

Р.А. Нежметдинов

канд. техн. наук, доцент

E-mail: neramil@ncsystems.ru

П.А. Никишечкин

канд. техн. наук

E-mail: pnikishechkin@gmail.com

Р.Л. Пушков

E-mail: pushkov@ncsystems.ru

(ФГБОУ ВО «МГТУ «Станкин»)

Москва, Российская Федерация

Управление автоматической сменой инструмента на многоцелевых обрабатывающих центрах с применением унифицированных программных решений

Предложена классификация технологического оборудования и электроавтоматики по подгруппам. Предложен подход по группировке программных модулей в параметризованные библиотеки, что обеспечивает гибкость и возможность повторного использования программного кода управления электроавтоматикой. Приведен пример синтеза функциональных блоков управления для револьверной головки и механизма смены инструмента.

Ключевые слова: логическая задача; электроавтоматика; привязка к оборудованию; ядро ЧПУ; смена инструмента; револьверная головка; механизм смены инструмента.

R.A. Nezhmetdinov

Cand. of Techn. Sciences, Associate Professor

E-mail: neramil@ncsystems.ru

P.A. Nikishechkin

Cand. of Techn. Sciences

E-mail: pnikishechkin@gmail.com

R.L. Pushkov

E-mail: pushkov@ncsystems.ru

Moscow State University of Technology «STANKIN»

Moscow, Russian Federation

Automatic Tool Change Control for Multi-purpose Machining Centers Using Standardized Software Solutions

The classification of process equipment and PLC for subgroups was offered. Shown an approach for grouping of software modules in parameterized libraries that provides flexibility and the ability to reuse software code for electroautomatics control. Also shown an example of the functional control units for the synthesis of the turret and tool change mechanism.

Keywords: logical task; electroautomatics; technological binding; NC-kernel; tool change; tailstock barrel; turret head; tool-change mechanism.

Введение

Обрабатывающие центры различных компоновок составляют большую часть станочного парка машиностроительных предприятий. Зачастую, к выпускаемым изделиям на предприятиях предъявляют повышенные требования относительно сложности обработки, режимов резания, времени выпуска единицы детали, а также геометрической точности, точности форм и шероховатости поверхности изделий, что обуславливает количество и разнообразие используемого на станках

вспомогательного технологического оборудования. Управление станками такого типа предполагает использование многофункциональной системы ЧПУ с несколькими каналами управления, поддерживающей многокоординатную интерполяцию, имеющей возможность управления большим количеством вспомогательного электрооборудования и допускающей реализацию технологических решений конечного пользователя в виде станочных циклов и параметрических подпрограмм [1, 2].

Анализ номенклатуры наиболее часто применяемого вспомогательного технологического оборудования и

электроавтоматики показывает, что станки, относящиеся к одной группе, как правило, оснащаются узлами стандартной компоновки узкого круга производителей. При этом в их основе лежат схожие аппаратные средства автоматизации (датчики, исполнительные механизмы), определяющие логику работы устройства. В каждой отдельной области доминируют несколько успешно зарекомендовавших себя производителей. Выделение сходств и различий в программной реализации алгоритмов управления вспомогательным оборудованием станков смежных групп, позволяет добиться унификации программ электроавтоматики [3].

Для этого необходимо классифицировать используемое технологическое оборудование и электроавтоматику, входящие в их состав, на подгруппы. Например, для токарных станков это подгруппы: устройств автоматической смены инструмента, устройств зажима заготовки, пневмооборудования, гидрооборудования, систем безопасности и др. Разделение электроавтоматики станка на отдельные узлы позволяет строить управляющую программу на основе автономных модулей. Таким образом, за управление каждым узлом отвечает соответствующий программный модуль – пользовательский функциональный блок, содержащий в себе программную реализацию алгоритма управления [4, 5]. Функциональные модули смежных групп будут иметь незначительные отличия, их можно объединить в одном решении, введя дополнительные входные параметры, которые позволят учесть специфику конкретных узлов при реализации алгоритма управления. Созданные программные модули целесообразно организовать в библиотеку, что позволит получить набор параметризованных функциональных блоков для синтеза программных решений под конкретный технологический комплекс. Предложенный подход обеспечивает гибкость и возможность повторного использования программного кода управления электроавтоматикой.

