РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ И ОТЛАДКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СИСТЕМ ЧПУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ МЕХАНООБРАБОТКИ

Цель работы: Сокращение времени программирования систем ЧПУ технологического оборудования за счет применения специализированного инструментария для редактирования и отладки управляющих программ на языках высокого уровня.

Задачи:

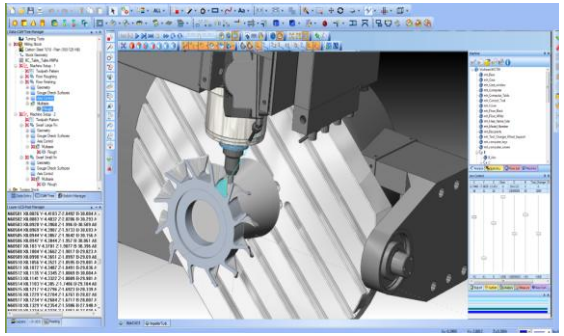
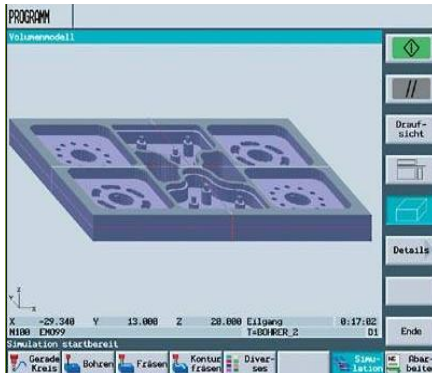
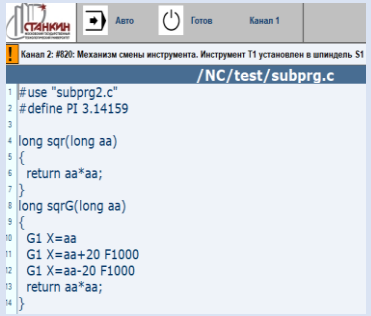
1. проанализировать существующие подходы разработки и отладки управляющих программ на языках высокого уровня для современных систем ЧПУ;
2. разработать обобщенную модель языка высокого уровня для управляющих программ, определить требования к инструментарию отладки и редактирования, определить набор необходимых компонентов;
3. сформировать структуру и разработать архитектурную модель инструментария подготовки и отладки управляющих программ на языке высокого уровня;
4. разработать методику создания параметрических программ, станочных и измерительных циклов и групповой технологии с использованием инструментария;
5. реализовать на базе языка высокого уровня и инструментария прикладные решения для: синхронизации управляющих программ для нескольких каналов управления, проведения стандартизованных испытаний станка, создания станочных циклов и групповых технологий, построения электронной гитары.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ И ОТЛАДКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СИСТЕМ ЧПУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ МЕХАНООБРАБОТКИ

Научная новизна:

1. установлены взаимосвязи между характеристиками языков программирования для персональных компьютеров и языка высокого уровня управляющих программ систем ЧПУ, позволяющие определить необходимый состав и структуру модулей инструментария редактирования и отладки управляющих программ;
2. на основе установленных взаимосвязей построена структурная схема инструментария подготовки и отладки управляющих программ на языке высокого уровня, определяющая клиент-серверную архитектуру и разработана архитектурная модель инструментария, отличающаяся тем, что его конфигурирование производится в зависимости от синтаксиса используемого языка;
3. разработана обобщенная модель языка высокого уровня на базе расширенной формы Бэкуса-Наура, отличающаяся тем, что включает в себя минимально необходимый набор синтаксических элементов для реализации алгоритмических и специализированных конструкций, языков управляющих программ различных систем ЧПУ и компьютерных языков высокого уровня;
4. предложена методика создания параметрических подпрограмм, станочных и измерительных циклов и групповой технологии с использованием разработанного инструментария;
5. предложен механизм создания экранов интерфейса оператора на базе конфигурируемых масок.

Подходы к разработке управляющих программ

	Область применения	Недостатки
	**CAD-CAM системы**: многокоординатная обработка сложных поверхностей с нелинейными алгоритмами интерполяции	Кусочно-линейная аппроксимация поверхности, при изменении параметров детали необходимо полностью перестраивать модель, уникальные CAM-модули для каждой пары ЧПУ-СТАНОК, нет возможности для оптимизации кода
	**Пакеты цехового программирования**: возможность написания УП для простых деталей непосредственно в цехе оператором	Ограниченные функциональные возможности, разработка управляющих программ для простых деталей, нет переносимости
	**Язык высокого уровня и G-код**: инструмент обладающий наибольшей гибкостью, возможность оптимизации программного кода	Требует высокого уровня подготовки программиста

Анализ языков высокого уровня современных систем ЧПУ и их инструментария отладки и редактирования управляющих программ

Характеристики	Siemens Sinumerik 840D	Fanuc Fanuc 30i	Andronic 2060, 3060	Bosch Rexroth IndraMotion MTX	Fagor 8070	Балт-систем NC-1xx,2xx,3xx	Модмаш FMS-3000	Heidenhain iTNC530
Локальные и глобальные переменные	да	да	да	да	да	да	частично	да
Модальный вызов подпрограмм	да	да	нет	да	да	да	нет	да
Работа с макросами	да	да	частично	нет	да		да	да
Допустимая вложенность циклов и переходов	8 (в пределах каждой подпрограммы)	5	В ANSI-C неограничено	10 для CASE	неограничено	не более 2	не более 50	1000-9999
Трансформация СК	да	да	да	да	да	да	да	да
Сплайновая интерполяция	да	да	только в Anlog-C	да	да	+ (С-сплайны)	нет	да
Интеллектуальное управление подачей	да	да	нет	да	да		да	да
Измерительные функции	да	да	нет	да	да	да	да	да
Многоканальное программирование	да	да	только в Anlog-C	да	да	да	нет	нет
Средства отладки УП	Dry-Run режим, моделирование контура во встроенном в системе графическом эмуляторе	Dry-Run режим	Dry-Run режим, отладка программы на Anlog-C в специальной среде программирования	Dry-Run режим, в режиме отладки: простановка точек останова в программе и отслеживание переменных на чтение и запись, приложение отладки CPL-Debugger	режим отслеживания коллизий, трехмерное изображение заготовки и детали в процессе ее обработки	проверка программы без движения осей, ускоренная отработка без детали, трехмерное изображение заготовки и детали в процессе ее обработки	отработка с отключением осей, отработка с технологическим остановом, отработка с блокировкой технологических функций, отработка с блокировкой перемещения осей	динамический контроль столкновений DCM, 3D-визуализация с отображением перемещения инструмента

