

Подход к построению специализированных портативных терминалов для контроля и управления технологическим оборудованием

П.А. Никищечкин, Н.Ю. Червоннова, А.Н. Никич (ФГБОУ ВО «МГУ «СТАНКИН»)

Работа посвящена исследованию особенностей построения человеко-машинного взаимодействия для управления сложным технологическим оборудованием. Представлен механизм создания дополнительных портативных терминалов для контроля и управления сложным станочным оборудованием. Приведен практический пример применения механизма для создания дополнительных терминальных решений для контроля и управления фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV184P¹.

Ключевые слова: автоматизация, ЧПУ, человеко-машинный интерфейс, терминал оператора, Industry 4.0, управление, контроль, обрабатывающий центр.

Введение

Современные тенденции развития промышленности предусматривают повышение уровня автоматизации и информатизации всех процессов и создание многоуровневой, глобальной технологической и организационной системы, которая подразумевает интеграцию в единое информационное пространство всех технологических операций и сопровождающих их процессов. В сферу промышленности все больше интегрируются портативные, мобильные устройства для контроля и управления технологическими процессами, а для хранения и доступа к большим объемам данных применяют технологии облачного хранения.

Управление сложным станочным оборудованием обычно осуществляется с помощью систем числового программного управления (ЧПУ), представляющих собой комплекс аппаратных компонентов, встроенных в них математических и логических алгоритмов управления, а также средств человеко-машинного взаимодействия. Для подобных систем проектирование интерфейса оператора «с нуля» под каждый объект управления невозможно в связи со сложностью программной реализации. Поэтому для решения задач человеко-машинного взаимодействия при управлении станочным оборудованием и робототехническими комплексами используются штатные терминальные решения (панель оператора, станочная панель), набор которых обычно определен заранее производителем системы, имеет ограниченную и достаточную для работы функциональность, и не предоставляет возможностей к его изменению. В то же время развитие современных технологий производства и промышленного оборудования приводит также и к увеличению объемов данных, которые необходимо контролировать при управлении технологическими процессами. Зачастую подобных штатных терминальных средств бывает недостаточно для полноценного контроля и управления сложными процессами, особенно когда оборудование имеет сложную электроавтоматику, что требует визуализации и контроля большого числа параметров. Также это представляет проблему, когда станочное оборудование имеет большие габариты, что требует портатив-

ности терминального решения. В этой связи одной из важнейших задач является реализация интерфейса пользователя систем управления, который позволяет анализировать весь необходимый спектр данных, передаваемый с объектов управления, и оперативно реагировать на различные ситуации. Таким образом, актуальной является задача создания механизмов для построения дополнительных портативных терминалов с удобным и гибким пользовательским интерфейсом, предназначенным для решения задач контроля и управления технологическим оборудованием. При этом графические объекты интерфейса оператора должны иметь связь с главной базовой системой управления и получать все необходимые данные с объекта управления. Особенно это является актуальным для управления оборудованием повышенной сложности, которым являются станки с ЧПУ [1–3].

Наиболее близким аналогом описываемой задачи являются SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) системы — это программные продукты, которые предназначены для обеспечения работы систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте управления в режиме реального времени. SCADA является комплексным программным продуктом, который позволяет реализовывать сбор и анализ данных на верхних уровнях управления (обычно на цеховом уровне) непосредственно инженерам проектировщикам систем управления. Это мощный и многофункциональный программный продукт, но он имеет свои недостатки, среди которых можно отметить: высокую стоимость SCADA, что в свою очередь повышает стоимость системы управления; закрытость на уровне конечного пользователя, что не позволяет реализовывать собственные алгоритмы обработки информации. В этой связи для недорогих систем логического управления, которые обеспечивают согласованную работу узлов и агрегатов несложных объектов управления, целесообразно разрабатывать собственную систему реализации интерфейса оператора на базе набора стандартных графических объектов [4–6].

В статье представлены теоретические аспекты разработки механизма для создания гибких и изменяе-

¹ Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания (№ 2.1237.2017/4.6)

мых интерфейсов оператора для реализации управления разнородным технологическим оборудованием; практические аспекты разработки среды проектирования и программного сопровождения интерфейса пользователя, а также средств мониторинга за работой технологического оборудования и пример его использования.

Разработка механизма создания дополнительных терминальных решений для управления и контроля работы станочного оборудования

Разработанная на кафедре «Компьютерные системы управления» базовая вычислительно-управляющая платформа позволяет решать широкий спектр задач промышленной автоматизации. Основным продуктом, построенным на базе данной платформы, является система ЧПУ «АксиОМА Контрол», позволяющая управлять сложным станочным оборудованием различных видов. Реализация системы ЧПУ выполнена по модульному принципу, что позволяет исключать или, наоборот, добавлять определенную

функциональность системы для решения задач различной сложности. В состав разработанной системы ЧПУ входит также встроенный программно-реализованный контроллер, позволяющий решать задачи управления электроавтоматикой станков [7].

Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» имеет двухкомпьютерную архитектуру построения и состоит из ядра системы, функционирующего в режиме жесткого реального времени и осуществляющего все вычислительные и управляющие функции. Терминальная часть предоставляет функциональность для человеко-машинного взаимодействия и работает в машинном времени. В качестве терминала обычно используются специализированные решения в виде панели оператора и станочной панели. В статье предлагается создание механизма для разработки дополнительных, в том числе мобильных терминальных решений, взаимодействующих с ядром системы ЧПУ, позволяющих визуализировать информацию о работе основных узлов технологического оборудования и параметрах работы системы ЧПУ. Структурная модель, визуализирующая принцип интеграции дополнительных терминальных решений, представлена на рис. 1.

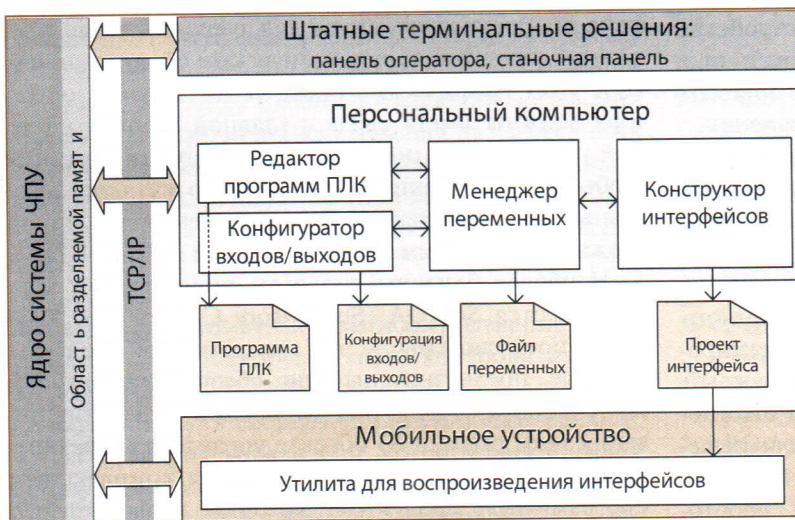


Рис. 1. Структурная модель взаимодействия системы ЧПУ с дополнительными терминальными решениями

визуализирующая принцип интеграции дополнительных терминальных решений, представлена на рис. 1.

Взаимодействие между терминальной частью и ядром системы ЧПУ реализуется через коммуникационный клиент. Он обеспечивает передачу данных между выносным/удаленным терминалом и ядром системы управления, используя протокол TCP/IP через Ethernet соединение или беспроводное соединение (Wi-Fi). Одним из способов передачи основной информации между ядром и терминальной частью системы является механизм разделяемой памяти, который представляет собой выделенную область памяти в ядре системы. В ней заранее отведены ячейки, где хранится информация о состоянии входов/выходов контроллера, а также значений пользовательских переменных, в число которых входит базовая информация о работе системы ЧПУ. Данная область памяти доступна терминальным клиентам для записи собственных выходных сигналов и чтения необходимой входной информации. Описанный способ обмена данными является наиболее быстрым между процессами работы ядра и терминальных решений, и позволяет обеспечить кроссплатформенность, то есть независимость от операционной системы, на которой функционирует ядро или интерфейс (ОС Windows/ОС на базе Linux). Предполагается, что основной информацией, необходимой для передачи в дополнительные терминальные клиенты,

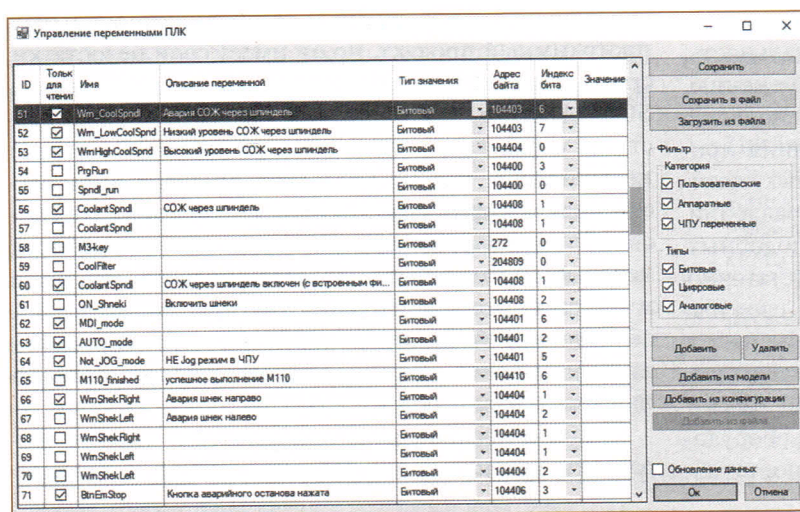


Рис. 2. Экран создания и настройки ПЛК переменных

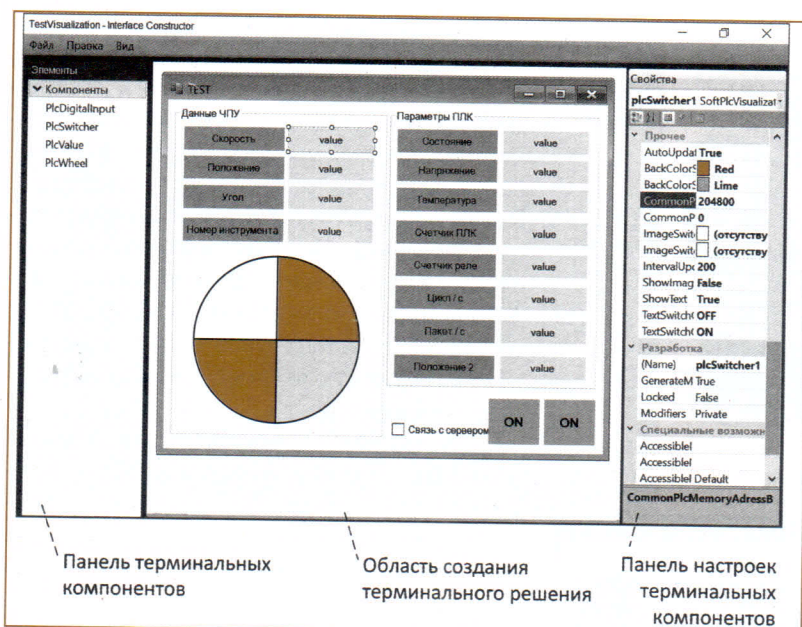


Рис. 3. Среда разработки терминальных решений

является информация о работе электроавтоматики, то есть состояния всех входов/выходов, управляемых встроенным контроллером, а также базовая информация о работе системы ЧПУ: статус работы, положения осей, скорость и величина подача при обработке [8].

Создание алгоритмов управления электроавтоматикой станка реализуется в специализированном редакторе ПЛК, позволяющем создавать программы на языке FBD. С помощью конфигуратора устройств ввода/вывода производится настройка и параметризация аппаратной части контроллера, устройств ввода/вывода, сервоприводов. После разработки программы и конфигурации аппаратных устройств систематизируется набор основных переменных, которые необходимо визуально контролировать или управлять их значениями, для чего используется специальный менеджер ПЛК переменных (рис. 2).

Каждая переменная имеет свой набор характеристик, среди которых ее описание для оператора, тип хранимого значения (битовый/целочисленный/с плавающей точкой) и адрес в области разделяемой памяти, задаваемый путем указания адреса байта и бита, к которому привязана данная переменная. Переменные также принадлежат к одной из трех категорий: пользовательские, аппаратные (соответствующие входам/выходам) и ЧПУ-переменные (содержат информацию о работе системы). Используя подобный набор переменных, имеется возможность создания дополнительных терминальных решений, визуализирующих их значения и позволяющих их изменять с целью контроля за процессом и его управления.

Создание визуальной части дополнительных терминальных решений осуществляется с помощью специального разработанного конструктора интерфейсов. Конструктор позволяет визуально располагать необ-

ходимые визуальные компоненты и производить их параметризацию, то есть привязку к ПЛК-переменным, описанным выше. Набор визуальных компонентов включает элементы для контроля параметров управляемого процесса (метки, индикаторы), а также компоненты для управления процессом (кнопки, регуляторы, поля ввода значений). На рис. 3 представлен пример создания терминального решения с помощью конструктора для контроля и управления технологическим оборудованием.

Конструктор терминальных интерфейсов содержит:

- панель компонентов, на которой находятся основные объекты, которые может создавать оператор для управления или мониторинга процесса;

- область создания терминального решения — главное окно, в котором создается интерфейс оператора;

- панель настроек терминальных компонентов — область, в которой производится настройка визуального отображения каждого из компонентов и указываются настройки их привязки к областям памяти ядра системы. В представленном примере используются объекты PlcValue, предназначенные для отображения статуса как битовых переменных (true/false), так и переменных с числовыми значениями. Помимо этого, в представленном примере используется компонент PlcSwitcher для возможности подачи битовых сигналов на выходы контроллера, а также компонент PlcWheel для визуального отображения положения и скорости объекта вращения (например, круговой оси).

Привязка визуальных компонентов к значениям переменных ПЛК может производиться как вручную путем задания адреса разделяемой памяти, так и автоматически, используя привязку к определенной переменной из соответствующей таблицы в ПЛК редакторе. После создания терминальных компонентов и их параметризации производится сохранение проекта интерфейса в специальный файл.

Воспроизведение разработанного проекта интерфейса осуществляется с помощью специально разработанной утилиты, позволяющей отображать созданный интерфейс оператора с привязкой к значениям из областей памяти ядра системы. Таким образом реализуется возможность производства дополнительного контроля за состоянием работы отдельных узлов технологического оборудования, а также получения информации о работе системы управления.

Разработка интерфейса оператора дополнительных терминальных устройств для фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV184P

В качестве практического применения разработанного механизма был выбран фрезерный обрабаты-

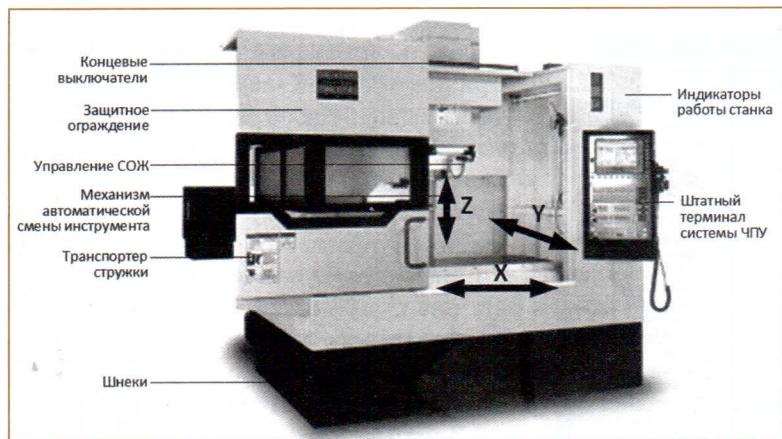


Рис. 4. Обрабатывающий центр Quaser MV184P

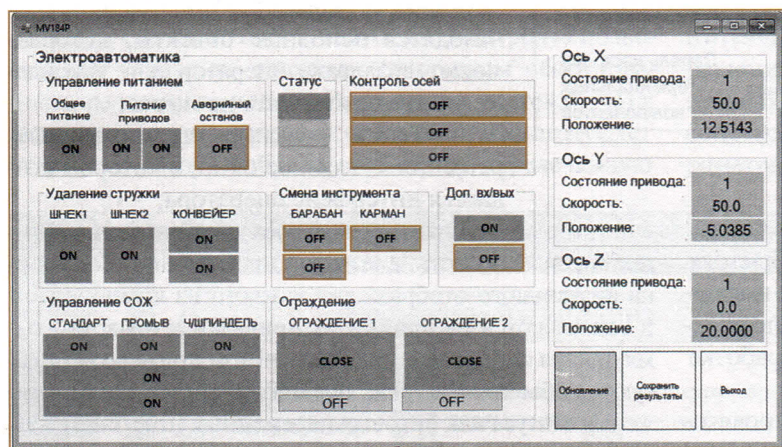


Рис. 5. Вид интерфейса дополнительного терминального решения для контроля работы основных узлов фрезерного обрабатывающего центра

вающий центр Quaser MV184P, имеющий три линейных оси перемещения и управляемый системой ЧПУ «АксиОМА Контроль».

На рис. 4 представлен общий вид обрабатывающего центра, где выделены его основные компоненты и наиболее важные узлы электроавтоматики, работу которых необходимо контролировать при работе.

Систематизируем информацию, которую необходимо дополнительно контролировать:

- контроль питания: общее питание, питание приводов, сигнал аварийного останова;
- статус работы станка («светофор»);
- контроль конечных выключателей по осям;
- работа шнеков удаления стружки;
- контроль работы управления подачи смазочно-охлаждающей жидкости;
- контроль механизма автоматической смены инструмента;
- контроль работы защитных ограждений.

Помимо контроля работы электроавтоматики станка, в дополнительный мобильный терминал целесообразно вывести основную информацию о работе системы, а именно, состояние приводов подач, текущее положение и скорость. Для получения и визуализации данной информации используется ЧПУ-переменные [9, 10].

При создании терминального решения были использованы основные компоненты, описанные ранее, привязанные к соответствующим областям памяти базовых переменных программы управления, отвечающие за состояние всех перечисленных узлов. Помимо визуализации работы оборудования электроавтоматики обрабатывающего центра, в текстовом виде отображается информация по его линейным осям (X, Y, Z): состояние соответствующих им сервоприводов, текущее положение оси и скорость ее перемещения (рис. 5).

Для проверки работы терминального решения, а также отладки работы алгоритмов управления был разработан учебно-демонстрационный стенд (рис. 6), имитирующий работу основных узлов электроавтоматики обрабатывающего центра. Выходы электроавтоматики имитируются с помощью светодиодов. Стенд содержит те же элементы контроля и управления, что и разработанное терминальное решение: наличие силового питания, работа аварийной кнопки, отображение статуса, работа механизма смены инструмента, защитных ограждений, управление СОЖ, шнеками для удаления стружки, а также контроль за выездом осей за пределы рабочей зоны.

Разработанный стенд позволяет производить проверку работы созданной программы электроавтоматики для обрабатывающего центра, а также работу дополнительного терминального решения для контроля и управления его основными узлами.

Приведенный пример практического применения разработанного механизма для создания дополнительных терминальных решений доказывает актуальность поставленной задачи и наглядно демонстрирует возможности его использования при построении современных предприятий, отвечающих концепциям умного производства.

Заключение

Исследование особенностей построения человеко-машинного взаимодействия при управлении сложным станочным оборудованием показало, что зачастую необходимо создание и использование дополнительных терминальных решений, способных повысить уровень представления о протекающем процессе обработки, реализовывать возможность удаленного управления и контроля.

Представленный в работе механизм по созданию дополнительных терминальных решений предоставляет возможность оперативно создавать человеко-машинный интерфейс для управления разнородным

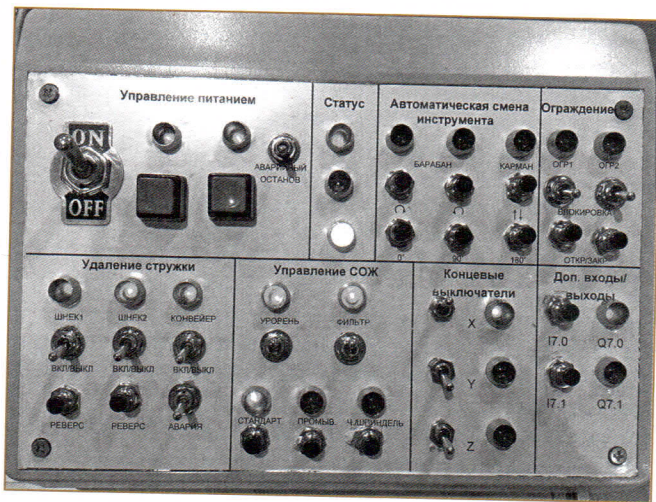


Рис. 6. Учебно-демонстрационный стенд, имитирующий работу обрабатывающего центра

технологическим оборудованием. Разработанный набор терминальных компонентов позволяет реализовать большинство задач логического управления, в частности, осуществления контроля за работой объекта, а также подачи на него сигналов управления. Помимо этого, разработанный механизм позволяет повысить уровень гибкости системы управления, предоставляя ее наладчикам возможности по созданию дополнительных терминальных решений для контроля и управления процессом. Это позволяет упростить процесс запуска и ввода в эксплуатацию технологического оборудования, повысить возможности контроля за работой оборудования и уровень информатизации на предприятии, поскольку разработанный механизм предоставляет также возможности передачи полученных данных на более высокие уровни.

Приведенный пример практического применения разработанного механизма на примере фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV184P, управляемого с помощью системы ЧПУ «АксиОМА Контроль», наглядно демонстрирует его широкие возможности для решения задачи дополнительного контроля и управления сложным технологическим оборудованием. Применение разработанного механизма в образовательных целях путем разработки терминальных решений для имитации работы технологического оборудования расширяет возможности для обучения сотрудников и позволяет полноценно проверять работу программ ПЛК и алгоритмов управления даже без наличия необходимого оборудования.

Список литературы

1. *Amandeep Kaur, Dipti Bansal.* Monitoring and controlling of continue furnace line using PLC and SCADA // Wireless Networks and Embedded Systems (WECON), 5th International Conference on 14-16 Oct. 2016, 2016.
2. *Мартинов Г.М., Никишечкин П.А., Григорьев А.С., Червонова 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.
3. *Jorge E. Correa, Nicholas Toombs, Placid M. Ferreira.* A modular-architecture controller for CNC systems based on open-source electronics // Journal of Manufacturing Systems, vol. 44, Part 2, July 2017, pp. 317-323, 2017.
4. *Kovalev I.A., Nikishechkin P.A., Grigoriev A.S.* Approach to Programmable Controller Building by its Main Modules Synthesizing Based on Requirements Specification for Industrial Automation // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 16-19 May, 2017. p.1-4.
5. *Никишечкин П.А., Ковалев И.А., Григорьев А.С., Никич А.Н.* Построение кроссплатформенной системы для сбора и обработки диагностической информации о работе технологического оборудования на промышленных предприятиях // Автоматизированные технологии и производства. 2016. №4(14).- С. 51-56.
6. *Georgi M. Martinov, Sergey V. Sokolov, Liliya I. Martinova, Anton S. Grigoryev, Petr A. Nikishechkin.* Approach to the Diagnosis and Configuration of Servo Drives in Heterogeneous Machine Control Systems // 8th International Conference, ICSI 2017 Fukuoka, Japan, 2017 Proceedings, Part II, pp.586-594.
7. *Никишечкин П.А., Ковалев И.А., Григорьев А.С., Никич А.Н.* Кроссплатформенная система сбора и обработки диагностической информации о работе технологического оборудования // Вестник МГТУ Станкин. 2017. № 1 (40). С. 94-98.
8. *Нежметдинов Р.А., Никишечкин П.А., Пушков Р.Л., Евстафьева С.В.* Практические аспекты применения программно-реализованного контроллера для управления электроавтоматикой вертикально-фрезерных станков Quaser MV184 // Автоматизация в промышленности. 2016. №5. С.14-17.
9. *Нежметдинов Р.А., Никишечкин П.А., Пушков Р.Л.* Управление автоматической сменой инструмента на многоцелевых обрабатывающих центрах с применением унифицированных программных решений // Промышленные АСУ и контроллеры. 2016. №6. С. 19-24.
10. *Petr A. Nikishechkin, Ilya A. Kovalev and Anatolii N. Nikich* An approach to building a cross-platform system for the collection and processing of diagnostic information about working technological equipment for industrial enterprises // MATEC Web Conf. Volume 129, 2017 (International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017)).

*Никишечкин Пётр Анатольевич – доцент,
Червонова Надежда Юрьевна – старший преподаватель,
Никич Анатолий Николаевич – инженер кафедры
компьютерных систем управления ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Контактный телефон (499) 972-94-40.
E-mail: pnikishechkin@gmail.com*