«Разработка способа аппаратно-независимого управления электроавтоматикой для сокращения времени выпуска различных компоновок токарно-фрезерных станков с ЧПУ»

Цель работы: *сокращение времени на разработку системы управления электроавтоматикой технологического оборудования и выпуска новой станочной продукции на рынок посредством синтеза программ электроавтоматики из готовых библиотечных решений*

Задачи:

1. *Проанализировать средства реализации логической задачи управления в современных системах ЧПУ.*
2. *Разработать структурную модель системы аппаратно-независимого управления электроавтоматикой технологического оборудования, определяющую тип программируемого контроллера, топологию сети и протокол коммуникации, и обеспечивающую возможность варьирования набора периферийных модулей ввода/вывода без изменения программы электроавтоматики.*
3. *Разработать способ аппаратно-независимого управления электроавтоматикой станков с ЧПУ и методику конфигурирования модулей ввода/вывода.*
4. *Разработать алгоритмическое обеспечение расчетов технически требуемых параметров модулей ввода/вывода в зависимости от компоновки станка.*
5. *Реализовать прикладные решения для аппаратно-независимого управления электроавтоматикой гаммы токарно-фрезерных станков с ЧПУ на базе полученных теоретических и практических знаний.*

Научная новизна:

1. *Установлены взаимосвязи между компоновкой станка и библиотеками готовых программ управления электроавтоматикой и функциональных блоков, отражающие структурную схему системы управления и тип используемого программируемого контроллера.*
2. *На основе установленных взаимосвязей построена структурная модель аппаратно-независимого управления электроавтоматикой станков с ЧПУ, отличающаяся переносом выполнения программы электроавтоматики с уровня автономного ПЛК на уровень программно-реализованного контроллера в системе ЧПУ.*
3. *Предложен способ аппаратно-независимого управления электроавтоматикой станков с ЧПУ, обеспечивающий возможность варьировать состав периферийных модулей ввода/вывода без изменения программы электроавтоматики посредством редактирования файла конфигурации.*
4. *Разработан алгоритм расчета параметров модулей ввода/вывода в зависимости от компоновки станка для инструментария разработки и конфигурирования программы электроавтоматики.*

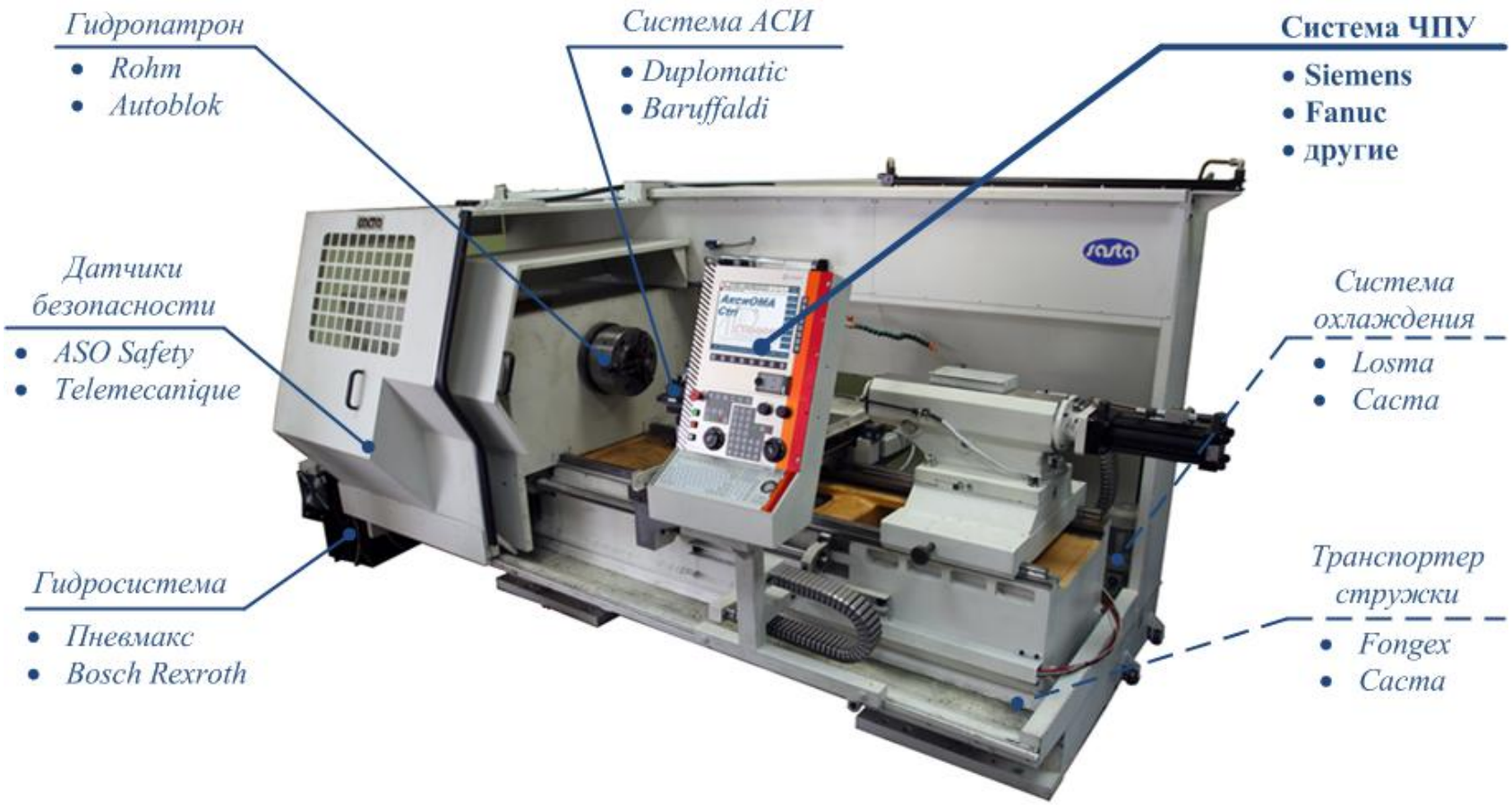
Практическая значимость:

1. *Разработана методика конфигурирования модулей ввода/вывода управляющих сигналов.*
2. *Осуществлена программная реализация алгоритма расчета параметров модулей ввода/вывода для инструментария разработки и конфигурирования программы электроавтоматики*
3. *Разработана расширяемая библиотека функциональных блоков управления разнородным вспомогательным оборудованием станков, используемая при разработке программ ПЛК.*

Варианты комплектации основных узлов токарных и токарно-фрезерных станков

Станок / Узел	Токарные станки		Гамма токарно-фрезерных центров		Гамма обрабатывающих центров
	16А20Ф3 (ОАО «КП»), 16ГС25Ф3 (ОАО«ГЗСУ»)	СА 500 / СА 700 (ОАО «САСТА»)	СА 535 (ОАО «САСТА»)	СА 650 / СА 720 (ОАО «САСТА»)	CAT400/CAT 630/CAT700/CAT800 (ОАО «САСТА»)
Автоматическая смена инструмента	Универсальные головки ГЗСУ	Револьверные головки Duplomatic, Baruffaldi	Револьверные головки Duplomatic	Инструментальные головки Sauter, устройства АСИ Colombo	Револьверные головки Duplomatic, Baruffaldi
Устройство зажима заготовки	Ручной патрон БелТАПАЗ, электромеханический патрон	Гидропатроны Rohm	Гидропатроны Rohm, Autoblok	Гидропатроны Rohm, Autoblok	Пневмо-, гидропатроны Bison, Rohm, Autoblok
Пневмо-оборудование	-	-	Пневмосистемы Festo, Пневмакс	Пневмосистемы Festo, Пневмакс	Пневмосистемы Festo, Пневмакс
Гидро-оборудование	-	Гидравлическая система Пневмакс	Гидросистемы Bosch Rexroth, Пневмакс	Гидросистемы Bosch Rexroth, Пневмакс	Гидросистемы Atos, Etscheid, Duplomatic
Система безопасности	*нет информации*	Датчики безопасности Telemecanique, ASO Safety	Датчики безопасности Scheider Electric, Balluff	Датчики безопасности Scheider Electric, Balluff	Датчики безопасности Telemecanique
Система ЧПУ	Siemens, Fagor, Mitsubishi и другие	Mitsubishi, Siemens, Omron и другие	Siemens, Fanuc, Балт-Систем и другие	Siemens, Fanuc, Балт-Систем и другие	Siemens, Fanuc, Балт-Систем Bosch Rexroth и другие

Варианты компоновки токарных станков на примере СА700



Число возможных комбинаций оборудования:

$$N = \prod_{i=1}^{n} k_i$$

где

n – общее число узлов электрооборудования;

k – число производителей узла электрооборудования

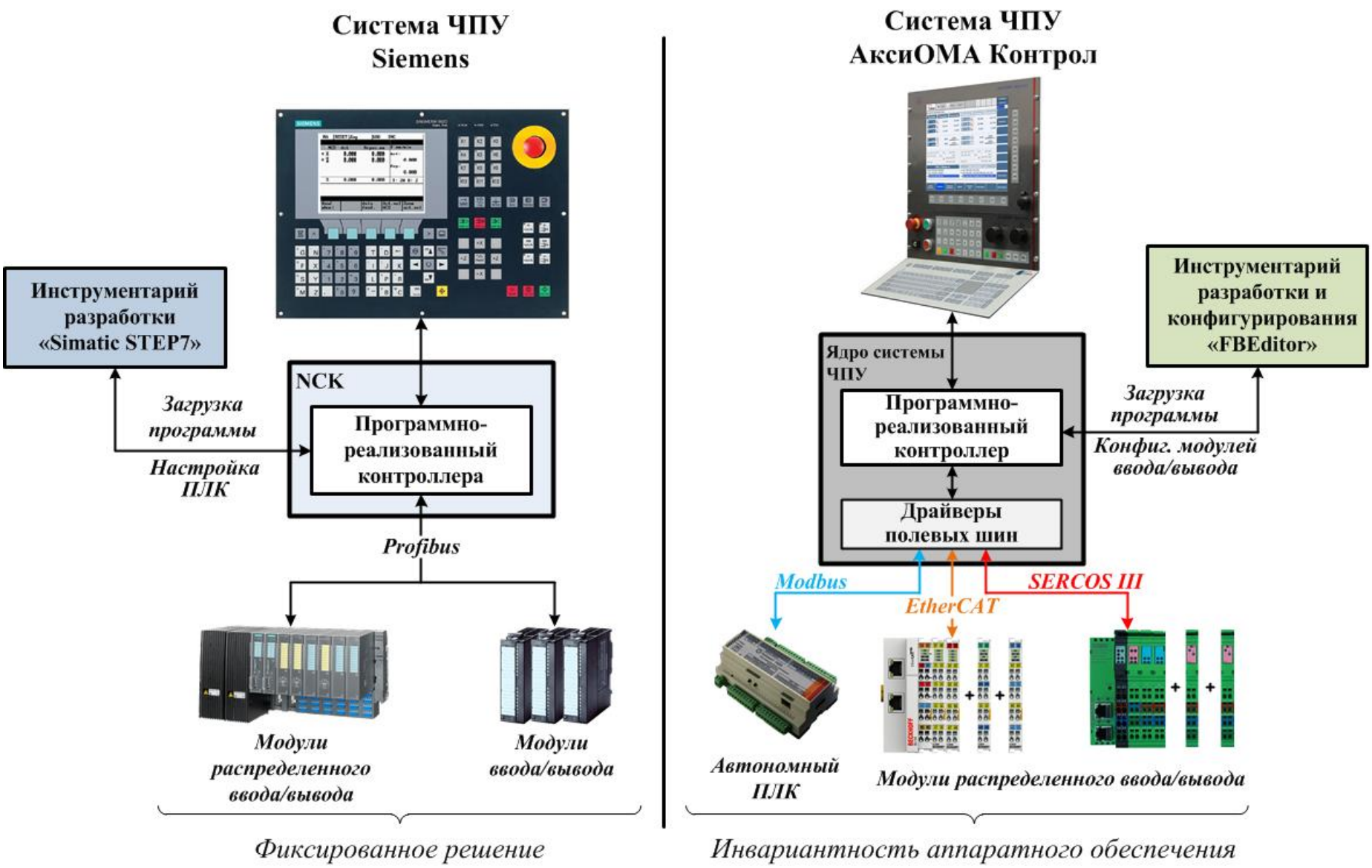
Классификация станков по степени универсальности и специализации

	Специальные станки	Специализированные станки	Универсальные станки
Число возможных комбинаций оборудования	< 10	10 ÷ 25	> 25

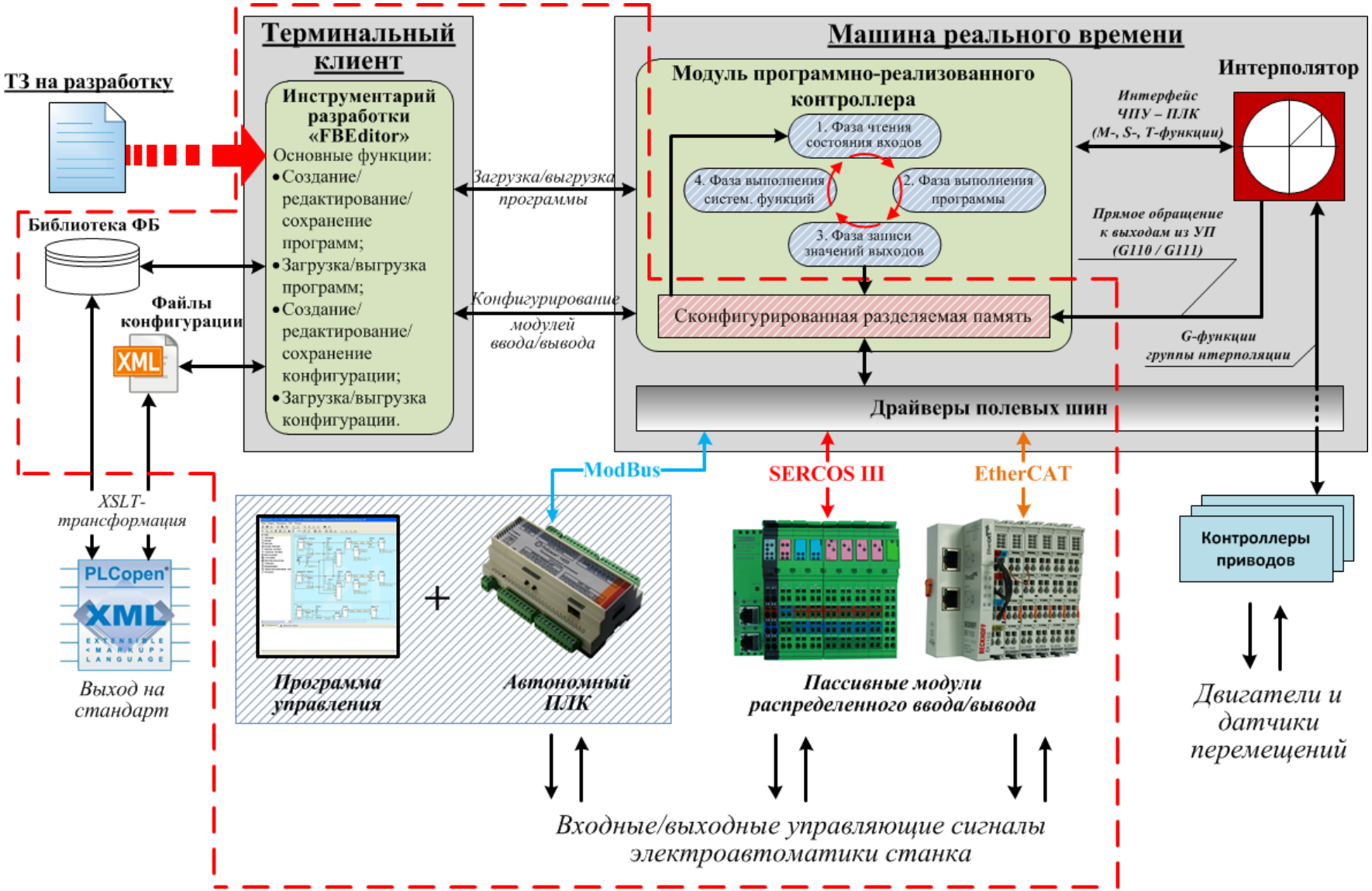
Анализ портируемости программ электроавтоматики для различных систем ЧПУ

	Системы ЧПУ крупных производителей		Системы ЧПУ производителей средних объемов		Системы ЧПУ небольших производителей		«АксиОМА Контрол» («МГТУ «СТАНКИН»)
	Fanuc	Siemens	Bosch Rexroth	NUM	NCT	Балт-Систем	
Тип контроллера	Встроенный контроллер	ПЛК, SoftPLC	Встроенный контроллер	SoftPLC	Встроенный контроллер	Встроенный контроллер	ПЛК, SoftPLC
Модули ввода/вывода	Собственное производство	Собственное производство, VIPA, Kollewin Technology	Собственное производство, Phoenix Contact	Beckhoff	Собственные и сторонние устройства с поддержкой EtherCAT	Собственное производство	Bosch Rexroth, Phoenix Contact, Beckhoff, NCT
Протокол коммуникации	Ethernet Global Data	Закрытые протоколы PROFIBUS, PROFINET	SERCOS, PROFIBUS, PROFINET	EtherCAT	EtherCAT	Внутренний протокол обмена	SERCOS (II, III), EtherCAT, Modbus, CAN
Поддерживаемые языки программирования	Instruction List, Ladder Diagram	Языки стандарта IEC 61131-3	Языки стандарта IEC 61131-3, CFC	Языки стандарта IEC 61131-3	Ladder Diagram	Аналог языка Instruction List	Function Block Diagram
Инструментарий разработки программного обеспечения	Собственный инструментарий «Fanuc Ladder III»	Собственный инструментарий «Simatic STEP7»	«IndraWorks» (использует ядро «CoDeSys»)	«Flexium Tools» (использует ядро «CoDeSys»)	Собственный инструментарий, интегрированный в систему ЧПУ	Собственный инструментарий, интегрированный в систему ЧПУ	Собственный инструментарий «FBEditor»
Конвертирование программ электроавтоматики	*Нет данных*	—	• совместимость платформонезависимых программных объектов; • поддержка стандарта OpenXML		—	—	*Поддержка стандарта OpenXML (через XSLT-трансформацию)

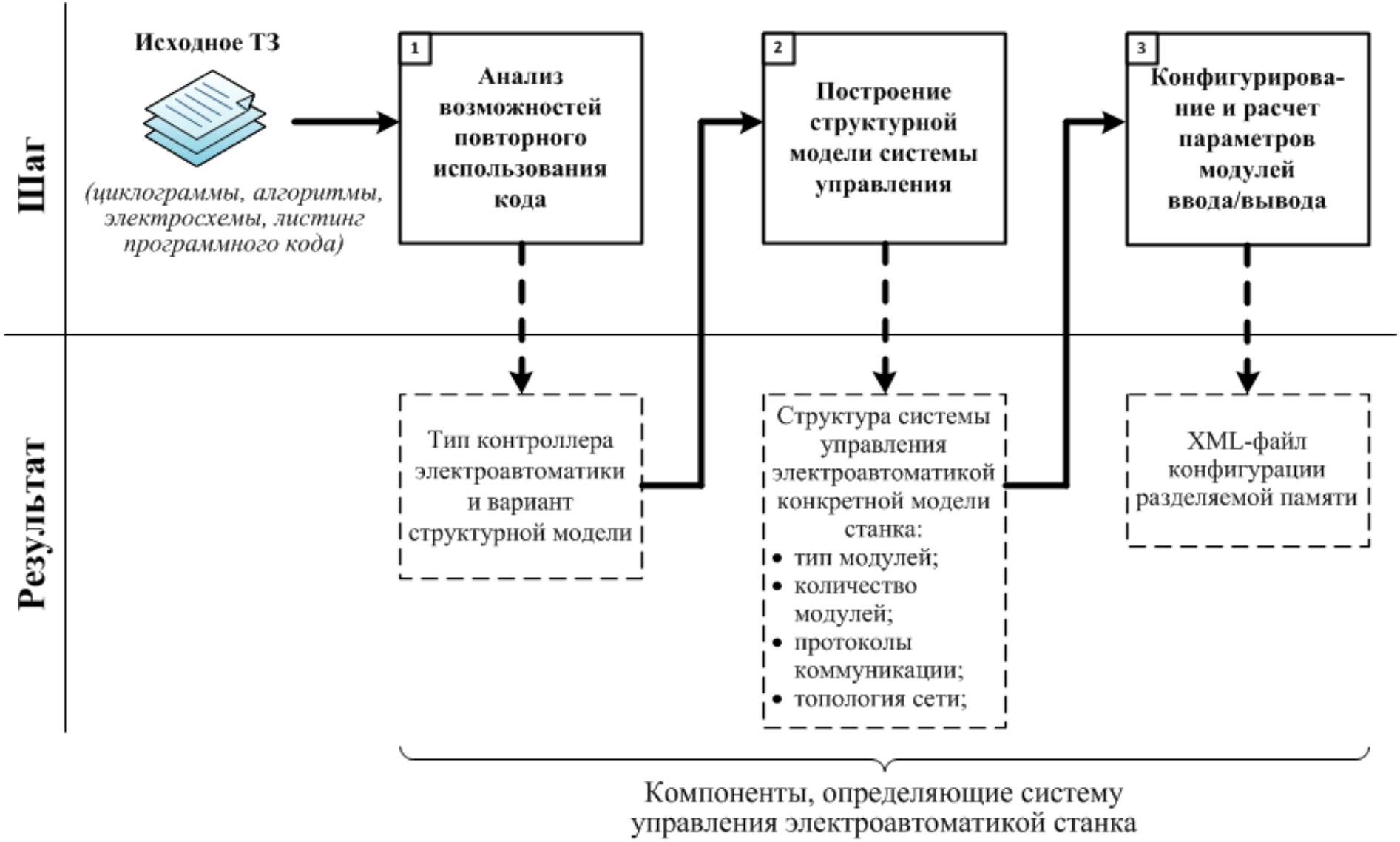
Сравнение существующего и предлагаемого решений для построения систем управления электроавтоматикой станков с ЧПУ



Структурная модель аппаратно-независимого управления электроавтоматикой станков

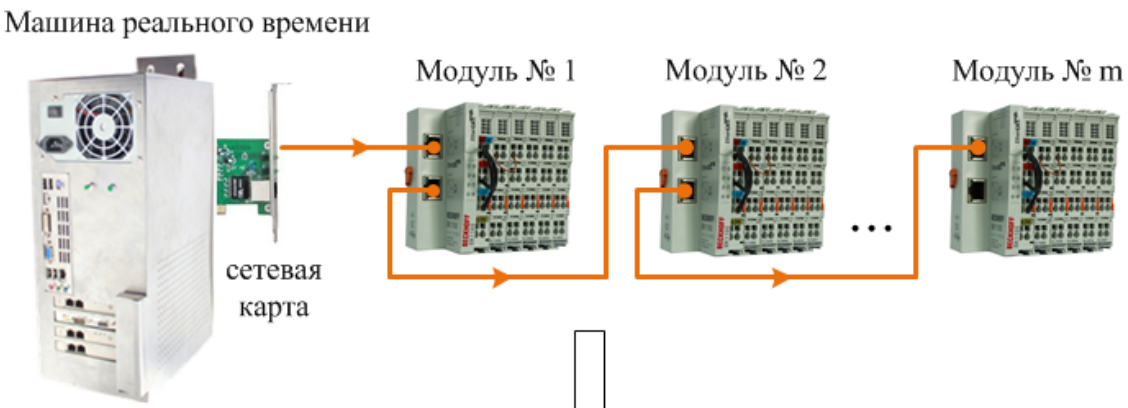


Способ аппаратно-независимого управления электроавтоматикой станков с ЧПУ



Применение методики конфигурирования модулей ввода/вывода

1. Опрос подключенных устройств



4. Назначение логического адреса каналам ввода/вывода

Программа электроавтоматики станка

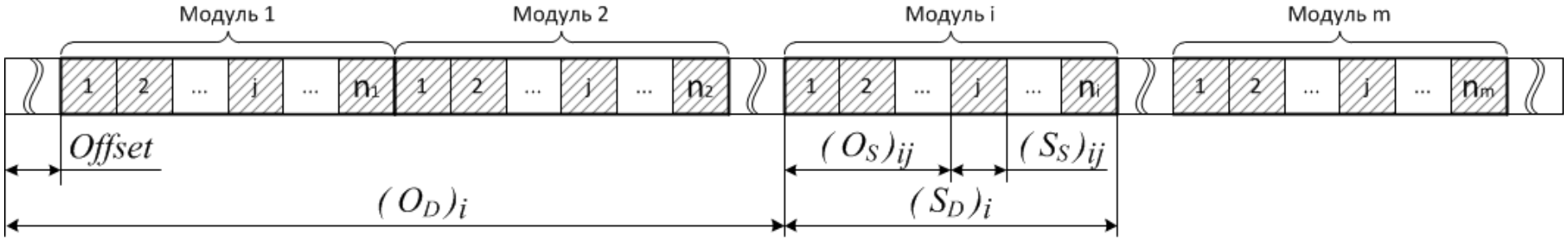
2. Формирование матрицы модулей ввода/вывода

Слот / Модуль	1	2	...	n
1	S_{11}	S_{12}	...	S_{1n}
2	S_{21}	S_{22}	...	S_{2n}
...	...	...	...	...
m	S_{m1}	S_{m2}	...	S_{mn}

3. Конфигурирование и расчет параметров модулей ввода/вывода

Файл конфигурации

Разработанный алгоритм расчета параметров конфигурирования модулей ввода/вывода



1. **Рассчитать смещение (O_S) начального байта данных слота № j модуля № i относительно начального байта данных модуля**

$$(O_S)_{ij} = \sum_{k=1}^{j-1} (S_S)_{ik} = (O_S)_{i(j-1)} + (S_S)_{i(j-1)}$$

2. **Рассчитать суммарный размер (S_D) пакета данных модуля № i**

$$(S_D)_i = \sum_{j=1}^{n_i} (S_S)_{ij} = (O_S)_{in_i} + (S_S)_{in_i}$$

3. **Рассчитать смещение (O_D) начального байта данных модуля № i относительно начального байта разделяемой памяти**

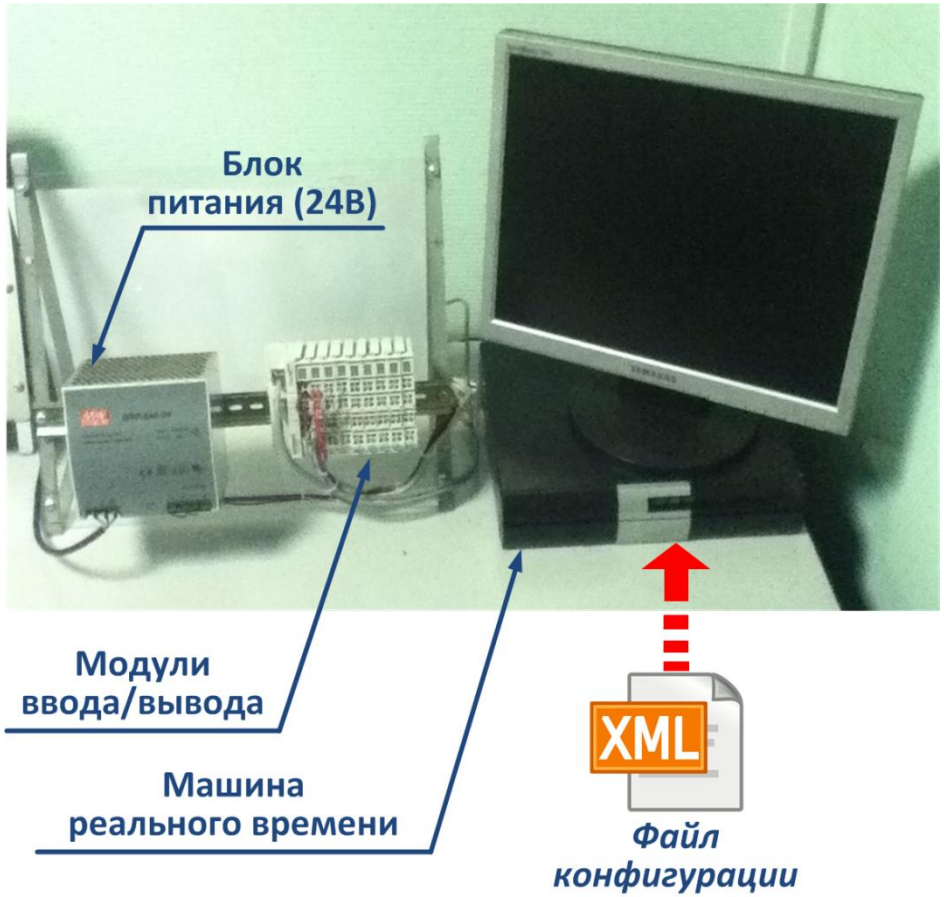
$$(O_D)_i = Offset + \sum_{p=1}^{i-1} (S_D)_p = (O_D)_{i-1} + (S_D)_{i-1}$$

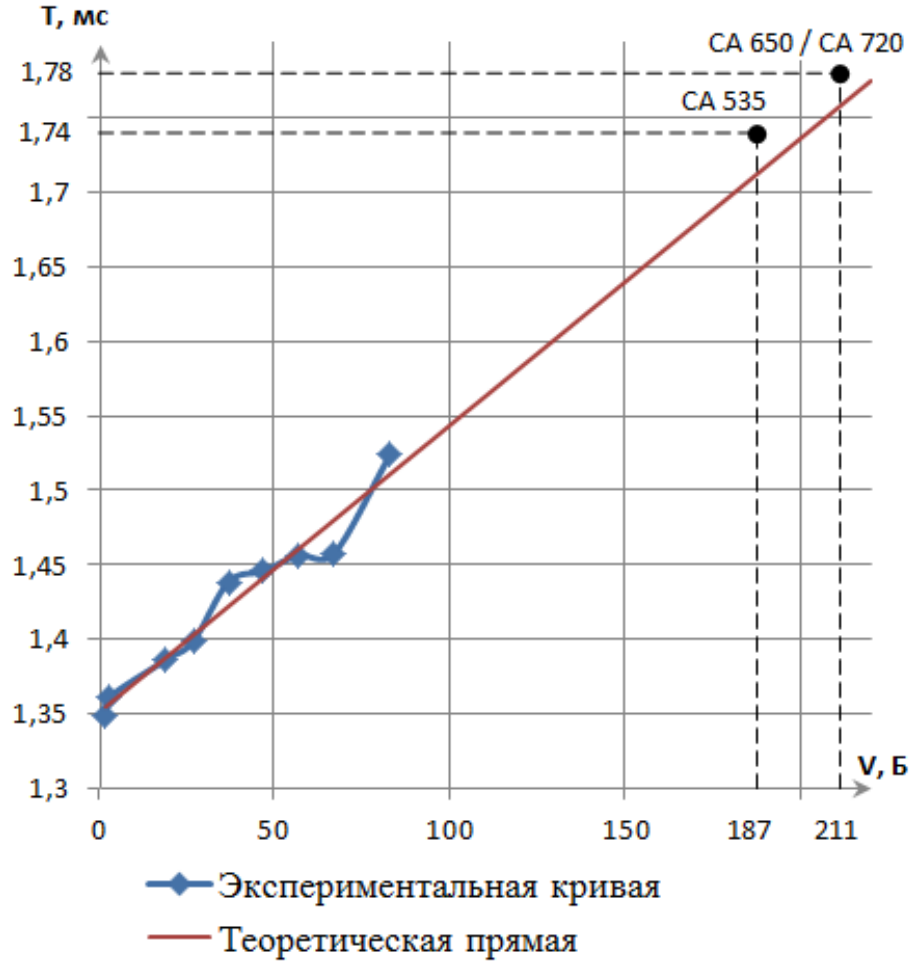
где Offset = 204800 [Б] – для входных данных модуля;
Offset = 256000 [Б] – для выходных данных модуля.

4. **Определить номер начального байта данных слота**

$$(N)_{ij} = (O_D)_i + (O_S)_{ij}$$

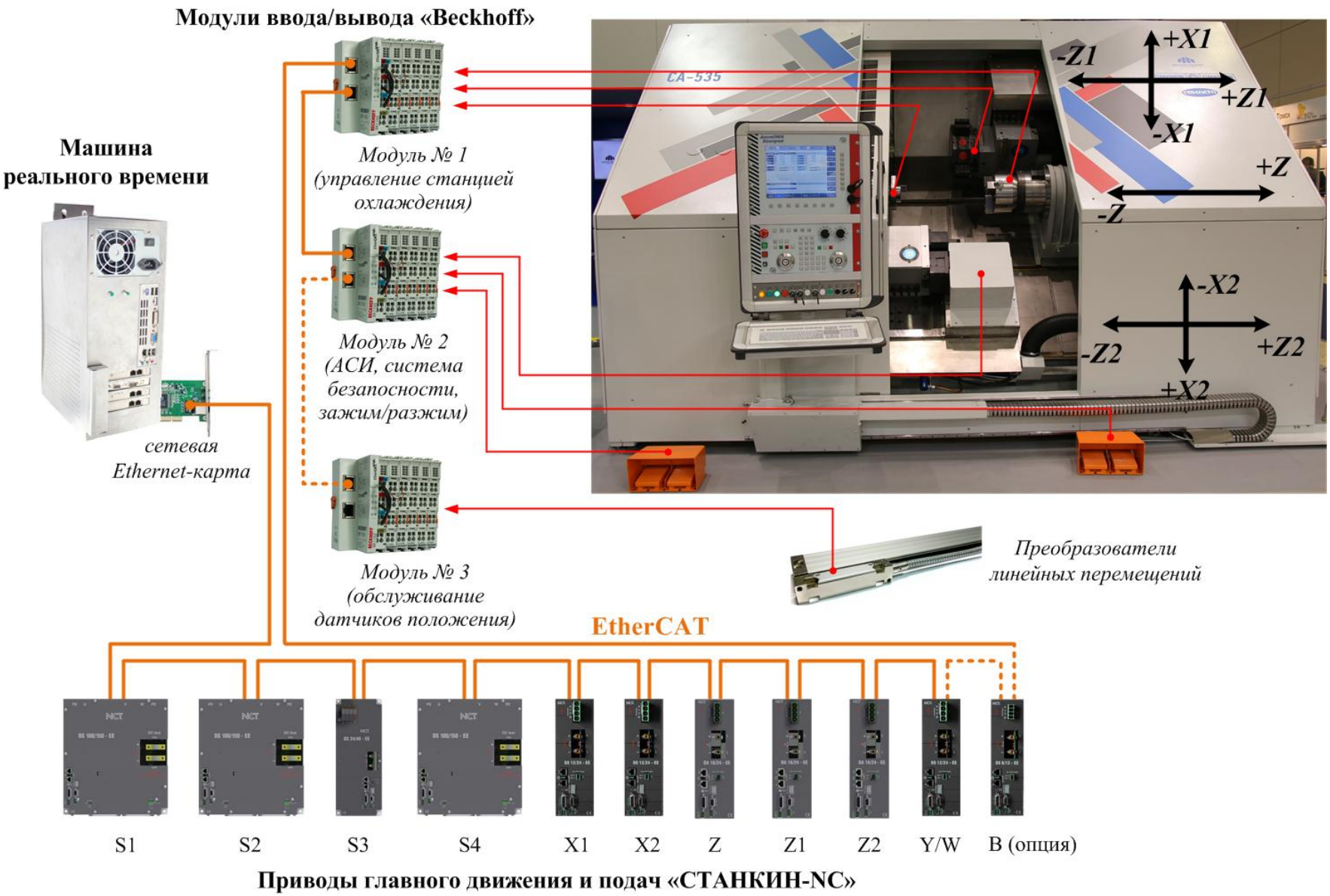
Экспериментальная оценка времени синхронизации данных между модулями ввода/вывода и разделяемой памятью





$$T = (1,351 + 0,002 * V) \pm 0,011 \ [\text{мс}]$$

Реализация системы управления электроавтоматикой токарно-фрезерного станка СА535



Основные выводы и результаты

1. *Выполнена научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи обеспечения аппаратно-независимого управления электроавтоматикой для сокращения времени выпуска различных компоновок токарно-фрезерных станков с ЧПУ на основе выделения уровня исполнения программного обеспечения, абстрактного от специфики аппаратных модулей ввода/вывода.*
2. *Установлены взаимосвязи между компоновкой станка и библиотеками готовых программ управления электроавтоматикой и функциональных блоков, отражающие структурную схему системы управления и тип используемого программируемого контроллера.*
3. *На основе установленных взаимосвязей построена структурная модель аппаратно-независимого управления электроавтоматикой станков с ЧПУ, отличающаяся переносом выполнения программы электроавтоматики с уровня автономного ПЛК на уровень программно-реализованного контроллера в системе ЧПУ.*
4. *Предложен способ аппаратно-независимого управления электроавтоматикой станков с ЧПУ, обеспечивающий возможность варьировать состав периферийных модулей ввода/вывода без изменения программы электроавтоматики посредством редактирования файла конфигурации.*
5. *Разработан алгоритм и осуществлена программная реализация расчета параметров модулей ввода/вывода в зависимости от компоновки станка для инструментария разработки и конфигурирования программы электроавтоматики.*
6. *Эффективность разработанного способа аппаратно-независимого управления электроавтоматикой технологического оборудования доказана внедрением результатов диссертации в ООО «Инжиниринговая Компания «Интермашстрой» (г.Коломна, Московская обл).*
7. *Полученные результаты рекомендованы к применению на предприятиях машиностроительного профиля, разрабатывающих металлообрабатывающие станки и комплексы с ЧПУ, а также в учебном процессе при подготовке научных кадров по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».*