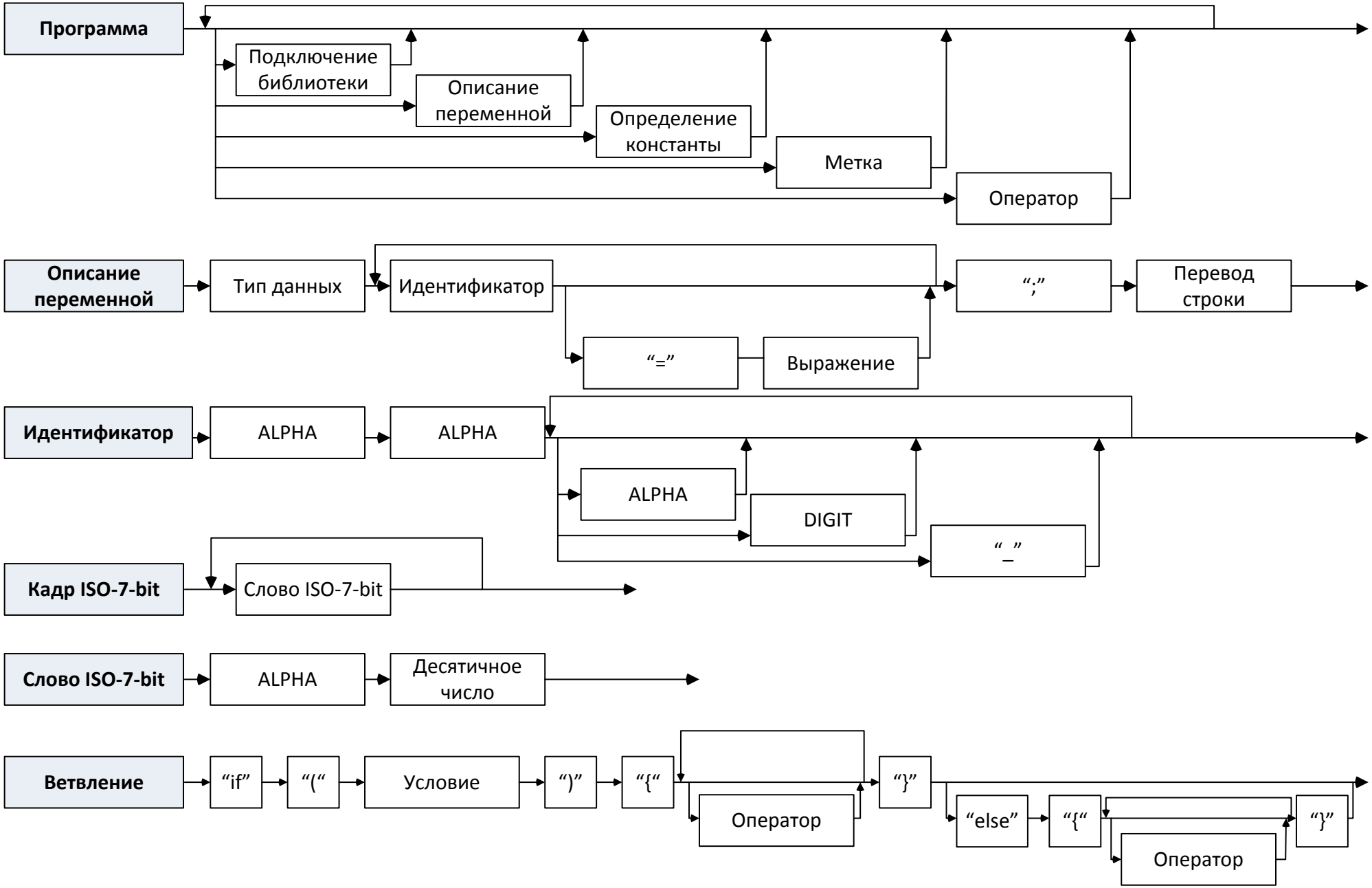
Крупные производители

Средние производители

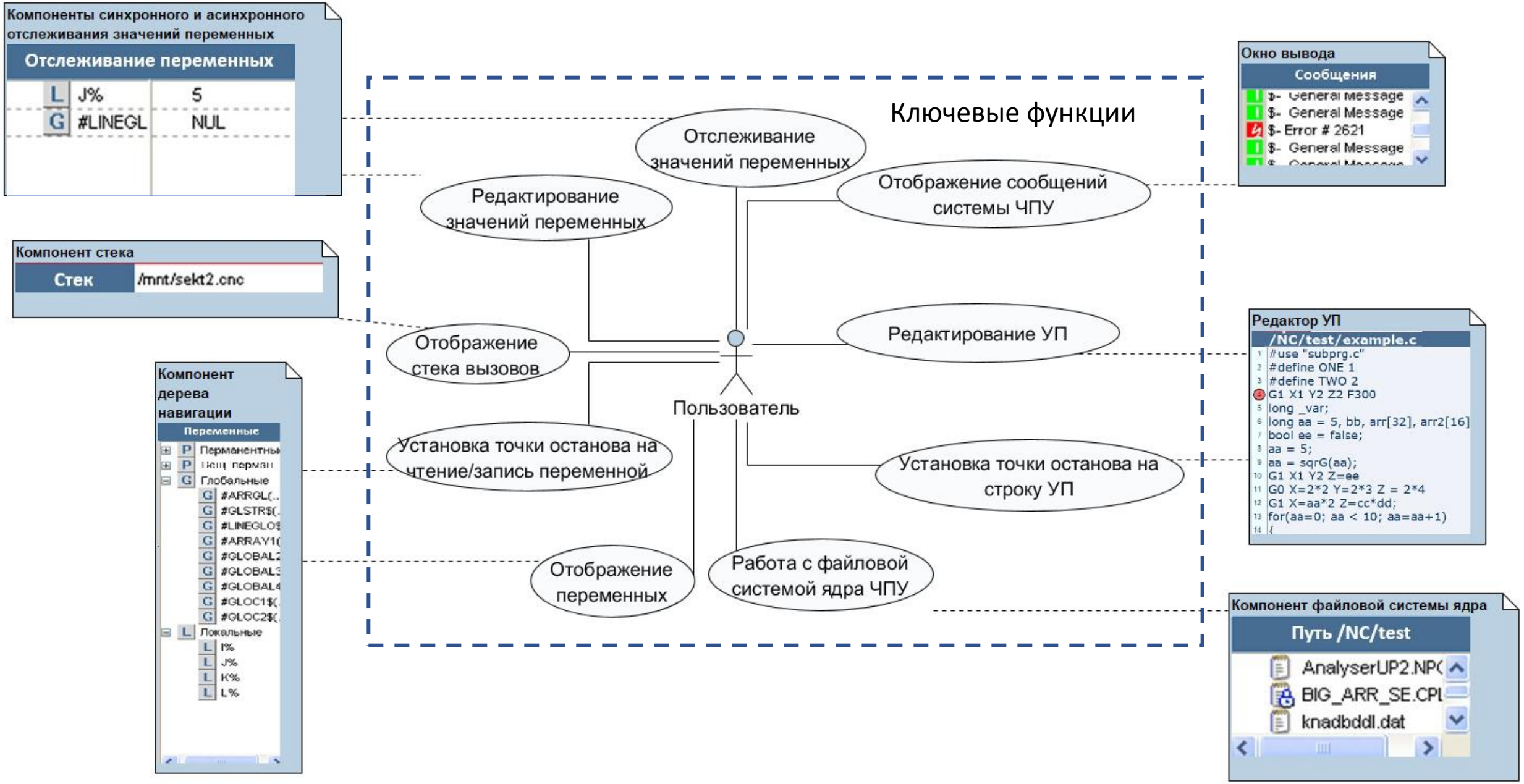
Специализированная область применения

Российские производители

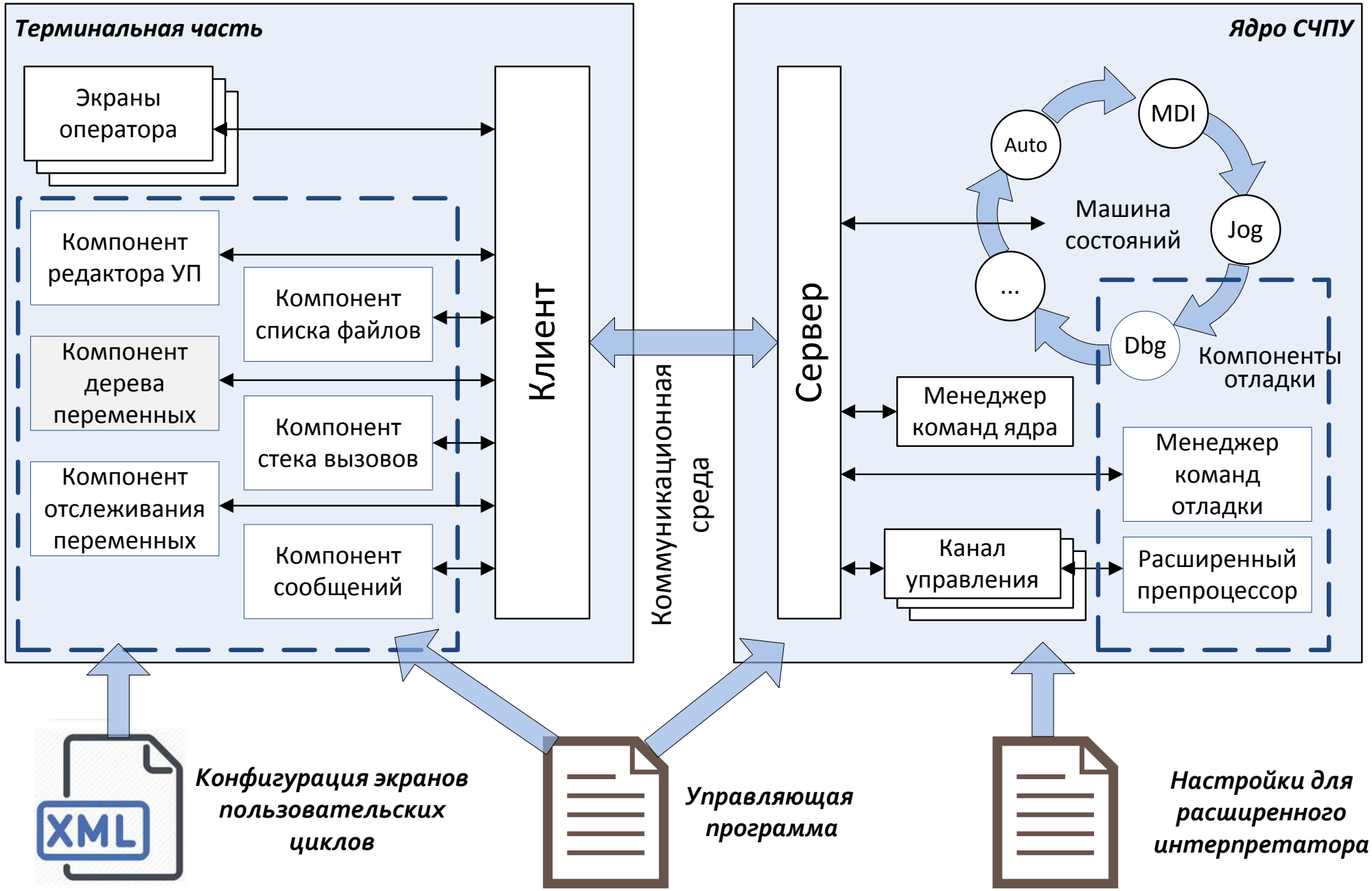
Фрагмент обобщенной модели набора синтаксических элементов



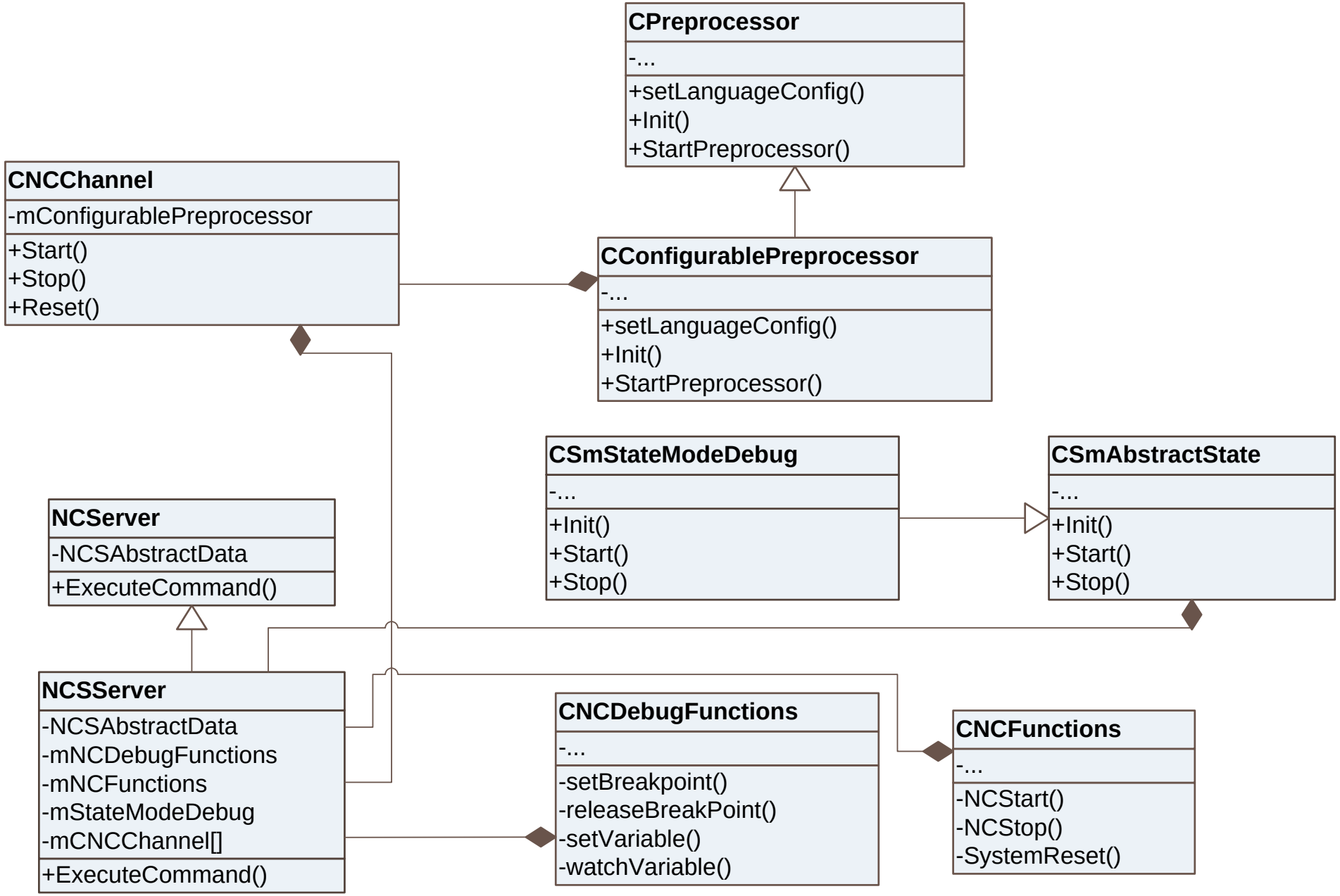
Определение ключевых функций и набора визуальных компонентов инструментария



Структурная схема инструментария редактирования и отладки



Архитектурная модель инструментария редактирования и отладки (ядро СЧПУ)



Архитектурная модель инструментария редактирования и отладки (терминальная часть)

