

Тема: Диагностирование резцов и прогнозирование их остаточной стойкости в реальном времени обработки на основе создания инструментария системы ЧПУ

Цель: Расширение технологических возможностей системы ЧПУ для обеспечения точностных характеристик изделия.

Задачи:

1. Проанализировать решения в области контроля состояния режущего инструмента.
2. Построить модель функционирования инструментария диагностирования состояния и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента в реальном времени.
3. Разработать архитектурную и потоковую модели инструментария.
4. Разработать алгоритмы основных механизмов и построить ключевые компоненты системы.
5. Реализовать инструментарий. Провести стендовые и станочные испытания и проверить полученные результаты на достоверность.

Научная новизна:

- Установлена взаимосвязь между диагностическими признаками износа режущего инструмента и параметрами управления процессом токарной обработки в системе ЧПУ, основанная на использовании эталонных значений диагностических признаков для пары «инструмент – обрабатываемый материал», определяющих зоны приработки, устойчивого износа и катастрофического износа режущего инструмента.
- На основе установленных взаимосвязей построена модель функционирования инструментария, в реальном времени диагностирующего режущий инструмент и прогнозирующего его остаточную стойкость, для выявления момента своевременной замены инструмента с целью избежания поломки инструмента при выполнении технологического перехода.
- Разработан запатентованный способ компонентного построения инструментария, позволяющий создавать его либо в виде встраиваемого в систему ЧПУ приложения, либо в виде автономного модуля, подключаемого к системе ЧПУ через контроллер электроавтоматики.
- Разработан работающий в реальном времени алгоритм оценки износа инструмента (на основе анализа силы резания и сравнения с базой данных эталонных значений) и прогнозирования остаточной стойкости для принятия решения о дальнейшем использовании инструмента.

Анализ систем диагностирования процессов обработки

Системы Параметры для сравнения	PROMETEC PRomos (Германия)	NORDMANN (Швейцария)	ARTIS Orantec (США)	MONTRONIX Diagnostic Tools (Германия)	Brankamp iMBoard (Германия)	Brankamp CMS (Германия)	Станкин Machine Tool Diagnostics (Россия)
Способ отображения результатов	График зависимости сила/время	График зависимости сила/время	График зависимости сила/время	График зависимости сила/время	График зависимости сила/время	Текстовая индикация	График зависимости сила/время
интеграция с системами ЧПУ	SINUMERIK 810D/840D	SINUMERIK 840D, REXROTH, FUNUC	SINUMERIK 840D	SINUMERIK 810D/840D	SINUMERIK 810D/840D	Автономный модуль	SINUMERIK 840D AxiOMA
Диагностические данные	Силы P_x, P_y, P_z АЭ, мощности, Вибродатчики...	Силы P_x, P_y, P_z АЭ, мощности, Дистанционный, Вибродатчики	Силы P_x, P_y, P_z АЭ, мощности, Вибродатчики...	Силы P_x, P_y, P_z АЭ, мощности, Вибродатчики...	Работа с различными датчиками	АЭ и продольной деформации	Силы P_x, P_y, P_z
Реализация функции прогнозирования в реальном времени	Не реализована	Не реализована	Не реализована	Не реализована	Не реализована	Не реализована	Реализована
Реализация функции диагностики режущего инструмента в реальном времени	Реализована	Реализована	Реализована	Реализована	Реализована	Реализована	Реализована
Независимость от системы ЧПУ	Только интегрированная версия	Только интегрированная версия	Только интегрированная версия	Только интегрированная версия	Только интегрированная версия	Автономный модуль	Возможна реализация в виде автономного модуля
Возможность использования различных диагностических алгоритмов	Не поддерживается	Не поддерживается	Не поддерживается	Не поддерживается	Не поддерживается	Не поддерживается	Реализована