Практические аспекты реализации на примере функционального блока управления револьверной головкой

В качестве примера, рассмотрим реализацию функционального блока управления револьверными головками для смены инструмента на многоцелевых или токарных станках (рис. 1).

Револьверная головка состоит из следующих узлов и механизмов:

- 1 – синхронный электродвигатель;
- 2 – датчик положения вала электродвигателя (инкрементальный энкодер);
- 3а, 3б – двухпозиционный гидрораспределитель;
- 4 – датчик нулевой позиции инструментальной головки;
- 5 – диск револьверной головки зафиксирован;
- 6 – диск револьверной головки зафиксирован;
- 7 – датчик «вращение инструмента заблокировано»;
- 8 – датчик «вращение инструмента разблокировано»;
- 9 – датчик срабатывания предохранительной муфты.

Широкая номенклатура изделий каждого производителя обусловлена конструктивными особенностями, зависящими от типа станка: количество инструментов, расположение инструментов (осевое/радиальное), способ крепления инструмента и др. На основе анализа параметров оборудование разделено на подгруппы. При этом каждый из параметров не влияет на алгоритм управления в целом, а определяет только количественные характеристики конкретного технологического оборудования.

При повороте от позиции активного инструмента (A) в позицию требуемого инструмента (T) двигатель должен совершить вращение в выбранном направлении, получив при этом с датчика обратной связи число сигналов (Cnt), равное:

$$Cnt = (T - A) \cdot \frac{n \cdot \Delta}{N},$$

где N – число инструментов в револьверной головке, Δ – дискретность датчика двигателя, n – передаточное отношение.

В качестве параметров функционального блока для управления револьверной головкой осевого инструмента можно выделить:

- номер выбранного в данный момент инструмента (параметр 1);
- номер необходимого инструмента для смены (параметр 2);

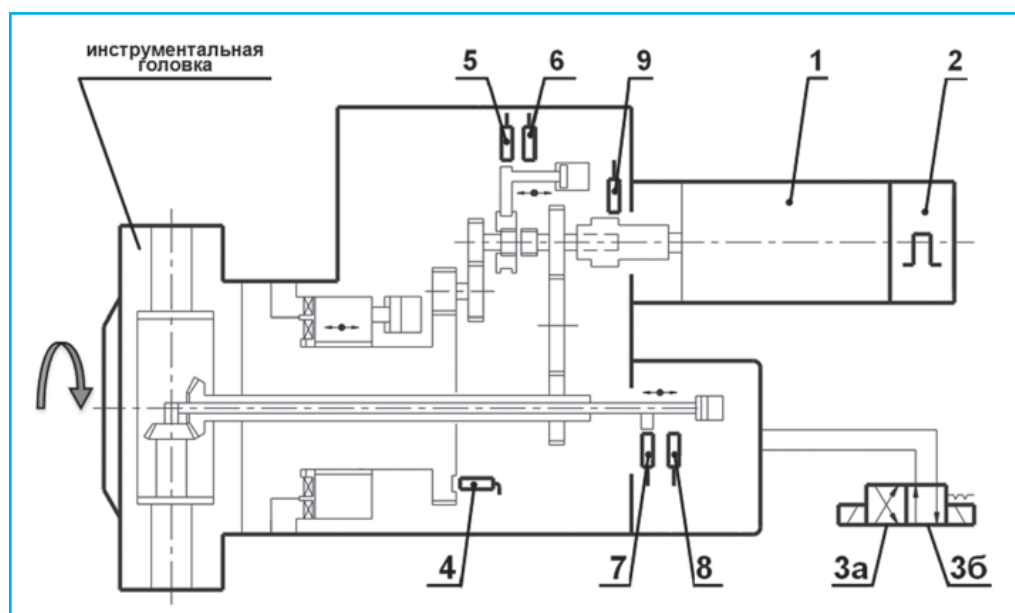


Рис. 1. Схема работы револьверной головки для осевого инструмента

- команда на запуск смены инструмента (параметр 3);
- разрешение работы (параметр 4);
- максимальное число позиций инструментов в револьверной головке – N (параметр 5).
- возможность вращения револьверной головки по/против часовой стрелке/в обе стороны (параметр 6);
- тип применяемого датчика поиска инструмента – определяет алгоритм поиска (параметр 7);
- дискретность датчика двигателя (параметр 8);
- передаточное отношение переходной муфты при ее наличии (параметр 9);
- наличие механического тормоза двигателя вращения револьверной головки (определяет необходимость выполнения – параметр 10);
- наличие руки автооператора (параметр 11).

В качестве выходов можно выделить следующие параметры, куда входят команды управления и состояния:

- состояние механизма смены инструмента (параметр 1);
- сигнал для вращения барабана по часовой стрелке (параметр 2);
- сигнал для вращения барабана против часовой стрелки (параметр 3);
- сигнал снятия тормоза с двигателя (параметр 5).

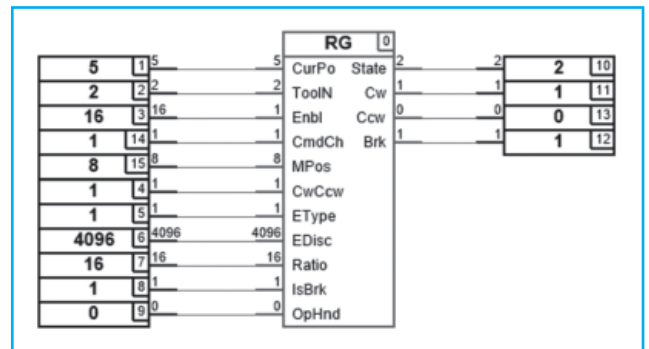


Рис. 2. Внешний вид параметризованного функционального блока управления револьверной головкой

В среде программирования SoftPLC контроллера [6, 7] был реализован унифицированный функциональный блок для автоматической смены инструмента. Выделенные параметры составили набор входов и выходов блока, значения которых определяют последовательность действий алгоритма при операции смены инструмента (рис. 2).

Настройка функционального блока предполагает определение в программе электроавтоматики значений для каждого из входных параметров, в соответствии с техническими характеристиками конкретной модели револьверной головки.

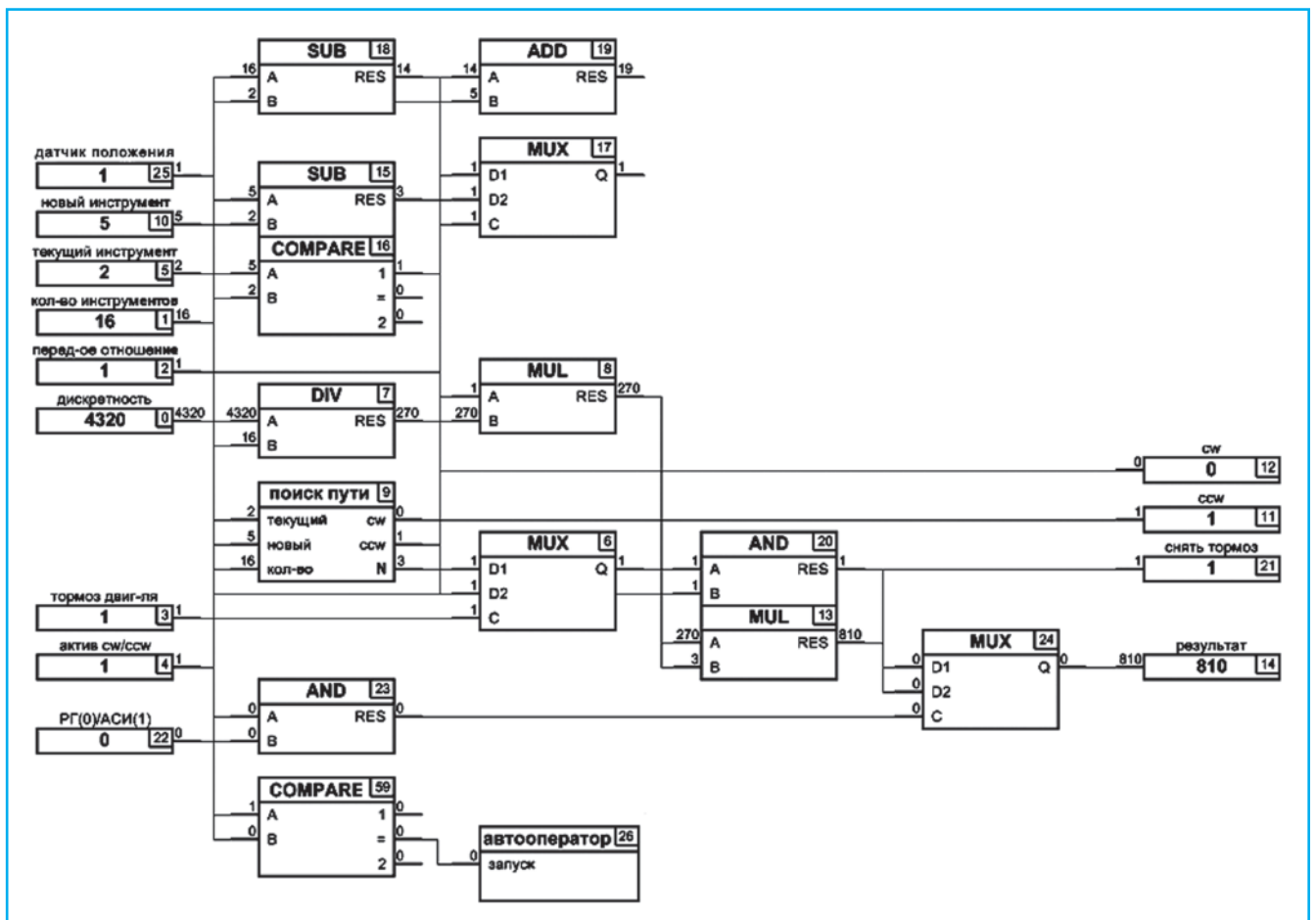


Рис. 3. Реализация функциональных блоков управления револьверной головкой

Программная реализация (рис. 3) осуществлена на языке функциональных блоков (в стандарт МЭК 61131-3, язык FB (*Functional Blocks*)) и содержит стандартные блоки (логические, математические функции) и специализированные пользовательские блоки (реализация механизма поиска кратчайшего пути и управления автооператором).

Управление механизмом автоматической смены инструмента

Управление механизмом автоматической смены инструмента является наиболее сложным логическим блоком из всех органов управления фрезерных обрабатывающих центров. Смена инструмента осуществляется при помощи механизма автоматической смены (рис. 4).

Механизм смены инструмента состоит из следующих основных элементов:

- Инструментальный магазин – барабан, на котором размещены 32 инструментальных кармана. Смена инструмента происходит между патроном шпинделя и нижним карманом барабана. Вращение барабана осуществляется при помощи электродвигателя. Электродвигатель управляется сигналами O1.1 (вращение по часовой стрелке) и O1.2 (вращение против часовой стрелки) это позволяет производить поворот к нужному инструменту по кратчайшему пути. Выход нужного кармана в нижнее положение для смены инструмента контролируется датчиком I2.1. Опускание и подъем кармана осуществляется при помощи управления пневмоцилиндром. Если сигнал O1.5 установлен, происходит опускание кармана, при снятии сигнала карман поднимается. Положение кармана контролируется датчиком, выдающим сигнал I2.2 (карман опущен) и сигнал I2.3 (карман поднят).

Рычаг смены инструмента – осуществляет захват инструмента в патроне шпинделя и стакане барабана и меняет их

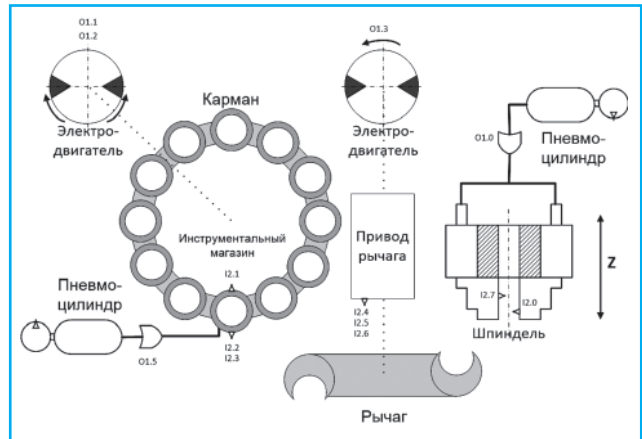


Рис. 4. Схема механизма автоматической смены инструмента

местами. Управление рычагом осуществляется подачей сигнала O1.3 на привод электродвигателя рычага.

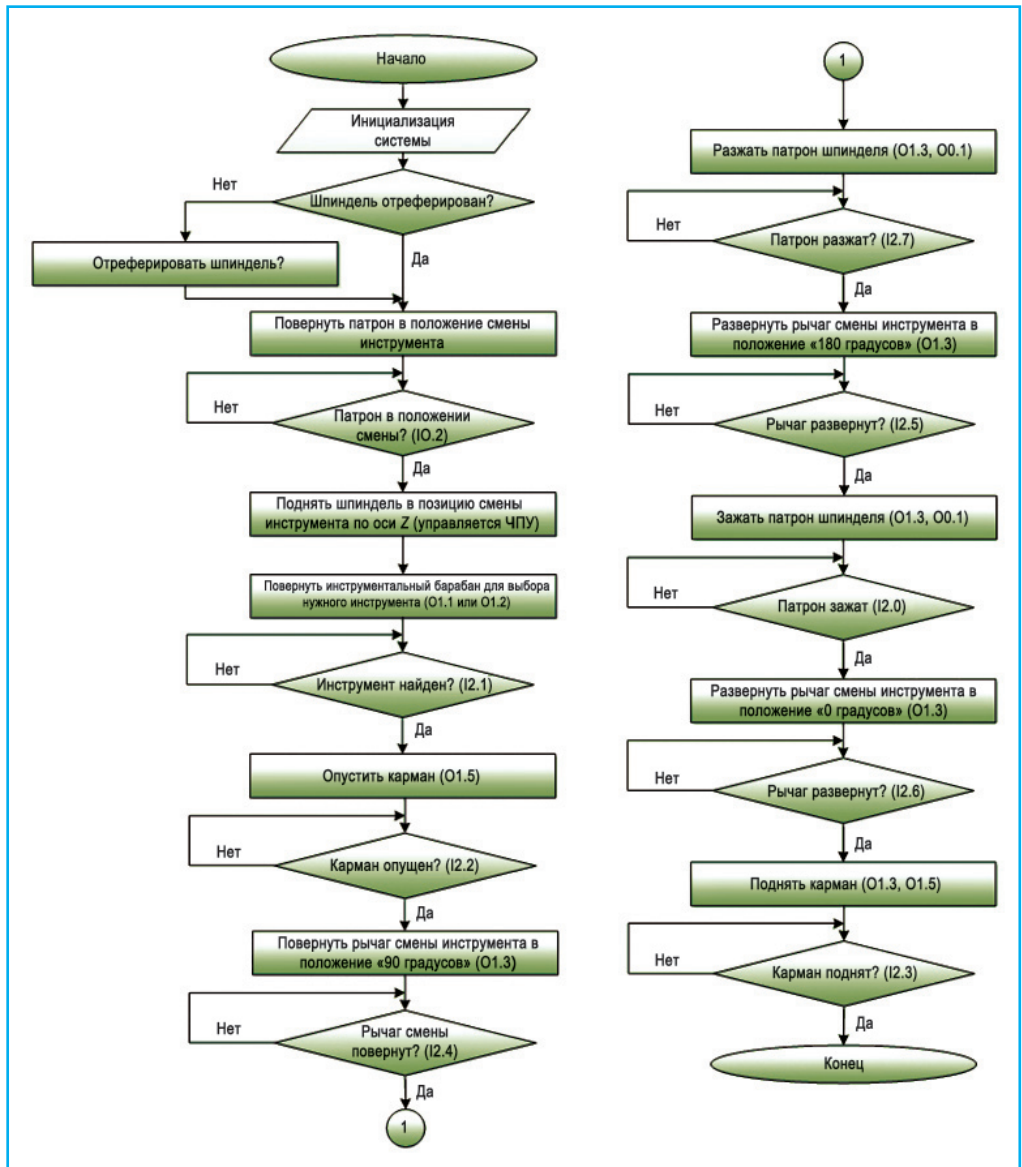


Рис. 5. Обобщенный алгоритм работы механизма автоматической смены инструмента

Механический привод рычага осуществляет следующий цикл движения: выход в положение «90 градусов» для захвата инструмента (контролируется сигналом датчика I2.4), выдвижение рычага с разворотом на 180 градусов и его убираем для перестановки инструментов местами (контролируется сигналом датчика I2.5), поворот в исходное положение (контролируется сигналом датчика I2.6).

- Патрон шпинделя – зажимает инструмент. Разжим патрона осуществляется путем подачи сигнала O0.1 на пневмоцилиндр. Особенностью работы является то, что инструмент может быть вставлен в патрон только при определенном угле поворота шпинделя. Сигнал датчика I2.0 контролирует поворот патрона в позицию смены инструмента, сигнал I2.7 показывает, что патрон разжат.