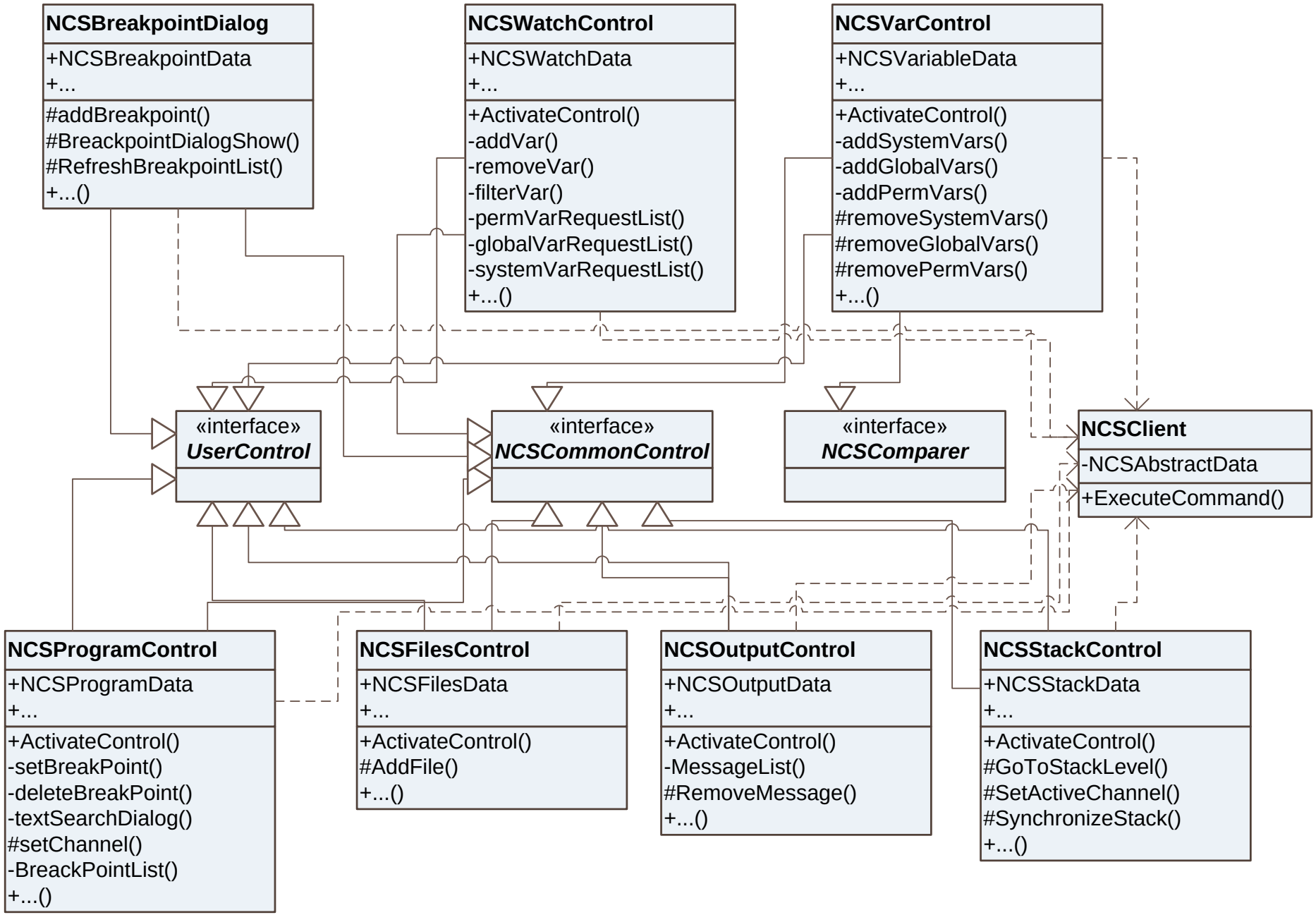
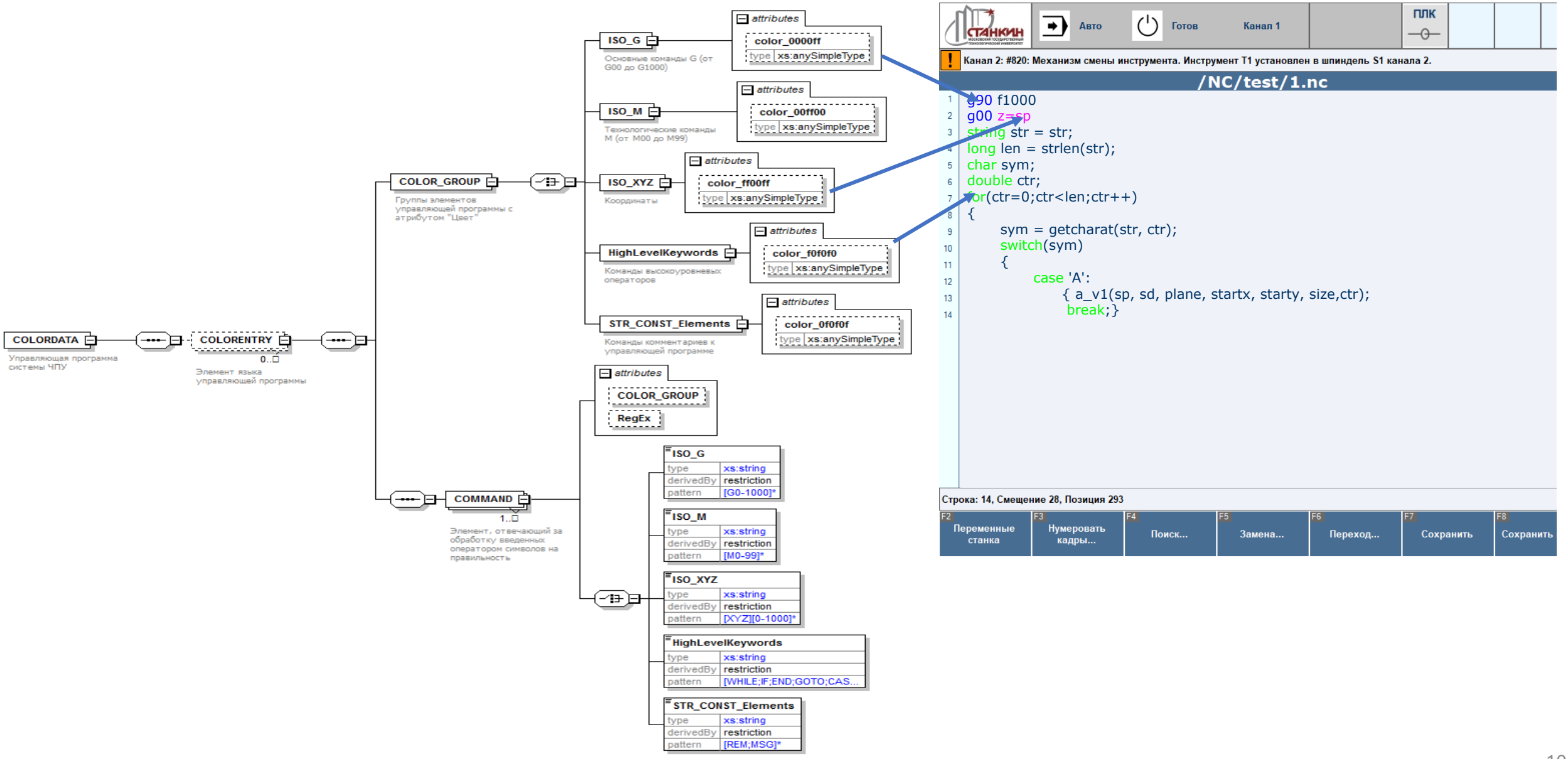
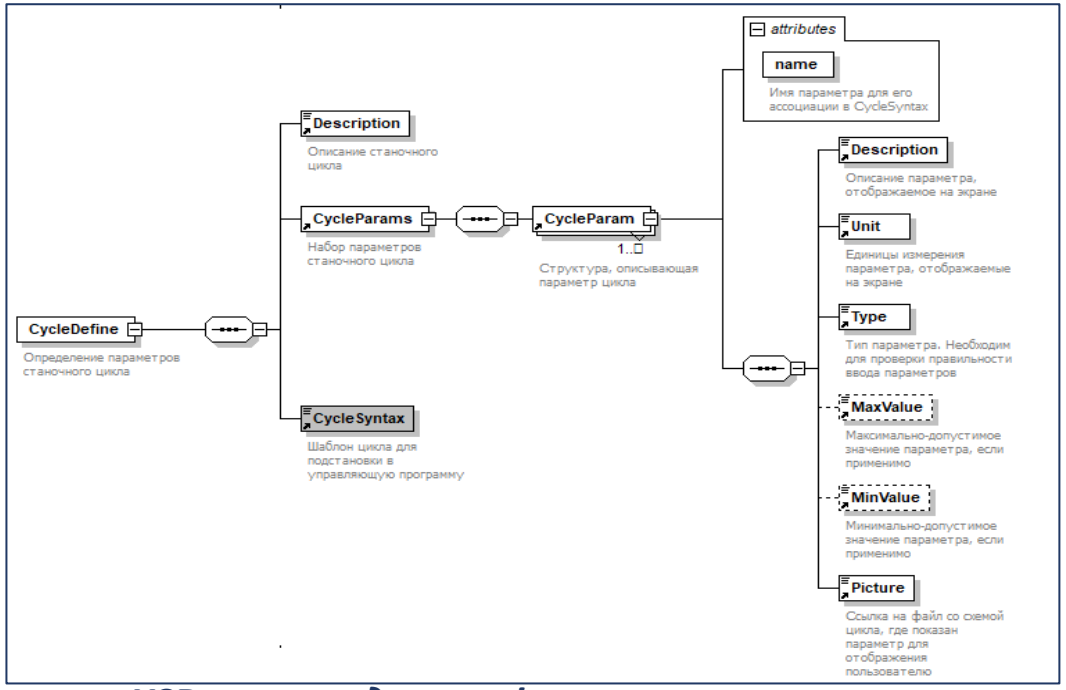