Задачи диагностирования

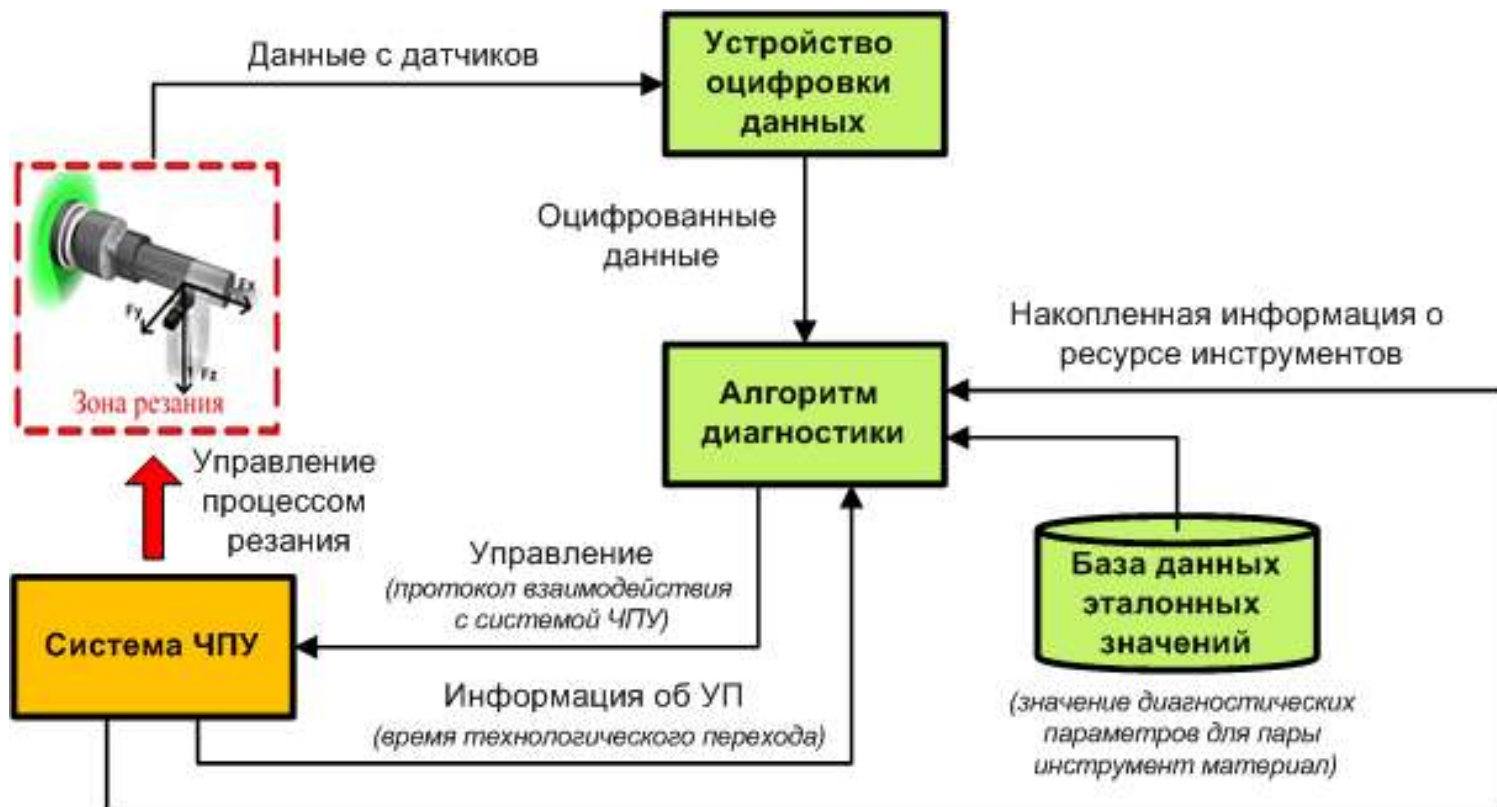


Построение модели инструментария

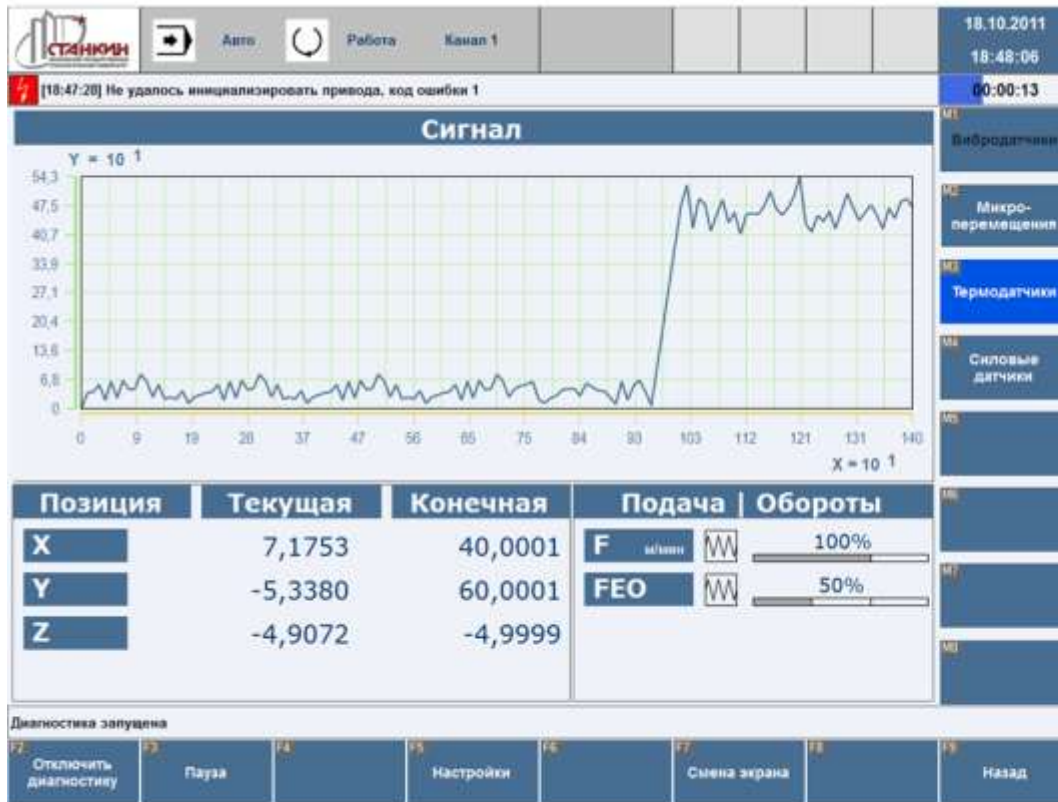
Фазы процесса диагностики и прогнозирования



