

## ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОТЕРМИНАЛЬНОГО ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»

Р.Л. Пушков, С.В. Евстафиева, С.В. Соколов, Р.А. Абдуллаев, П.А. Никишечкин, А.У. Кулиев, А.Е. Сорокоумов (ФГБОУ ВПО МГУ «СТАНКИН»)

Обоснована необходимость применения многотерминального человеко-машинного интерфейса системы ЧПУ для крупногабаритных станков. Решены задачи управления системой ЧПУ с нескольких пультов оператора (стационарных и выносных), а также проблемы разграничения одновременного доступа к нескольким пультам. Реализованы механизмы передачи управления между пультами оператора и станочными пультами, подключенными к программно-реализованному контроллеру электроавтоматики.

Ключевые слова: многотерминальный интерфейс, крупногабаритный станок, выносной пульт, пульт оператора, электроавтоматика, программно-реализованный контроллер, Web-интерфейс.

### Введение

Применение крупногабаритных станков, оснащенных системами ЧПУ, обеспечивает изготовление деталей больших размеров с высокой точностью со значительным сокращением времени на подготовку производства, снижением стоимости продукции и сроков производства. При этом габариты самого станка зачастую обуславливают необходимость установки дополнительных стационарных пультов управления, а также переносных пультов [1]. Такое увеличение состава управляющей аппаратуры требует расширения функционала системы ЧПУ для обеспечения синхронизации работы двух и более органов управления. Кроме того, станки с системой ЧПУ могут работать в децентрализованных высокотехнологичных производствах, а значит, необходима реализация возможности подключения к системе ЧПУ через Web-интерфейс, например, для решения задач удаленного диагностирования состояния работы оборудования [2].

На рис. 1 представлен вариант подключения двух стационарных пультов управления, состоящих из панели оператора, станочной панели, дополнительной панели (опционально) и USB-клавиатуры и одного переносного пульта к ядру системы ЧПУ. В двухкомпьютерном исполнении взаимодействие между терминальной частью и ядром системы ЧПУ производится посредством промышленной сети на базе протокола Ethernet [3, 4]. При использовании данного протокола можно соединять несколько устройств в единую сеть, что позволяет легко решить задачу подключения нескольких терминальных частей к одному ядру. Для этого достаточно соединить ядро и несколько терминалов посредством сетевого коммутатора.

При построении многотерминальной системы ЧПУ возникают следующие проблемы.

1. Организация взаимодействия между несколькими пультами и ядром системы ЧПУ.
2. Синхронизация действий нескольких терминальных частей для эффективной совместной работы.
3. Обеспечение возможности работы кнопок аварийного останова с любого из пультов, а также работы трехпозиционного переключателя выносного пульта.

Для решения этих проблем авторами разработаны механизмы передачи управления между пультами, а также предложен способ подключения пультов к электрическим цепям безопасности станка.

Новизна подхода заключается в том, что в отличие от решений других производителей номенклатура пультов оператора не ограничена. Для реализации подхода достаточно, чтобы поддерживался протокол передачи данных от ядра системы ЧПУ. Кроме того, подключение производится по ЛВС с протоколом Ethernet, а не по закрытому протоколу определенного производителя.

Новизна подхода заключается в том, что в отличие от решений других производителей номенклатура пультов оператора не ограничена. Для реализации подхода достаточно, чтобы поддерживался протокол передачи данных от ядра системы ЧПУ. Кроме того, подключение производится по ЛВС с протоколом Ethernet, а не по закрытому протоколу определенного производителя.

### Организация взаимодействия оператора с несколькими пультами управления

Машина реального времени (МРВ) (ядро системы ЧПУ) и терминальные компьютеры (стационарные и выносные пульта) объединяются в локальную сеть, по которой передаются данные между системой управления и ее терминальной частью. Физически машины соединяются между собой с помощью промышленного роутера и экранированных кабелей витой пары.