Схема конфигурации подсветки синтаксиса редактора-отладчика управляющих программ



Разработка механизма создания экранов на базе конфигурируемых масок



XSD – схема для конфигурирования экранов

CycleDefine

Description: Однопроходное сверление отверстия

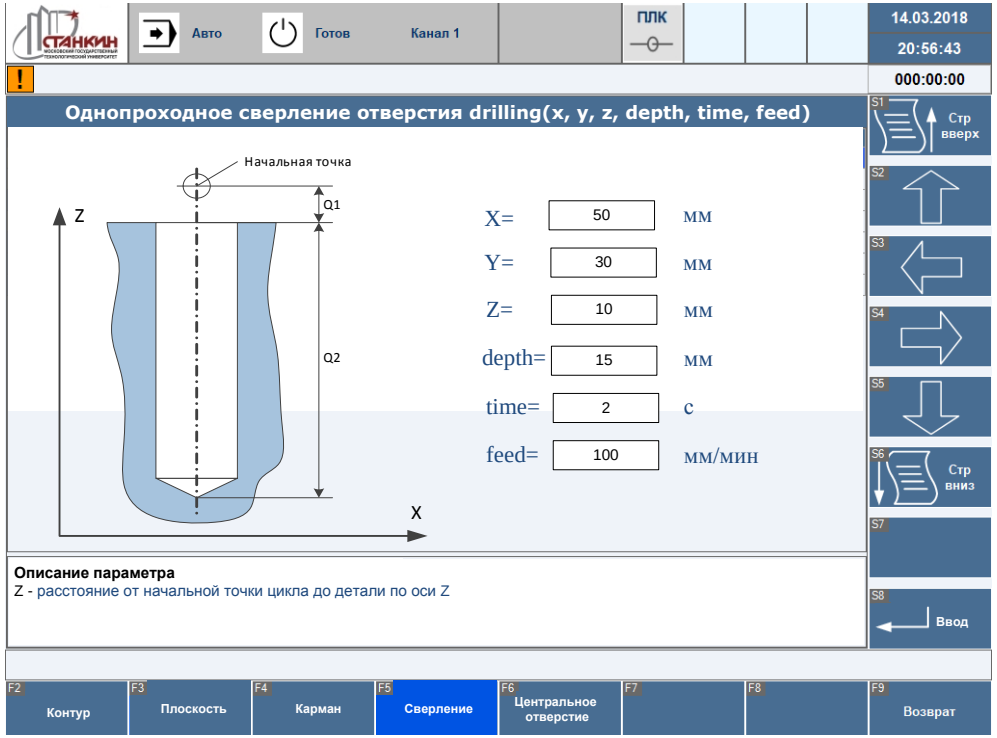
CycleParams

CycleParam (6)

	name	Description	Unit	Type	MaxValue	MinValue	Picture
1	X	Координата X начальной точки	мм	float			Drill_pic1.jpg
2	Y	Координата Y начальной точки	мм	float			Drill_pic1.jpg
3	Z	Координата Z начальной точки	мм	float			Drill_pic1.jpg
4	depth	Глубина сверления	мм	float		0	Drill_pic2.jpg
5	time	Время остановки на глубине сверления	с	float		0	Drill_pic2.jpg
6	feed	Подача	мм/мин	float	3000	0	Drill_pic2.jpg

CycleSyntax: drilling(%X%, %Y%, %Z%, %depth%, %time%, %feed%);

Фрагмент XML-документа для экрана



Внешний вид экрана цикла

```
#use “drilling.nc"
 G17 G90 G15 G191 G71 G72 G172 G272 G94 G97 G49
G40 G00 G80 G98 G53 G153 G193 G64 BRISK CUT2DF //
Строка безопасности
 T1 M66
 drilling (50,30,10,15,2,100);
 M02
```

Пример вызова цикла сверления в УП

Методика создания параметрических программ с использованием инструментария

Разработчик СЧПУ

- Интеграция инструментария отладки
- Расширение языка высокого уровня
- Разработка общих станочных циклов
- Разработка подпрограмм тестирования и контроля компонентов СЧПУ

Станкостроитель

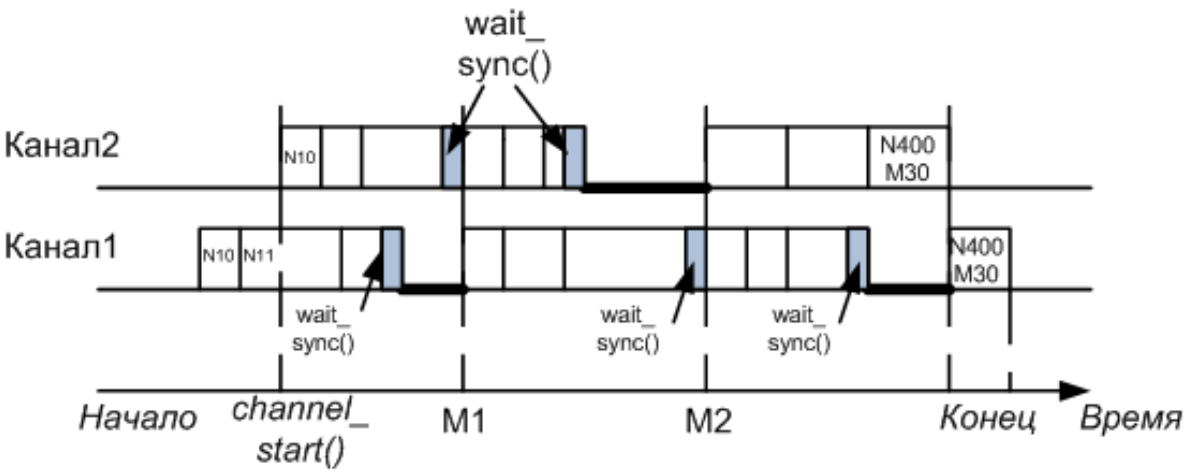
- Интеграция инструментария отладки
- Расширение языка высокого уровня
- Разработка общих станочных циклов
- Разработка специальных станочных и измерительных циклов
- Разработка подпрограмм тестирования и контроля станочного оборудования