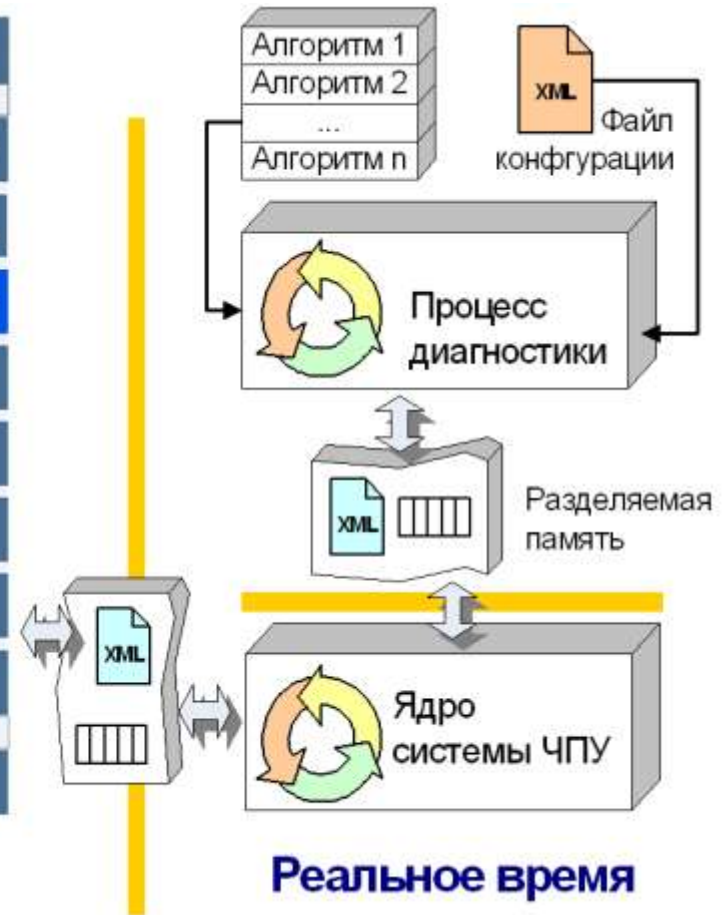
Модель инструментария диагностики и прогнозирования



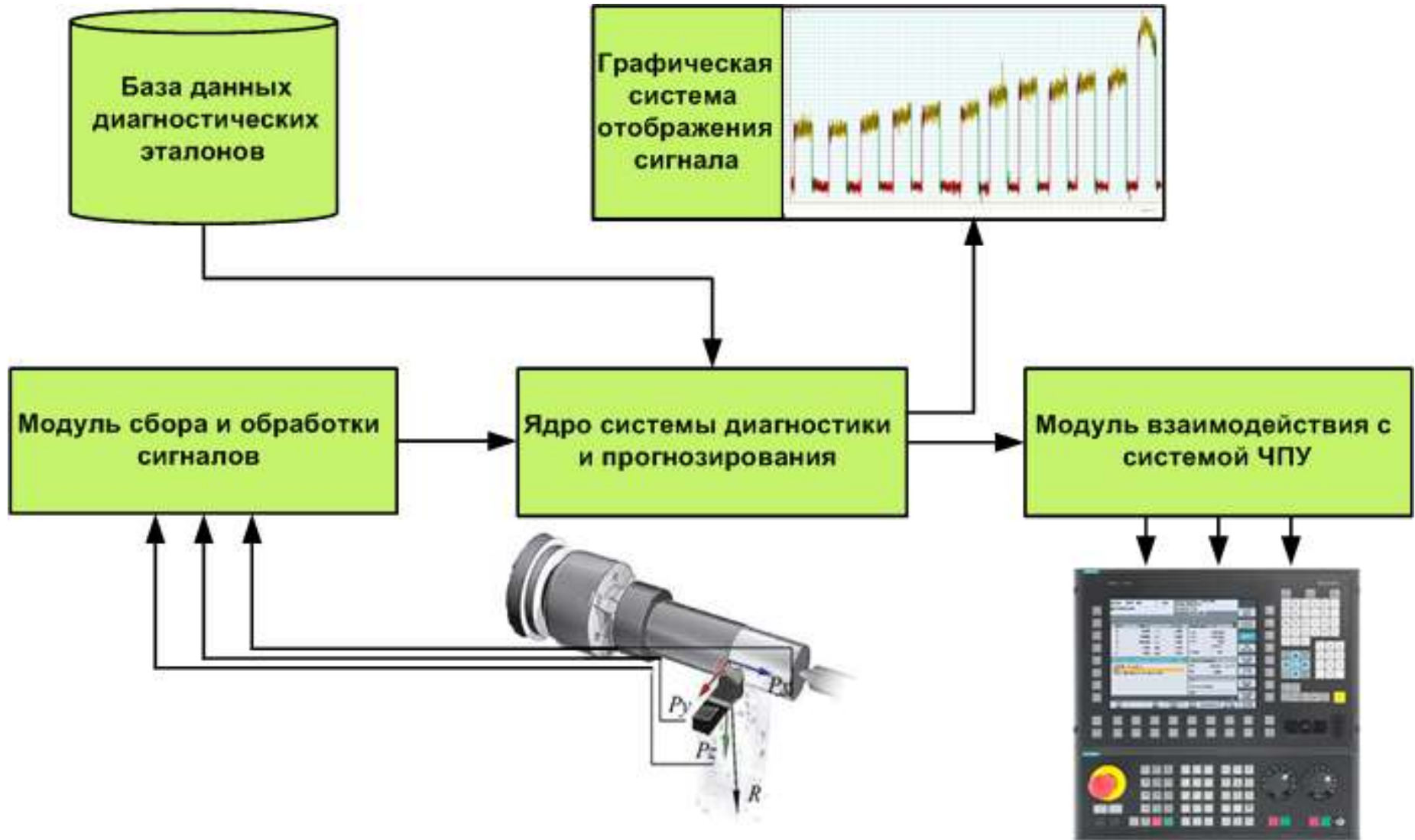
Обобщенная архитектурная модель инструментария системы ЧПУ для диагностики и прогнозирования