Обобщенный алгоритм работы механизма смены инструмента показан на рисунке 5. В скобках в процедуре указывается сигнал активации, а в условии указывается сигнал завершения. Снятие управляющего сигнала показано подчеркиванием. Операции по реферированию шпинделя и его поворота в положение смены инструмента выполняются ЧПУ и не имеют управляющих сигналов от контроллера электроавтоматики.

Для управления системой автоматической смены инструмента в среде управления SoftPLC контроллером также был разработан унифицированный блок, содержащий следующий набор входных параметров (рис. 6):

- текущая позиция инструмента в барабане (параметр 1);
- номер необходимого инструмента (параметр 2);
- команда на запуск смены инструмента (параметр 3);
- общее количество позиций барабана смены инструмента (параметр 4);
- сигнал на разрешение работы механизма смены инструмента (параметр 5);
- сигнал о реферировании шпинделя (параметр 6);
- сигнал о реферировании барабана инструментов (параметр 7);
- текущая позиция рычага смены инструмента (параметр 8);

В качестве выходов можно выделить следующие параметры, куда входят команды управления и состояния:

- состояние смены инструмента (выход 1);
- наличие ошибок в алгоритме смены (выход 2);
- команда на подъем кармана смены инструмента (выход 3);

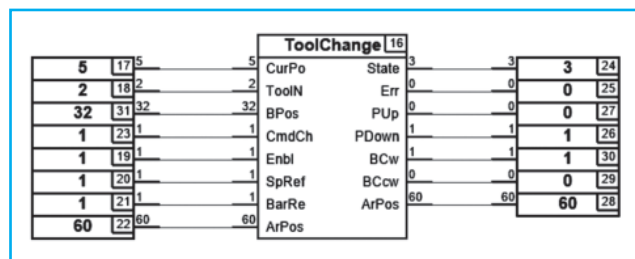


Рис. 6. Реализация функционального блока механизма автоматической смены инструмента

- команда на опускание кармана смены инструмента (выход 4);
- команда на вращение барабана по часовой стрелке (выход 5);
- команда на вращение барабана против часовой стрелки (выход 6);
- команда на вращение рычага смены инструмента (выход 7).

Заключение

Представленная на рынке широкая номенклатура металлообрабатывающего оборудования машиностроительных предприятий аэрокосмического, судостроительного и энергетического комплекса, требует индивидуального решения для управления электроавтоматикой и вспомогательным технологическим оборудованием. Приведенный в статье анализ показал, что, разделив вспомогательное оборудование по характерным признакам на группы и выделив ключевые критерии в них, можно унифицировать процесс разработки управляющих программ для ПЛК и обеспечить повторного использования разработанных модулей управляющих программ электроавтоматики.

Систематизация общих действий, производимых при смене инструмента, и разработка алгоритмов для решения данной задачи позволяет использовать разработанные базовые циклы электроавтоматики практически в любом станке, имеющем подобные механизмы автоматической смены инструмента путем небольшой адаптации. Это позволяет существенно сократить время разработки циклов электроавтоматики, в частности механизмов смены инструмента различных типов, присутствующих на широкой номенклатуре станков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л., Евстафиева С.В., Мартинова Л.И. Построение специализированной системы ЧПУ для многокоординатных токарно-фрезерных обрабатывающих центров // *Автоматизация в промышленности*. 2014, № 6. С. 25–28.
2. Мартинов Г.М., Пушков Р.Л., Евстафиева С.В. Основы построения однокомпьютерной системы ЧПУ с программно реализованным ядром и открытой модульной архитектурой // *Вестник МГТУ «Станкин»*. 2008, № 4. С. 82–93.
3. Мартинов Г.М., Никищечкин П.А., Григорьев А.С., Червоннова Н.Ю. Организация взаимодействия основных компонентов в системе ЧПУ АксиОМА Контроль для интеграции в нее новых технологий и решений // *Автоматизация в промышленности*. 2015, № 5. С. 10–15.
4. 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.

5. Шемелин В.К., Нежметдинов Р.А. Применение технологии «клиент-сервер» при проектировании контроллера типа Soft PLC для решения логической задачи в рамках систем ЧПУ // *Автоматизация. Современные технологии*. 2010, № 3. С. 20–24.
6. Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Никишечкин П.А. Специфика построения редактора управляющих программ электроавтоматики стандарта МЭК 61131 // *Вестник МГТУ «Станкин»*. 2014, № 4 (31). С. 127–132.
7. Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Никишечкин П.А. Разработка средств визуализации и отладки управляющих программ для электроавтоматики, интегрированных в систему ЧПУ // *Вестник МГТУ «Станкин»*. 2012, № 4 (23). С. 134–138.