Функциональная клавиатура панели оператора представляет собой набор машинных и функциональных клавиш. Нажатие оператором на такую клавишу инициирует определенное действие в терминале оператора в зависимости от выбранного режима

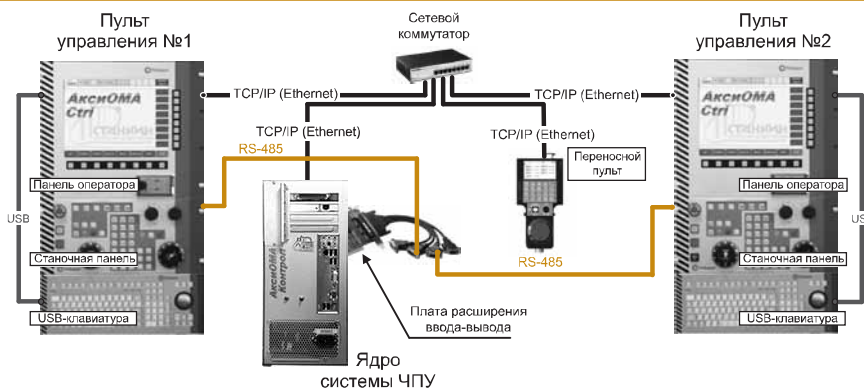


Рис. 1. Архитектура многотерминальной системы ЧПУ



Рис. 2. Неактивный терминал, связанный со станочной панелью. Активен пульт 1



Рис. 3. Неактивный терминал, не связанный со станочной панелью. Активен терминал 1

работы. Взаимодействие терминального компьютера и функциональной клавиатуры осуществляется с помощью интерфейса RS-485. Управление нажатием клавиш функциональной клавиатуры осуществляется с помощью контроллера. Данные о нажатии клавиш поступают на вход контроллера, а затем считываются терминальным компьютером из области памяти контроллера.

Аналогичным образом происходит взаимодействие станочной панели и МРВ. Помимо считывания входных кодов нажатых клавиш станочной панели, МРВ также работает с областью памяти выходов контроллера, где хранится состояние подсветки клавиш. Так как станочная панель и терминальный компьютер напрямую не соединяются, то для обмена данными используется МРВ, на которой запущено ядро системы ЧПУ.

Для выполнения операций ввода/вывода к терминальному компьютеру подключается промышленная клавиатура, оснащенная трекболом (выполняет функции манипулятора типа «мышь»). Соединение осуществляется через универсальную последовательную шину (USB). Дополнительная кнопочная панель используется для увеличения числа перепрограммируемых клавиш станочной панели и соединяется с МРВ через сетевой коммутатор. При разработке

механизма совместной работы нескольких пультов управления (стационарных и выносных) было принято решение логически объединить станочную панель и панель оператора в единую стойку управления. В целях обеспечения безопасности работы на станке только одна из стоек является активной и может осуществлять управление станком. Привязка станочной панели и панели оператора осуществляется в настройках терминала оператора [5]. В настройках выбирается номер подсоединенной станочной панели. Если станочная панель не указана, то в зависимости от особенностей станка либо ни одна станочная панель неактивна, либо используется станочная панель 1 по умолчанию [6].

Для привязанного терминального приложения осуществляется переход из состояния активности в состояние ограниченной функциональности в зависимости от состояния станочной панели, к которой он привязан.

Для неактивного терминала панель М клавиш отображается заблокированной. Терминал можно активировать только в случае пассивности другого пульта оператора. Если другой пульт оператора активен, то активация не доступна (рис. 2). Терминал активируется удержанием кнопки (М-клавиши) в течение 3...5 с.



Рис. 4. Последовательность активации пульта оператора

Для передачи управления между пультами необходимо выполнить два действия:

- снять активность с активного в данный момент пульта;
- активировать нужный для использования пульт.

Отдельно следует рассмотреть ситуацию начального запуска системы ЧПУ (например, включение станка). В этом случае в зависимости от настроек в машинных параметрах либо активируется один из пультов оператора, заданный по умолчанию, либо ни один из пультов неактивен. Если один активен пульт по умолчанию, то для передачи управления неактивному пульту оператор должен пройти к активному пульту и посмотреть, не управляет ли в данный момент с него другой оператор. Если ни один из пультов неактивен, то оператор может активировать любой необходимый ему пульт.