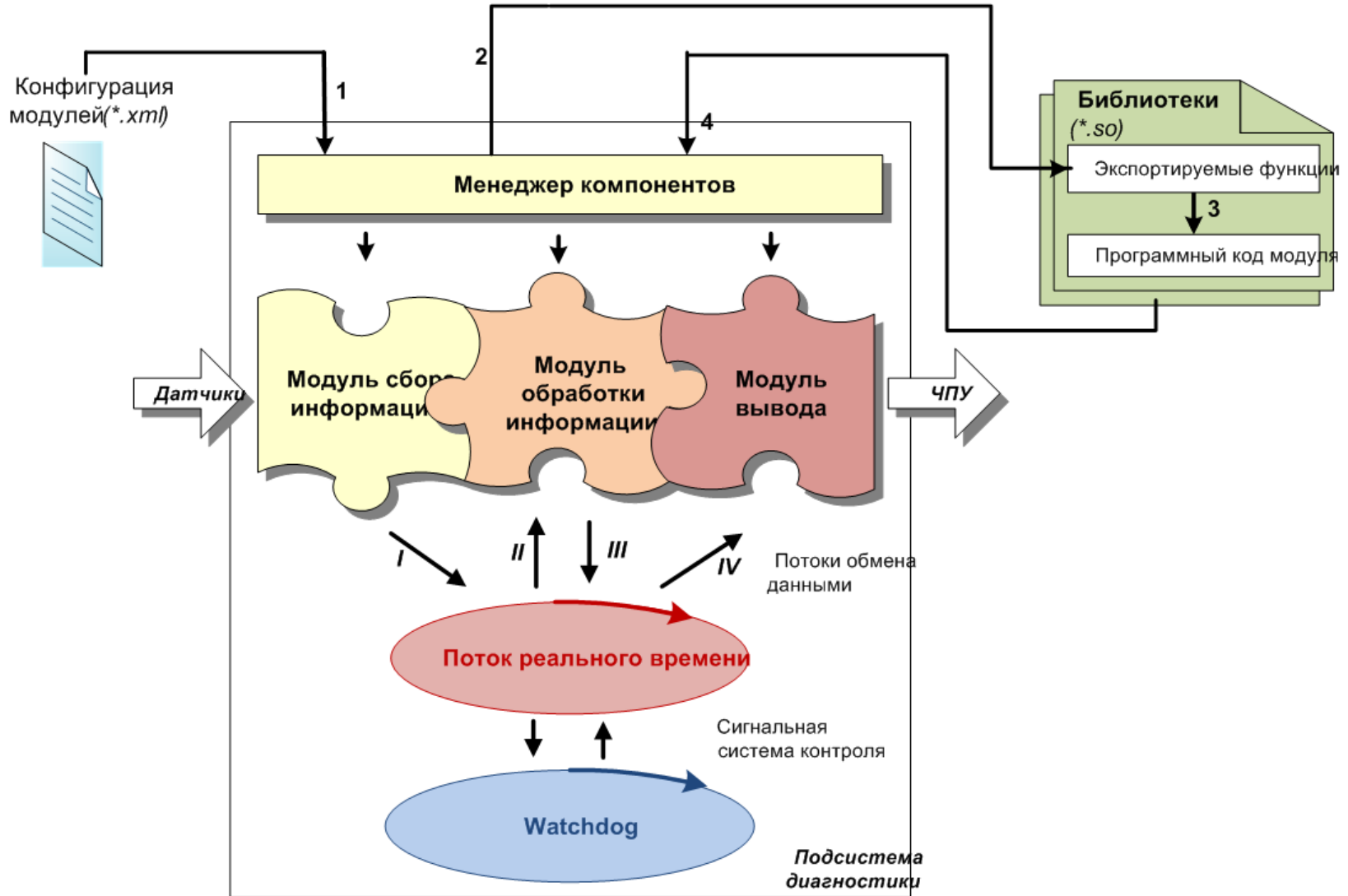
Терминальная часть



Архитектурная модель инструментария диагностики и прогнозирования



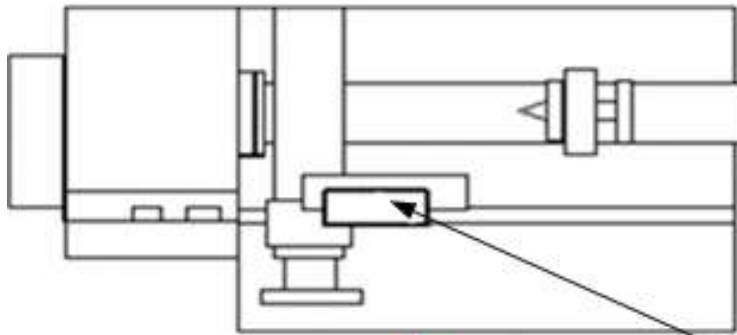
Модульная организация программного обеспечения



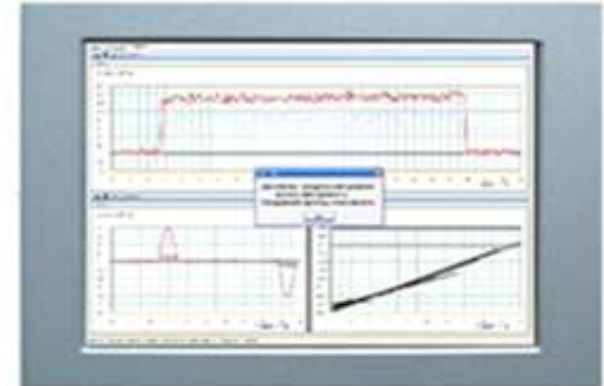
Решение на базе внешнего вычислителя

Станок

Внешний вычислитель на базе ПК



Составляющие сил резания P_x, P_y, P_z



Управление

Тензометрические датчики силы



Систему ЧПУ Sinumerik 840D

Коррекция подачи
Коррекция оборотов шпинделя

RS-232
Ethernet



ПЛК S7-300

Патент на изобретение №2417140 "Устройство контроля износа и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента для системы ЧПУ станка" от 27.04.2011.

Интегрированное в системе ЧПУ решение



Составляющие силы
резания P_x , P_y , P_z



Блок обработки
сигналов



RS485
Ethernet



Промышленный компьютер
ОС: Windows



Контроллер
привода

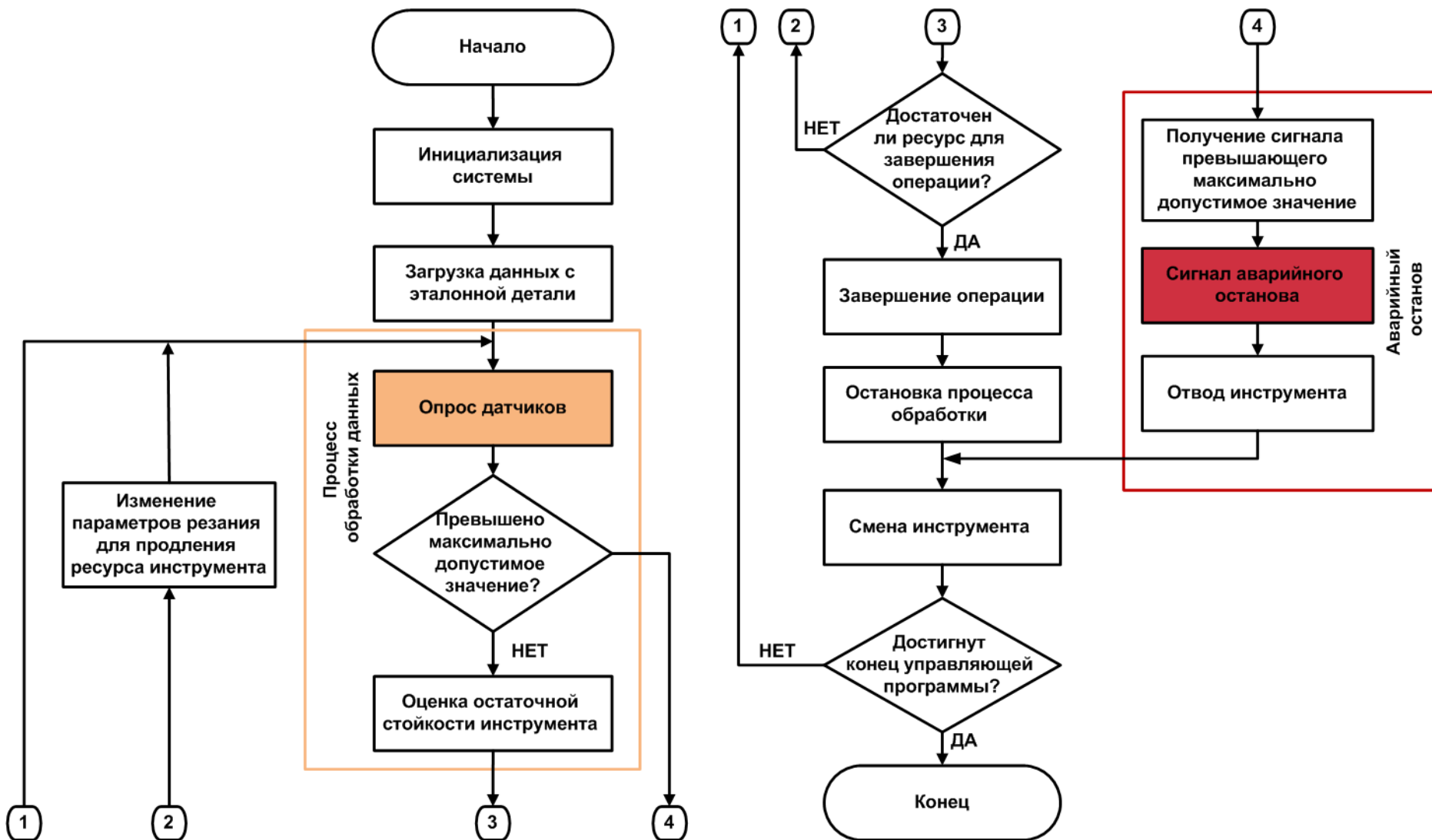


Коррекция подачи
Коррекция оборотов шпинделя

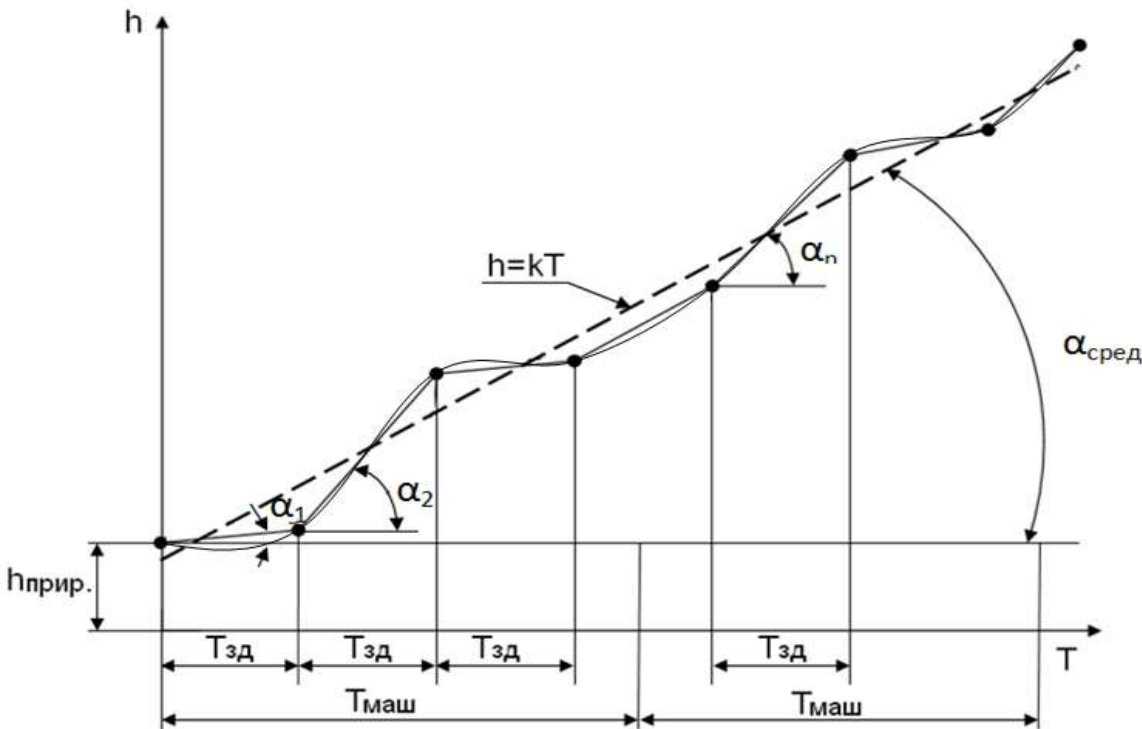
RS485



Алгоритм диагностики износа и прогнозирования остаточной стойкости инструмента

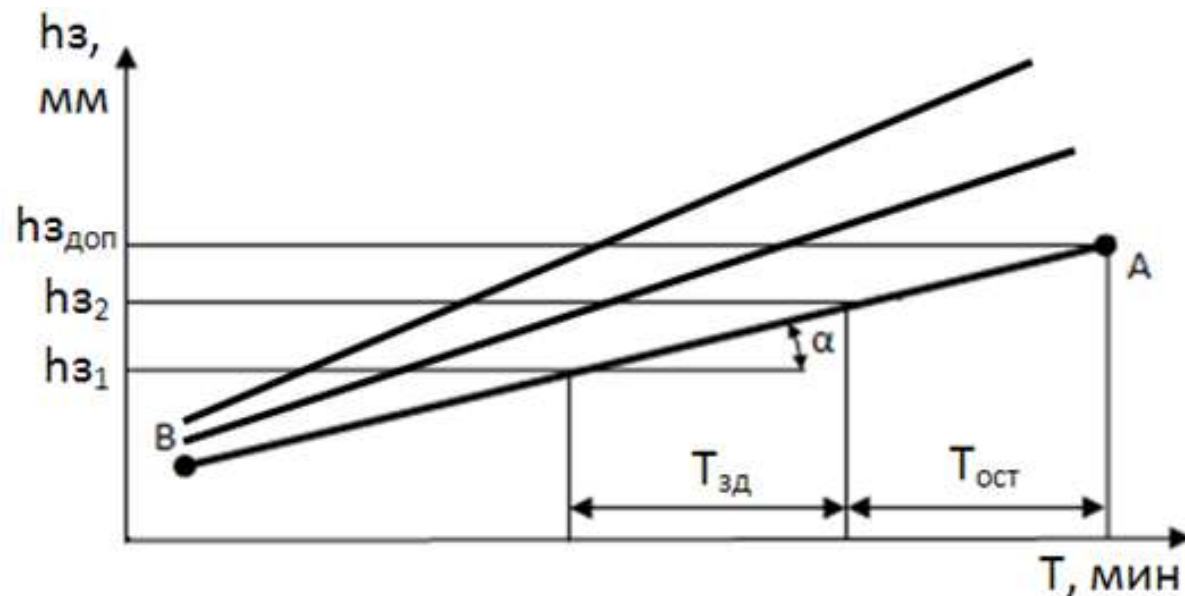


Определение расчетной стойкости



При установившемся износе экспериментальные точки располагаются случайно около прямой и могут быть аппроксимированы линейной функцией

$$h_3 = KT + h_{зпр}$$

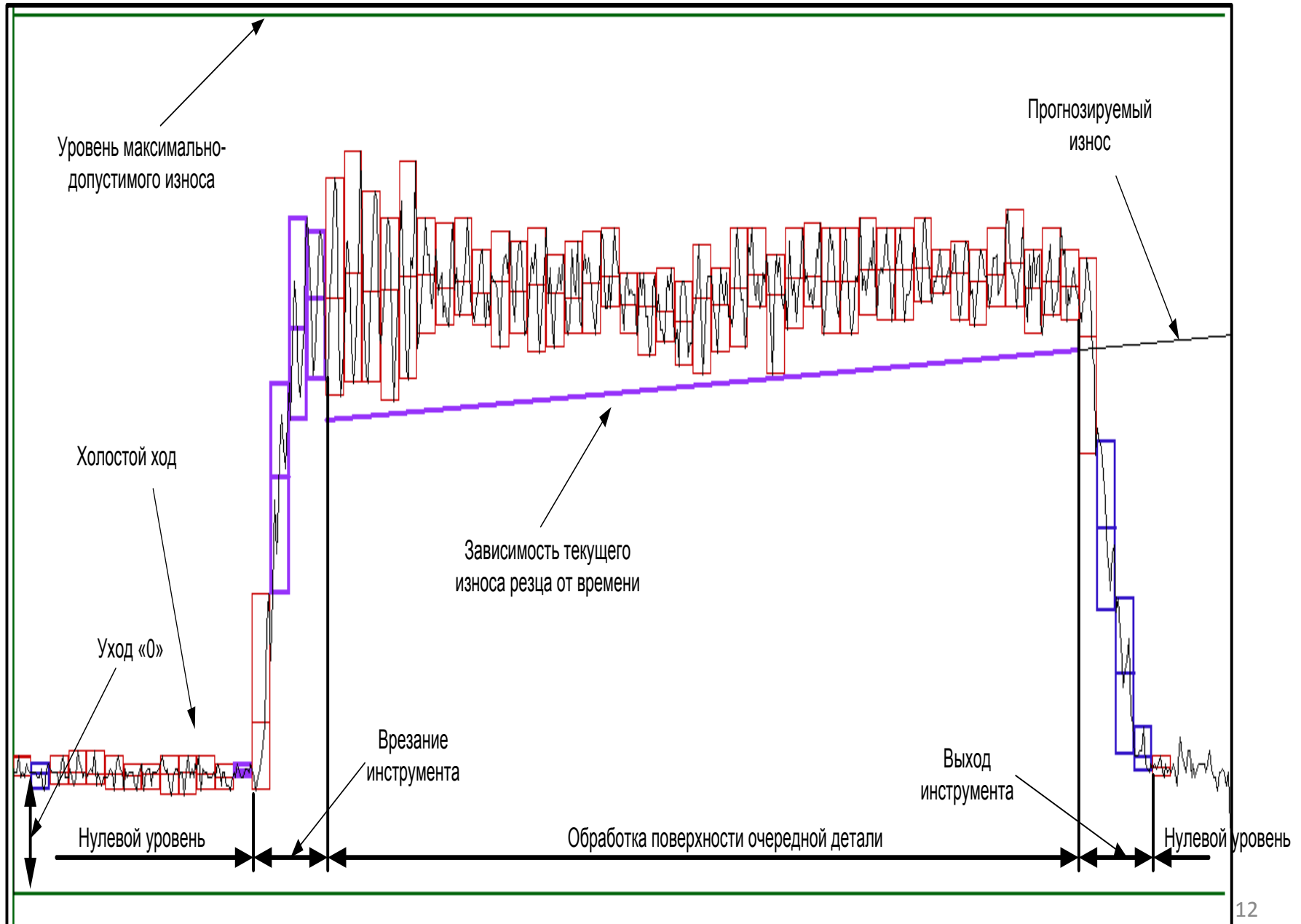


Для прогнозирования его остаточной стойкости $T_{ост}$, после обработки ряда деталей, нужно знать по какой из реализаций развивается износ, т.е. каково значение k .

$$K = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h_{з2} - h_{з1}}{T_{зд}}$$

$$T_{ост} = \frac{[h_3] - h_{з2}}{k}$$

Анализ сил резания при обработке детали

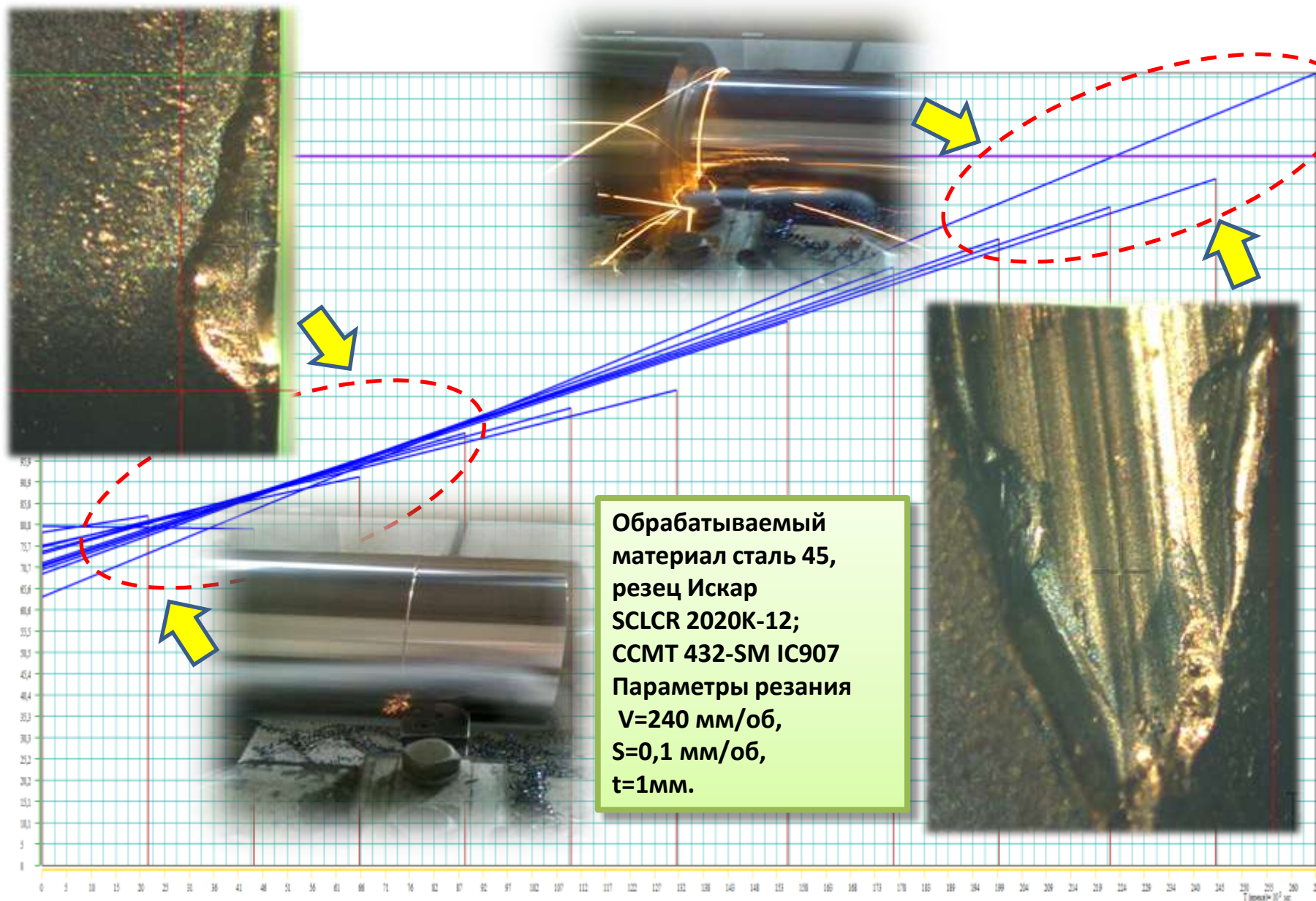


Пример проведения испытания по износу инструмента

Полученные данные



Получение экспериментальных данных



Основные выводы и результаты работы

1. В работе решена задача, имеющая существенное значение для автоматизированного машиностроения, и заключающаяся в обеспечении точностных характеристик изделия посредством диагностики и прогнозирования состояния режущего инструмента в реальном времени.
2. Определена взаимосвязь между диагностическими признаками износа режущего инструмента и параметрами управления процессом токарной обработки в системе ЧПУ, основанная на эталонных значениях диагностических признаков для пары «инструмент – обрабатываемый материал», определяющих зоны приработки, устойчивого износа и катастрофического износа режущего инструмента.
3. На основе установленных взаимосвязей построена модель инструментария, диагностирующего в реальном времени текущий износ и прогнозирующего остаточную стойкость режущего инструмента для выявления момента своевременной замены инструмента с целью избежания поломки инструмента при выполнении технологического перехода.
4. Разработан инвариантный способ компонентного построения инструментария, позволяющий создавать его либо в виде встраиваемого в систему ЧПУ приложения, либо в виде автономного модуля, подключаемого к системе ЧПУ через контроллер электроавтоматики.
5. Разработан работающий в реальном времени алгоритм оценки износа инструмента (на основе анализа силы резания и сравнения с базой данных эталонных значений), прогнозирования остаточной стойкости и принятия решения о дальнейшем использовании инструмента.
6. Полученные результаты могут быть применены на предприятиях машиностроительного профиля, использующих станочное оборудование с ЧПУ, а также в учебном процессе по направлению 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств».