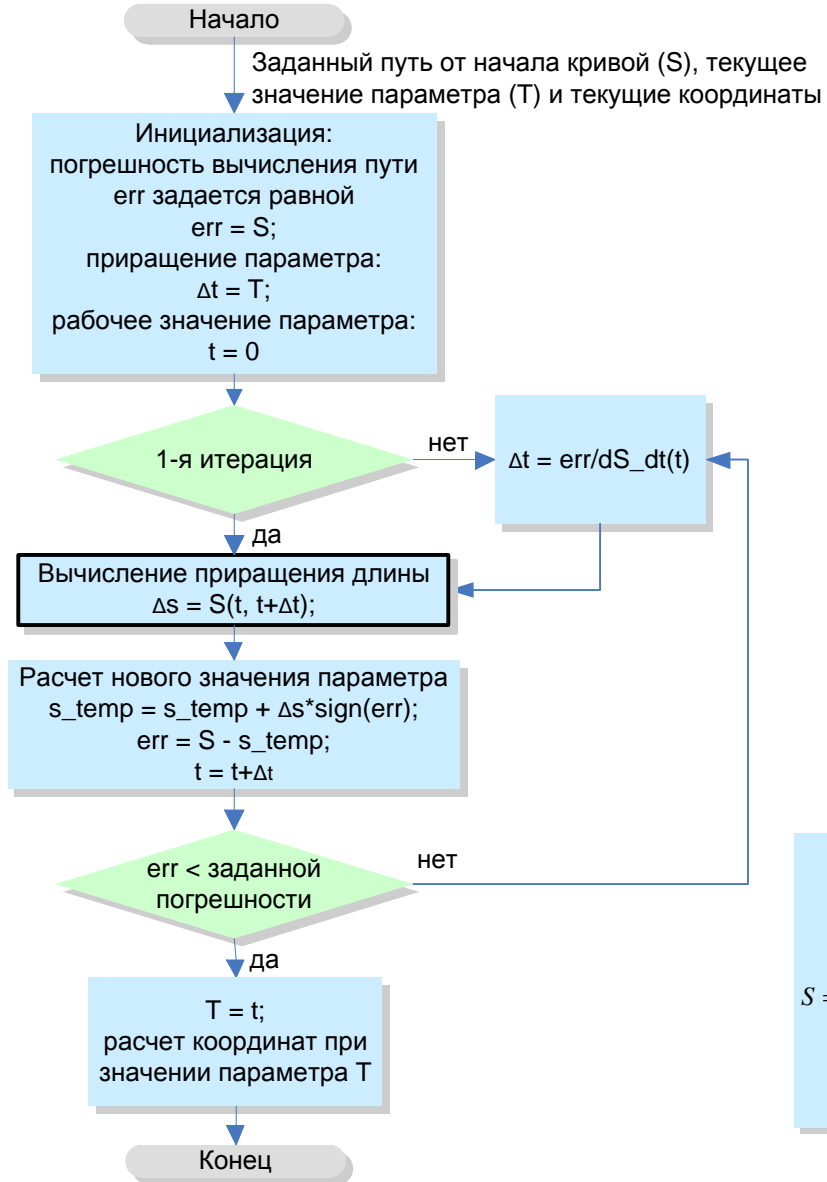




# Алгоритм разгона и торможения, обеспечивающий синхронизацию движения с импульсами лазера



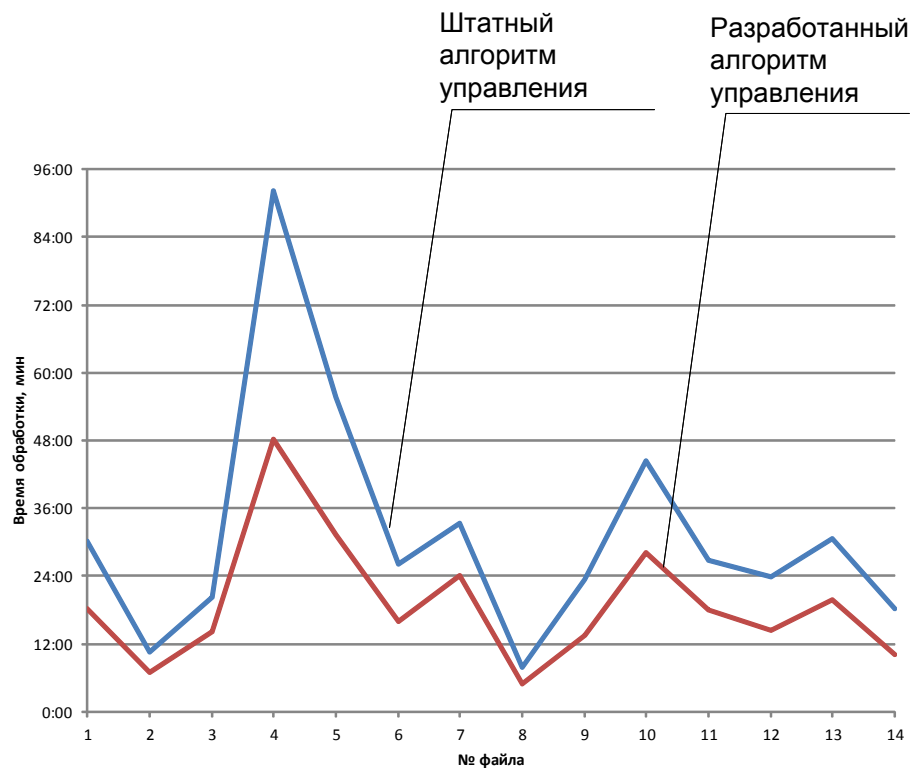
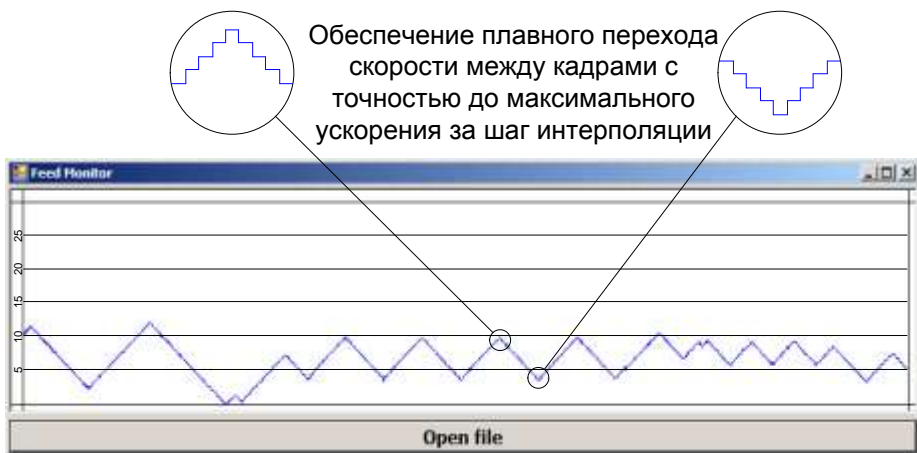
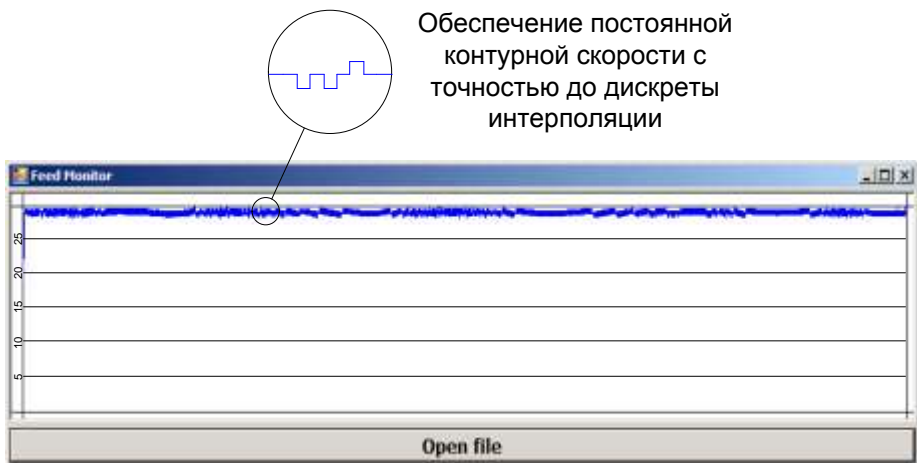
# Реализация обобщенного алгоритма интерполяции параметрически заданных кривых



## Расчет расстояния между точками S(t1, t2):



# Проверка достоверности результатов реализации алгоритмов управления движением



Сравнение производительности разработанного и существующего алгоритмов управления движением

# Реализация работы

Рабочая зона

Дефлектор

Установка послыйного порошкового синтеза, разработанная ОАО НИАТ

Шкаф электроавтоматики

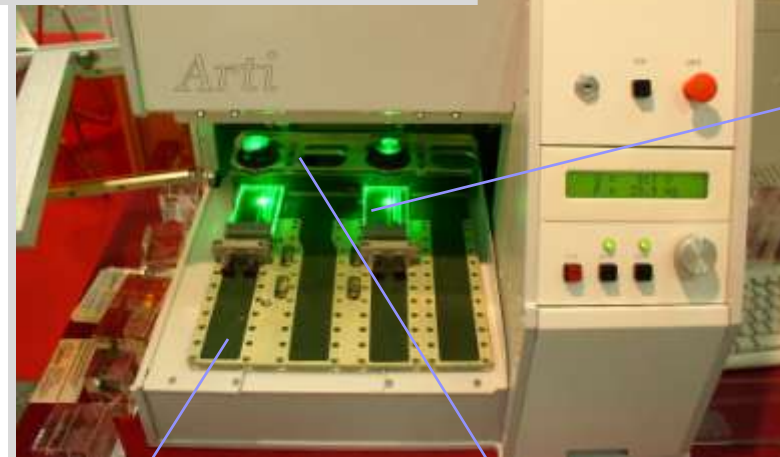
Шкаф системы управления

Основной блок лазера

Станок лазерной графики и маркировки в стекле фирмы LaserGraphicArt

Стеклянная Заготовка

- Получено 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, созданных в рамках работы
- Результаты работы использованы для создания систем управления и их компонентов по 3-м НИР в рамках ФЦП и 2-м хозрасчетным работам



Стол с перемещением по X

Блок объективов с перемещением по Y, Z

# Выводы и результаты работы

1. В работе решена задача, имеющая существенное значение для машиностроения, заключающаяся в разработке метода обеспечения гибкости систем ЧПУ лазерного технологического оборудования на основе обобщенного модульного архитектурного решения, позволяющего компоновать и расширять систему управления для конкретных технологических задач.
2. Установленные взаимосвязи между аппаратными и программными компонентами лазерных станков с ЧПУ позволили выделить совокупность общих модулей, необходимых для построения базовой системы управления широким классом лазерного технологического оборудования.
3. На основании установленных взаимосвязей разработана архитектурная модель обобщенной системы ЧПУ для управления установками лазерной маркировки, графики в прозрачных средах, послойного синтеза и комбинированной механо-лазерной обработки, основанная на архитектуре системы управления класса PCNC.
4. Разработаны алгоритмы опережающего просмотра траектории и управления движением по параметрическим кривым для импульсных лазерных станков, позволяющие исключить остановки в обрабатываемых точках и обеспечить постоянную контурную скорость. Применение разработанных алгоритмов приводит к сокращению времени обработки на 30-50% на станках с приводами подач по сравнению с использованием алгоритмов, не учитывающих синхронизацию движения с импульсами лазера.
5. Построение интерпретатора структурированного языка управляющих программ высокого уровня на основе метода рекурсивного нисходящего анализа обеспечило возможность применения параметрического программирования при сохранении совместимости с программами в коде ISO-7bit. Предложенный способ интеграции интерпретатора в архитектурную модель системы ЧПУ в виде препроцессора позволил реализовать поддержку языка высокого уровня без изменений базовых модулей системы ЧПУ.
6. Созданные в рамках диссертационной работы программные компоненты позволили на единой программно-аппаратной платформе практически реализовать управление комбинированной механо-лазерной обработкой (система AxiOMA Ctrl), маркировкой и графикой в прозрачных средах (система ArtNC), а также послойным порошковым синтезом (система AxiOMA Laser Ctrl).
7. Разработанная методика компоновки системы управления для задач лазерной обработки на основе предложенного единого архитектурного решения позволяет сократить время и себестоимость процесса разработки систем управления для лазерных станков.
8. Полученные теоретические и практические результаты рекомендуется применять на предприятиях машиностроительного профиля, использующих лазерное технологическое оборудование, а также в учебном процессе по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств» (220700).