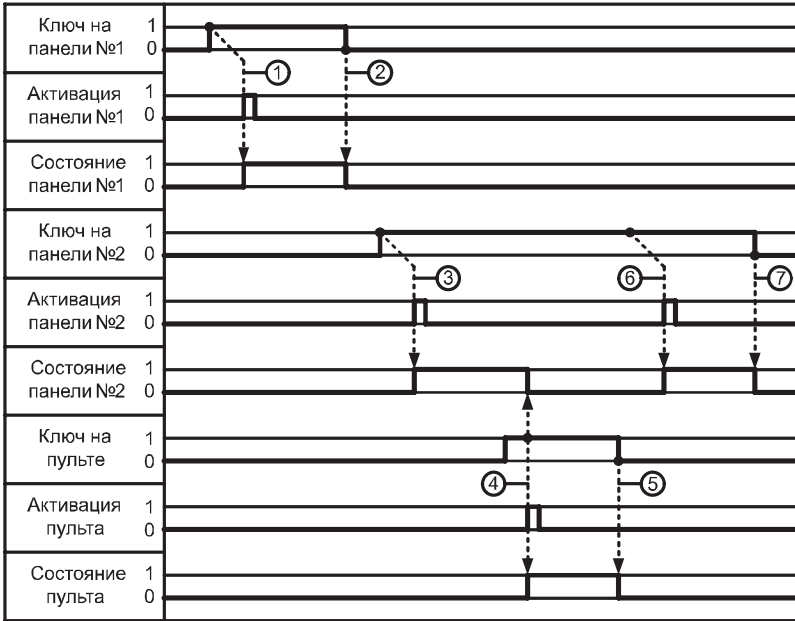


Рис. 5. Циклограмма механизма передачи управления между пультами

При активации/деактивации станочной панели в терминалы передается информация о номере активной станочной панели. Если полученный номер совпадает с номером станочной панели терминала, то производится его активация. В противном случае терминал переходит в режим ограниченной функциональности. С другой стороны, если терминал не привязан к станочной панели, то используется клавиша активации работы терминала (рис. 3).

Детально алгоритм активации пультов оператора представлен на диаграмме последовательности (рис. 4). В случае удачной активации пульта оператора 1 (1.1) на панель оператора и станочную панель приходят уведомления об активации (1.2 и 1.3 соответ-

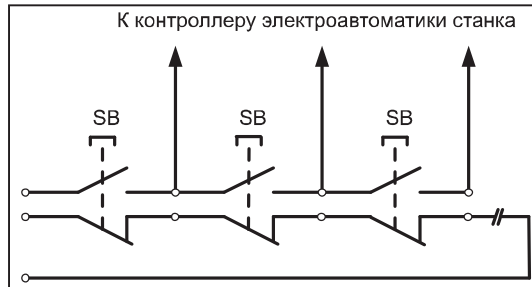


Рис. 6. Схема подключения кнопок аварийного останова

любой из кнопок аварийного останова («грибок») происходит выключение автомата силового питания с выдачей соответствующего сообщения в терминал оператора. Схема подключения кнопок аварийного останова, расположенных на панелях и пультах управления, представлена на рис. 6.

Особенностью данной схемы является размыкание цепи кнопок аварийного останова при отключении кабеля выносного пульта, что приведет к аварийному останову. Для решения этой проблемы в случае отключения кабеля выносного пульта, необходимо использовать разъем-заглушку, соединяющий цепь кнопок аварийного останова.

Программируемый контроллер реализуется в виде конфигурируемого программного модуля системы ЧПУ (типа SoftPLC) [7]. Для ввода/вывода сигналов электроавтоматики используются модули ввода/вывода фирм BoschRexroth,