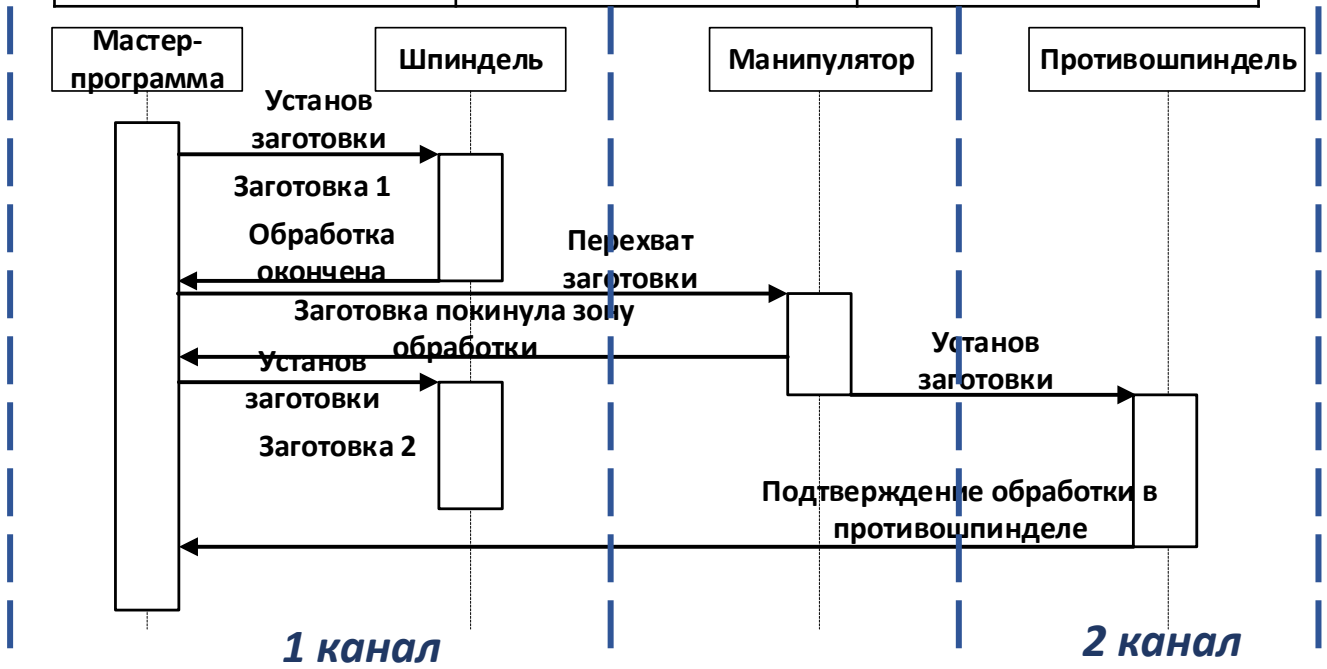
Пользователь

- Разработка пользовательских станочных и измерительных циклов
- Разработка параметрических программ
- Разработка программ для групповой технологии обработки

Расширение языка высокого уровня функциями многоканального программирования

Функции многоканального программирования		
Управление ошибками	**Управление каналами**	**Синхронизация каналов**
terminate()	channel_load() channel_run() channel_start() channel_stop() channel_reset()	channel_wait() sleep() get_sync() release_sync() pulse_sync() wait_sync()

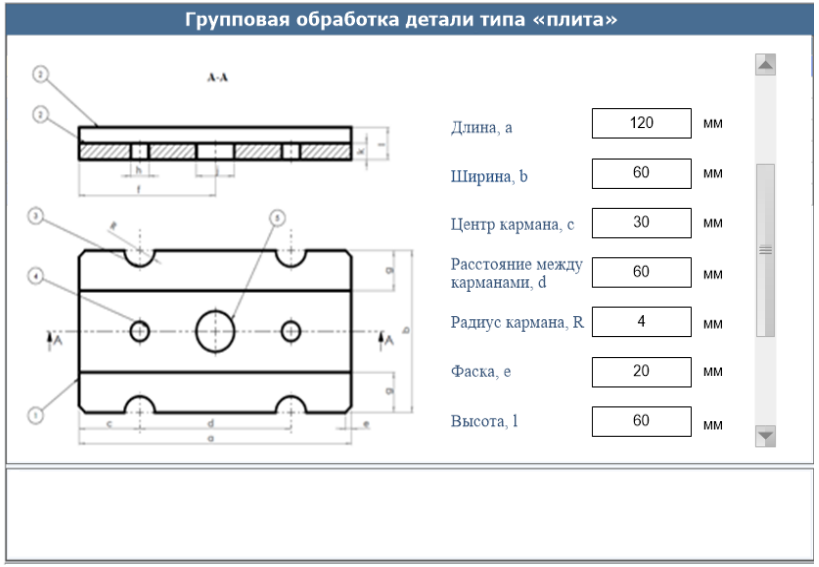


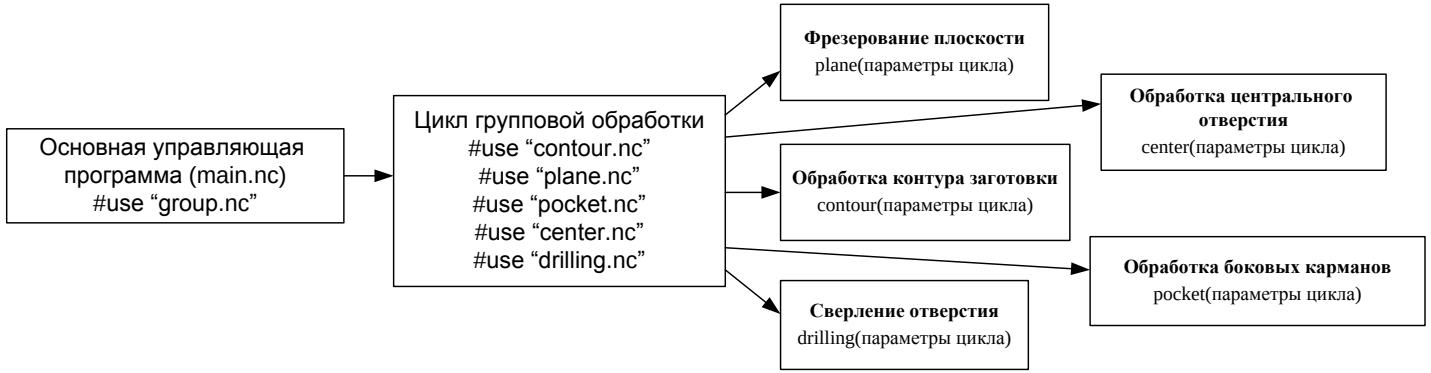


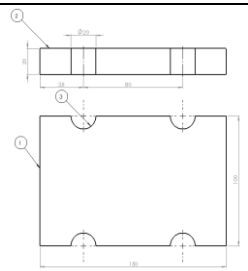
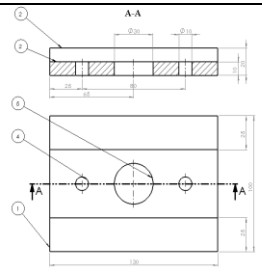
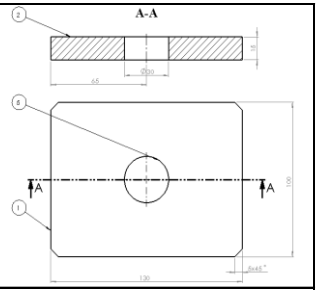
Канал 1:
PROG1:
…
N10 channel_load(2,"PROG2")
N20 channel_start(2)
…
N80 wait_sync(1,1,2)
…
N120 pulse_sync(1)
N180 wait_sync(2,1,2)
…
N140 pulse_sync(2)
…
N200 channel_wait(2)
…
N250 M30