References

1. Nezhmetdinov R.A., Pushkov R.L., Yevstafieva S.V., Martinova L.I. Postroenie spetsializirovannoy sistemy ChPU dlya mnogokoordinatnykh tokarno-frezernykh obrabatyvayushchikh tseftrov [Construction of specialized systems for multi-axis CNC turning and milling centers]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation in Industry]. 2014, no. 6, pp. 25–28.
2. Martinov G.M., Pushkov R.L., Yevstafieva S.V. Osnovy postroeniya odnokompyuternoy sistemy ChPU s programmno realizovannym yadrom i otkrytoy modulnoy arkhitekturoy [Fundamentals of single-computer numerical control system software implemented kernel and open modular architecture]. *Vestnik MGTU «Stankin»* [Vestnik MSTU «Stankin»]. 2008, no. 4, pp. 82–93.
3. Martinov G.M., Nikishechkin P.A., Grigorev A.S., Chervonnova N.Yu. Organizatsiya vzaimodeystviya

osnovnykh komponentov v sisteme ChPU AksiOMA Kontrol dlya integratsii v nee novykh tekhnologiy i resheniy [Organization of interaction of the main components in the control system of axioms Control for integration into its new technologies and solutions]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation in Industry]. 2015, no. 5, pp. 10–15.

4. Martinov G.M., Nezhmetdinov R.A., Kozak N.V., Pushkov R.L. Prikladnye resheniya v oblasti upravleniya elektroavtomatikoy stankov s ChPU klassa PCNC [Applied solutions electroautomatics machine control CNC PCNC class]. *Promyshlennye ASU i kontrollery* [Industrial Automatic Control Systems and Controllers]. 2011, no. 4, pp. 48–53.
5. Shemelin V.K., Nezhmetdinov R.A. Primenenie tekhnologii «klient-server» pri proektirovani kontrollera tipa Soft PLC dlya resheniya logicheskoy zadachi v ramkakh sistem ChPU [The use of «Client-server» technology with Soft PLC controller type design to solve logical problems within NC systems]. *Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii* [Automation. Modern technologies]. 2010, no. 3, pp. 20–24.
6. Martinov G.M., Nezhmetdinov R.A., Nikishechkin P.A. Spetsifika postroeniya redaktora upravlyayushchikh programm elektroavtomatiki standarta MEK 61131 [Specifics of the editor control PLC programming standard IEC 61131]. *Vestnik MGTU «Stankin»* [Vestnik MSTU «Stankin»]. 2014, no. 4 (31), pp. 127–132.
7. Martinov G.M., Nezhmetdinov R.A., Nikishechkin P.A. Razrabotka sredstv vizualizatsii i otladki upravlyayushchikh programm dlya elektroavtomatiki, integrirovannykh v sistemu ChPU [Development of visualization and debugging of control programs for the PLC integrated in the CNC system]. *Vestnik MGTU «Stankin»* [Vestnik MSTU «Stankin»]. 2012, no. 4 (23), pp. 134–138.

Информация об авторах

Нежметдинов Рамиль Амирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Компьютерные системы управления»

E-mail: neramil@ncsystems.ru

Никишечкин Петр Анатольевич, кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Компьютерные системы управления»

E-mail: pnikishechkin@gmail.com

Пушков Роман Львович, старший преподаватель кафедры «Компьютерные системы управления»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

127055, Российская Федерация, Москва, Вадковский пер., д. 3А

Information about the authors

Nezhmetdinov Ramil Amirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department «Computer control systems»

E-mail: neramil@ncsystems.ru

Nikishechkin Petr Anatolevich, Candidate of Technical Sciences, Lecturer of Department «Computer control systems»

E-mail: pnikishechkin@gmail.com

Pushkov Roman Lvovich, Senior Lecturer of the Department «Computer control systems»

E-mail: pushkov@ncsystems.ru

Federal State Educational Institution of Higher Education «Moscow State Technological University «STANKIN»

127055, Russian Federation, Moscow, Vadkovsky Lane, 3A