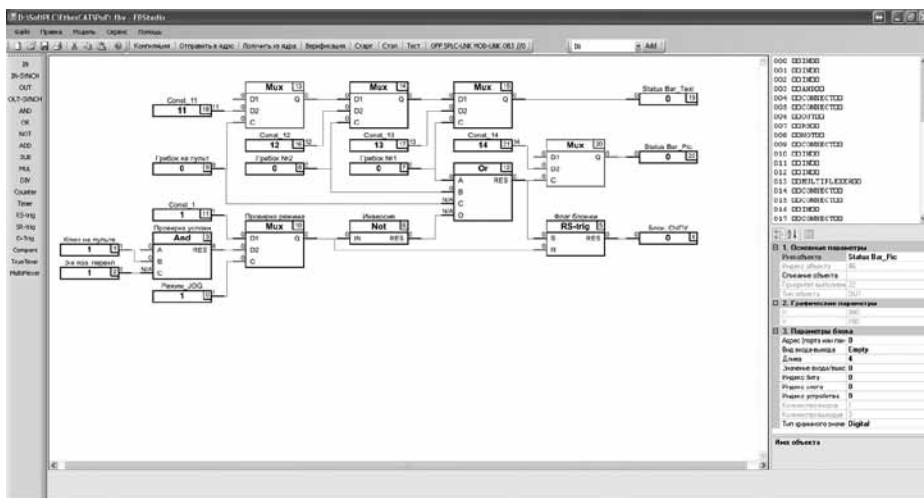


Рис. 7. Программа контроля функциональности выносного пульта в редакторе управляющих программ для электроавтоматики

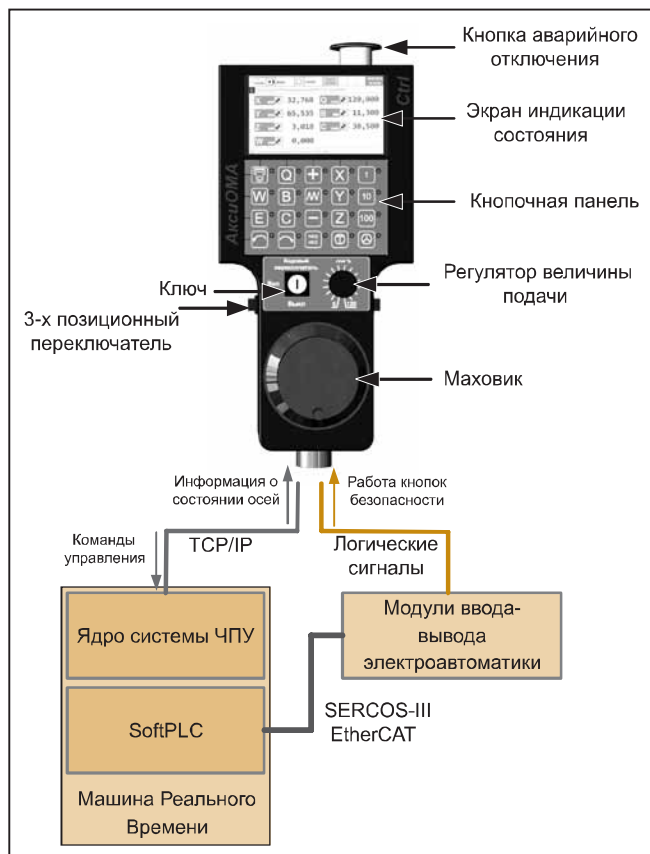


Рис. 8. Внешний вид пульта ручного управления и его подключение к системе ЧПУ «АксиОМА Контрол»

PhoenixContact или Beckhoff, поддерживающие открытые протоколы коммуникации SERCOS III и EtherCAT.

При активации пульта и переходе в режим JOG («толчковый») начинается обработка нажатия трехпозиционных переключателей выносного пульта контроллером электроавтоматики (рис. 7).

Данные переключатели необходимы для обеспечения безопасной работы оператора с выносным пультом. В штатном режиме работы переключатели должны находиться в среднем положении. Если переключатель находится в одном из двух крайних положений, это может свидетельствовать об аварийной ситуации. Если переключатели находятся в среднем положении, то команды, поступающие с пульта, обрабатываются ядром системы ЧПУ с выдачей соответствующего управляющего воздействия. В противном случае команды с выносного пульта игнорируются.

#### Особенности выносного пульта по сравнению со стационарными пультами

Выносной пульт ручного управления системы ЧПУ предназначен для ручного управления станком, когда от пользователя при управлении (например, в процессе отладки или привязки инструмента) требуется мобильность. Он должен отвечать требованиям безопасности, удобства в обращении, прочности и практичности.

С точки зрения системы ЧПУ пульт ручного управления является специализированным термина-

*В симбиозе человек-машина приспособливаться должен человек, машины этого не могут.*  
Перлис Алан

лом, построенным на базе одноплатного компьютера с ARM-процессором. Внешний вид пульта ручного управления и схема подключения пульта к системе управления станком представлена на рис. 8.

Для выполнения своих задач пульт ручного управления взаимодействует одновременно и с ядром системы ЧПУ, и с контроллером электроавтоматики [8]. Интерфейс взаимодействия с ядром системы построен на базе протокола TCP/IP. По данному интерфейсу ПО пульта передает в ядро системы ЧПУ команды управления оператора и получает информацию о состоянии осей станка для отображения на экране.

Взаимодействие с контроллером электроавтоматики происходит на базе передачи логических сигналов и служит для решения задач обеспечения безопасной работы оператора. Контроллер электроавтоматики обслуживает кнопку аварийного отключения пульта, а также боковые трехпозиционные кнопки разрешения движения. Активация выносного пульта происходит аналогично активации стационарных пультов (рис. 5).

Экран пульта ручного управления разделен на несколько зон, предназначенных для индикации различных параметров системы управления (рис. 9).

На панели состояния отображается режим и состояние текущего канала управления, активность пульта, текущие дата и время. Также имеется возможность отображения трех пиктограмм состояния электроавтоматики станка. Предусмотрены две информационные строки, отображающие информационные сообщения ядра системы ЧПУ и ПЛК. Основную область экрана занимает отображение текущих координат осей станка. Для каждой оси показано ее имя, единицы измерения, пиктограмма состояния и текущая координата. Также выделением отмечается выбранная в данный момент для управления ось.

#### Подключение к СЧПУ через Web-интерфейс

На сегодняшний день актуальной является задача управления высокотехнологичными производствами, основанными на базе многопроцессорных систем ЧПУ с распределенной топологией [9]. Особое место занимает задача создания и организации межмодульного взаимодействия, основанная на базе Web-технологий с применением Web-сервера данных. Web-управление может быть использовано операторами крупногабаритных станков, технологами производственного участка, сервис-инженерами цеха, руководством предприятия либо удаленно обучающимся персоналом.

Распределенная система управления производством формируется посредством набора Web-серверов, специализирующихся на реализации двух основных задач.



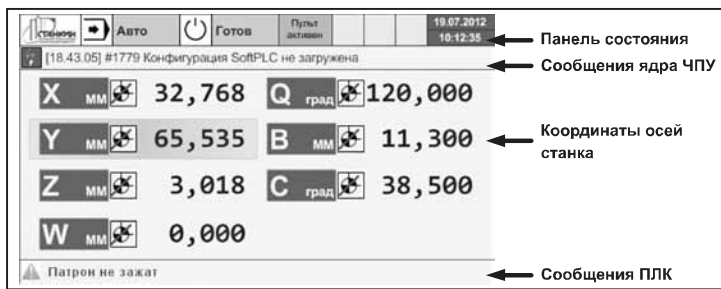


Рис. 9. Экран пульта ручного управления

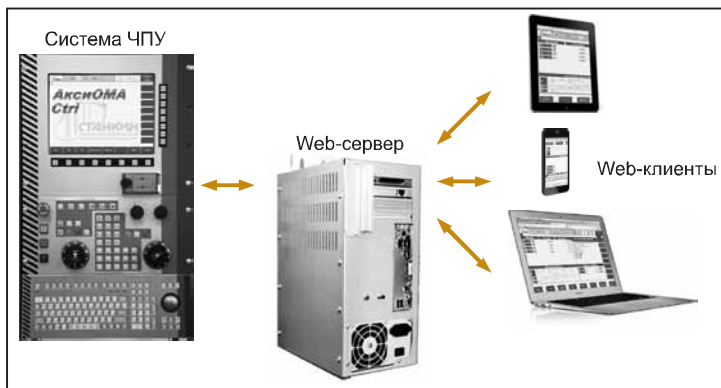


Рис. 10. Обобщенная архитектура СЧПУ с Web-интерфейсом

1. Предоставление удаленного доступа к функциям диагностики и управления станочным оборудованием.

2. Организация интерактивного взаимодействия персонала.

Обобщенная архитектура такой системы представлена на рис. 10. Web-сервер предоставляет доступ к функциям системы ЧПУ Web-клиентам, позволяя им осуществлять мониторинг состояния, диагностирование и управление ТП [10].

#### Заключение

Многотерминальный человеко-машинный интерфейс системы ЧПУ решает задачу управления крупногабаритными станками и обрабатывающими центрами, когда габариты оборудования не позволяют наблюдать и управлять процессом обработки с места установки единственной стационарной стойки управления. Применение выносного пульта обеспечивает мобильность оператора станочного оборудования и возможность выбора наиболее удобного расположения относительно зоны резания (например, в процессе установки приспособлений, детали, привязки инструмента). Web-управление системой ЧПУ позволяет удаленно наблюдать за процессом обработки персоналу, не имеющему прямого отношения к управлению станком, например, сервис-инженерам или технологам производственного участка.

*Пушков Роман Львович* – старший преподаватель, *Евстафиева Светлана Владимировна* – преподаватель,

*Соколов Сергей Владимирович* – канд. техн. наук, младший научный сотрудник,

*Абдуллаев Роман Ахматалиевич* – младший научный сотрудник,

*Никишечкин Петр Анатольевич* – инженер 2-й категории, *Кулиев Абий Уангалиевич* – инженер 2-й категории, *Сорокоумов Артем Евгеньевич* – инженер 2-й категории ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН».

Контактный телефон (499) 972-94-40.

В настоящий момент производится внедрение многотерминального интерфейса системы ЧПУ «АксиОМА Контроль» для управления прецизионным обрабатывающим центром модульной конструкции для обработки особо крупных деталей с погрешностями  $< \pm 4$  мкм производства ЗАО «Краснодарский станкостроительный завод «Седин».

#### Список литературы

1. *Мартинова Л. И., Козак Н. В., Нежметдинов Р. А., Пушков Р. Л.* Реализация открытости управления электроавтоматикой станков в системе ЧПУ класса PCNC//Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2011. № 02. С. 11-16.
2. *Григорьев С. Н., Андреев А. Г., Мартинов Г. М.* Перспективы развития кроссплатформенных компьютерных систем числового программного управления высокотехнологичного оборудования // Автоматизация в промышленности. 2011. №5, с. 3-8.
3. *Мартинов Г. М., Козак Н. В.* Декомпозиция и синтез программных компонентов электроавтоматики // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. №12. С. 4-11.
4. *Сосонкин В. Л., Мартинов Г. М.* Концепция числового программного управления мехатронными системами: архитектура систем типа PCNC // Мехатроника, автоматизация, управление. 2000. №1. С. 26-29.
5. *Мартинова Л. И., Мартинов Г. М.* Практические аспекты реализации модулей открытой системы ЧПУ // Авто-тракторное электрооборудование. 2002. №3. С. 31-37.
6. *Нежметдинов Р. А., Соколов С. В., Обухов А. И., Григорьев А. С.* Расширение функциональных возможностей систем ЧПУ для управления механо-лазерной обработкой // Автоматизация в промышленности. 2011. № 5. С. 49-53.
7. *Мартинов Г. М., Нежметдинов Р. А.* Кроссплатформенный программно-реализованный логический контроллер управления электроавтоматикой станков с ЧПУ//Автоматизация и современные технологии. 2013. № 1. С. 15-23.
8. *Мартинов Г. М., Нежметдинов Р. А., Козак Н. В., Пушков Р. Л.* Прикладные решения в области управления электроавтоматикой станков с ЧПУ класса PCNC//Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 4. С. 48-53.
9. *Мартинов Г. М., Мартинова Л. И., Козак Н. В., Нежметдинов Р. А., Пушков Р. Л.* Принципы построения распределенной системы ЧПУ технологическими машинами с использованием открытой модульной архитектуры//Справочник. Инженерный журнал. 2011. № 12.
10. *Козак Н. В., Мартинова Л. И., Савинов К. А., Дубровин И. А.* Построение гетерогенной распределенной компьютерной системы управления для высокотехнологичных децентрализованных производств на основе web-технологий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 11. с. 44-48.