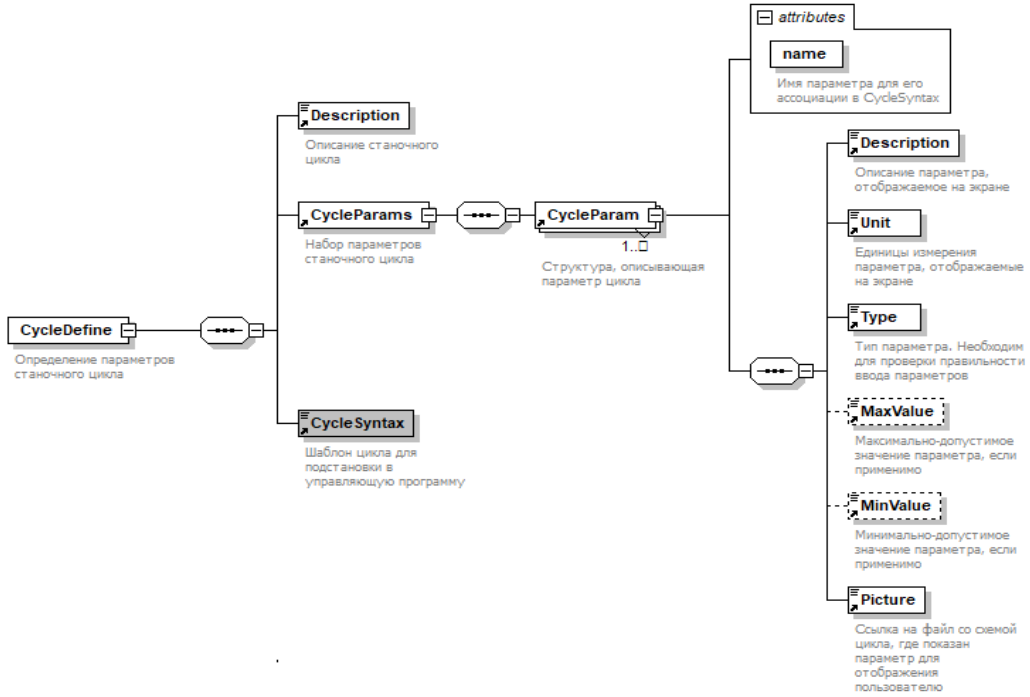
Канал 2:
PROG2:
…
N70 wait_sync(1,1,2)
…
N130 pulse_sync(1)
…
N270 wait_sync(2,1,2)
…
N350 pulse_sync(2)
…
N400 M30

Разработка подпрограммы групповой обработки детали типа «плита»

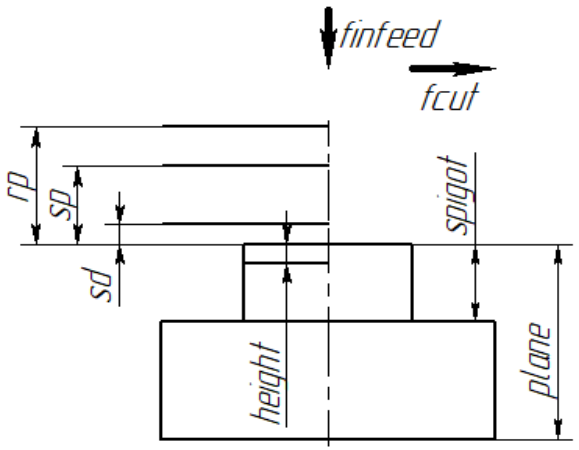


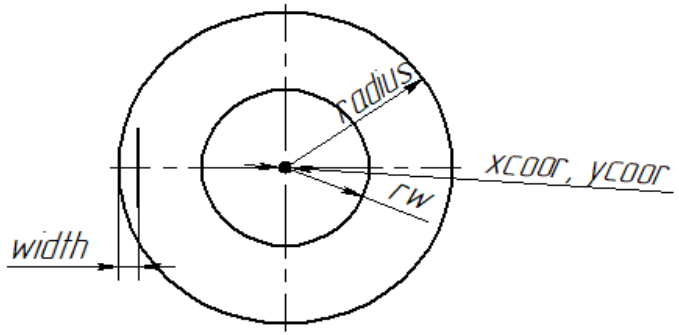


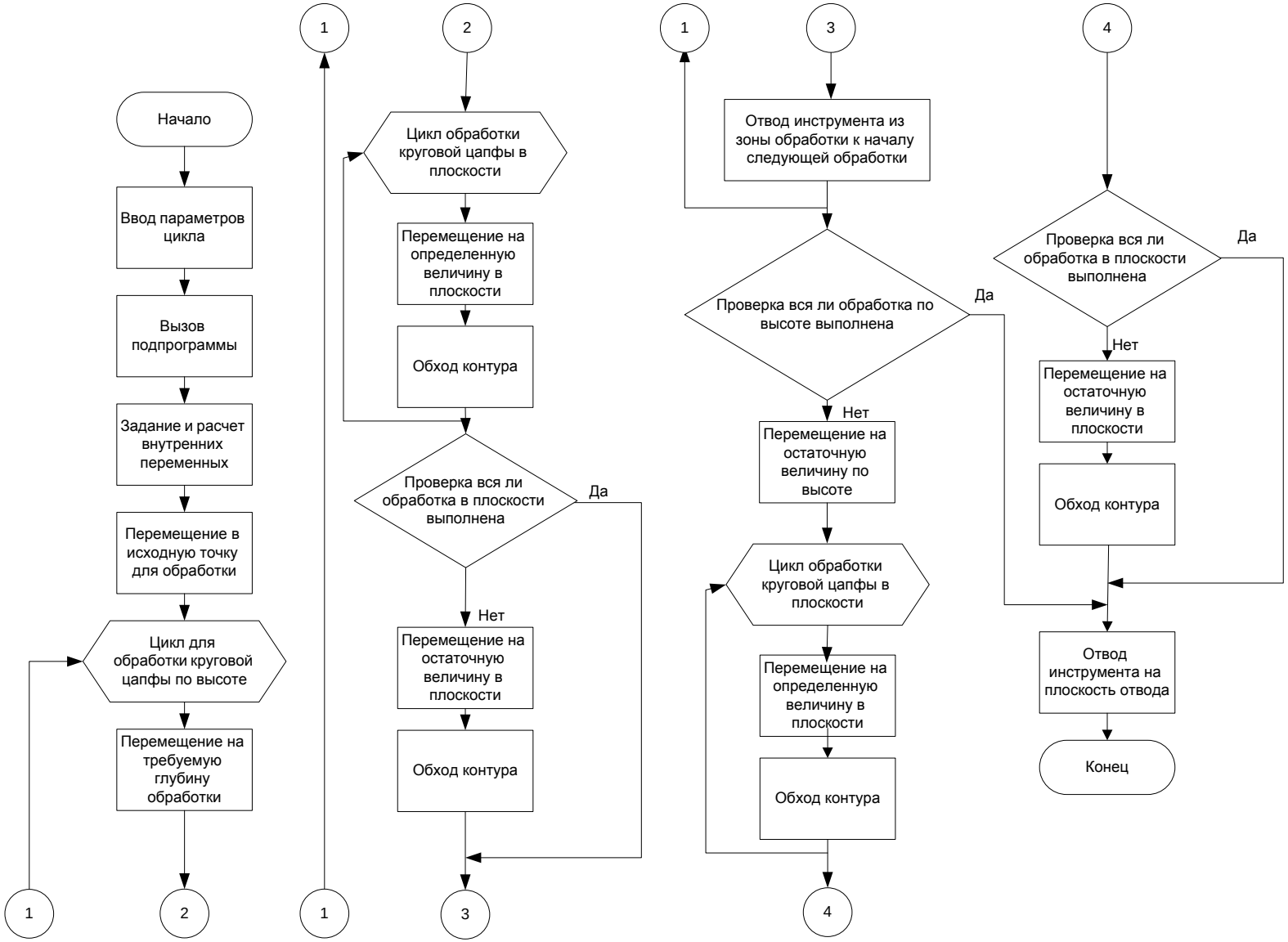
			
Обработка контура заготовки	+	+	+
Фрезерование плоскости	+	+	+
Обработка боковых карманов	+	-	-
Сверление отверстия	-	+	-
Обработка центрального отверстия	-	+	+



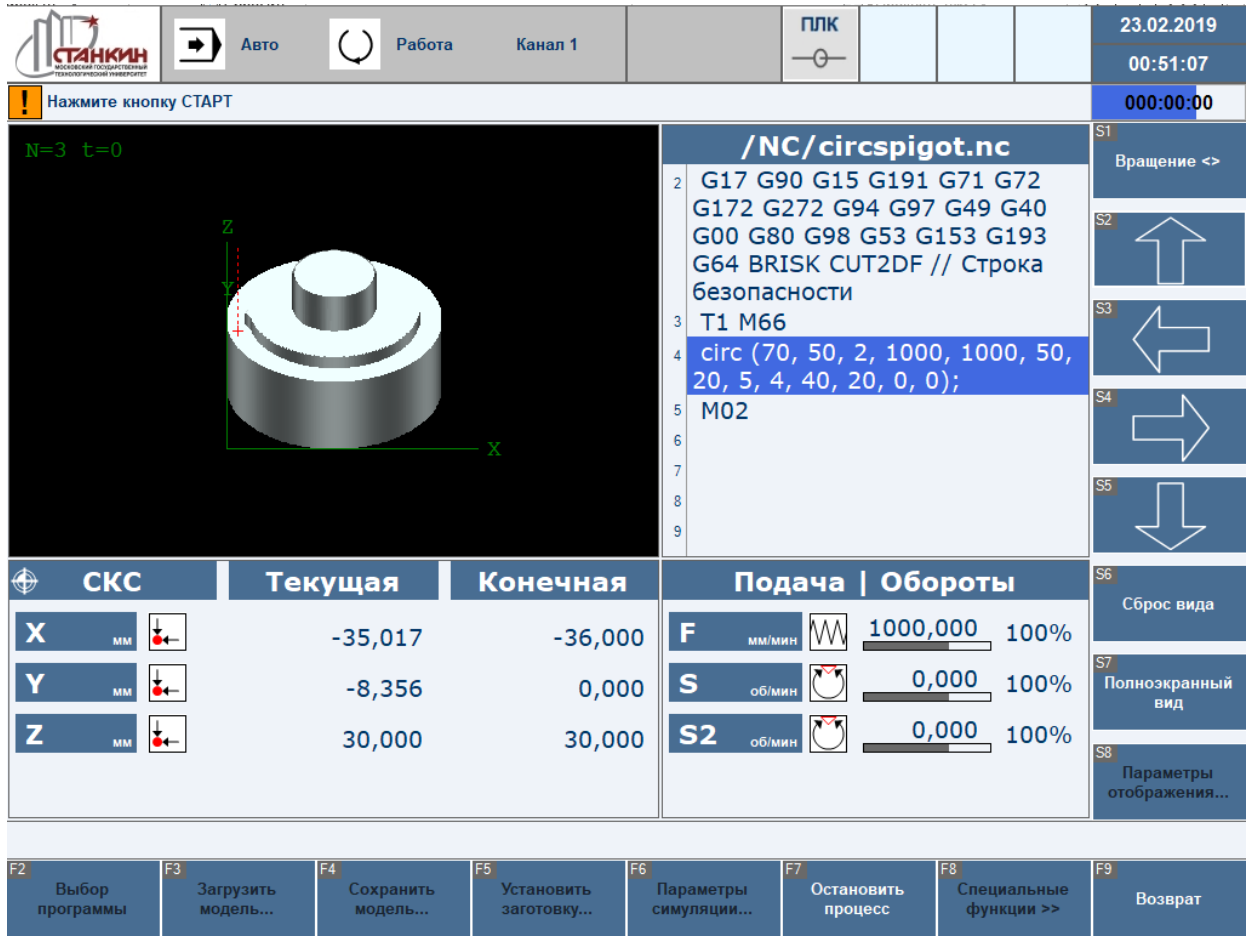
Разработка станочного цикла фрезерования круговой цапфы





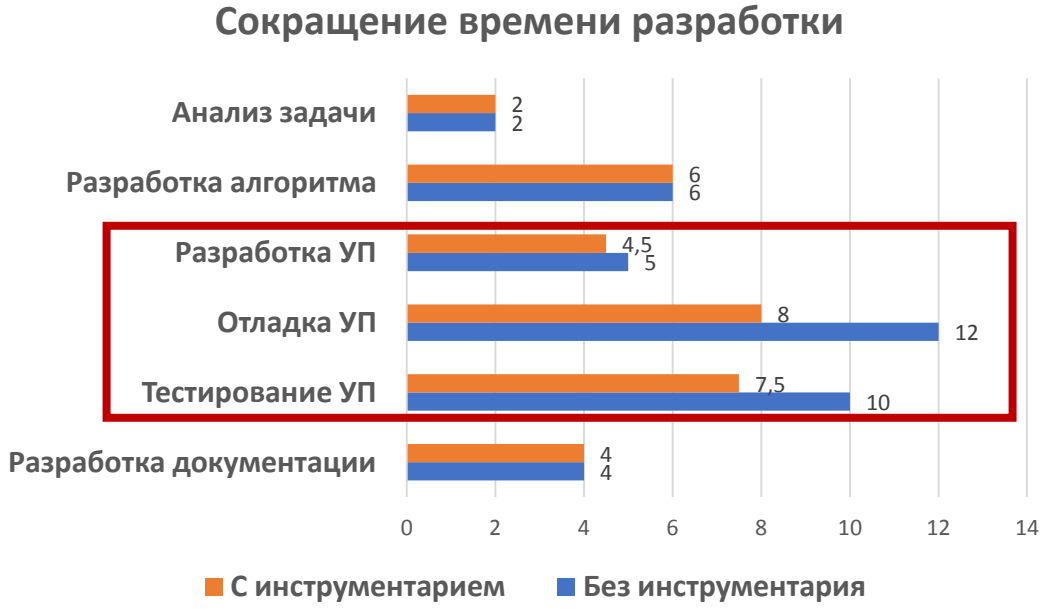


Разработка станочного цикла фрезерования круговой цапфы



Сокращение времени разработки (чел/час)

Этапы разработки	Круговая цапфа		Прямоугольная цапфа		Фрезерование плоскости	
	Без инстр.	С инстр.	Без инстр.	С инстр.	Без инстр.	С инстр.
Разработка УП	5,0	4,5	6,0	5,5	3,5	3,0
Отладка УП	12,0	8,0	14,0	9,0	5,0	4,0
Тестирование УП	10,0	7,5	11,0	8,0	5,0	3,5
	24,8%		27,4%		22,2%	



Основные выводы и результаты

1. Выполнена научно-квалификационная работа, в которой содержится решение актуальной задачи, связанной с сокращением сроков разработки управляющих программ, параметрических подпрограмм, станочных и измерительных циклов, а также групповой технологии путем разработки моделей и инструментальных средств для подготовки и отладки управляющих программ на языке высокого уровня.
2. В процессе работы установлены взаимосвязи между характеристиками языков высокого уровня для персональных компьютеров и языка высокого уровня управляющих программ систем числового программного управления, позволяющие определить необходимый состав и количество модулей для создания инструментария редактирования и отладки управляющих программ.
3. На основе установленных взаимосвязей построена структурная схема и разработана архитектурная модель инструментария подготовки и отладки управляющих программ на языке высокого уровня, отличающаяся тем, что их конфигурирование производится в зависимости от синтаксиса используемого языка.
4. Разработана обобщенная модель языка высокого уровня на базе расширенной формы Бэкуса-Наура, отличающаяся тем, что включает в себя минимально необходимый набор синтаксических элементов для реализации алгоритмических и специализированных конструкций, охватывающих широкий спектр возможностей языков управляющих программ различных систем ЧПУ и компьютерных языков высокого уровня.
5. На базе архитектурной модели инструментария и обобщенной модели языка высокого уровня разработан инструментарий подготовки и отладки управляющих программ на языке высокого уровня.
6. Предложена методика создания параметрических подпрограмм, станочных и измерительных циклов и групповой технологии с использованием инструментария.
7. Эффективность разработанных инструментов для редактирования и отладки управляющих программ подтверждена внедрением результатов диссертации в рамках НИОКР ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» совместно со станкостроительным предприятием ООО «ВСЗ «Техника».
8. Полученные результаты рекомендованы к применению на предприятиях машиностроительного профиля, разрабатывающих металлообрабатывающие станки и комплексы с ЧПУ, а также в учебном процессе при подготовке инженерных кадров по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств»