

DOI: 10/15593/2224-9877/2017.2.13

УДК 681.5

Е.М. Самойлова

Саратовский государственный технический университет
им. Ю.А. Гагарина, Саратов, Россия

СИСТЕМНЫЙ ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Технологический процесс изготовления высокоточных изделий машино- и приборостроения является многопараметрическим процессом, для управления которым необходимы средства автоматического управления с динамическим контролем параметров качества изделий, обработки данных измерений и принятием управляющего решения по корректировке технологического режима и поднастройке станков и который характеризуется неограниченным объемом накопленных разнородных данных и инженерных знаний специалистов, что предопределяет процесс интеллектуализации системы мониторинга с интеграцией информационных ресурсов в единое информационное пространство предприятия в соответствии с концепцией CALS-технологий.

Анализ методов и технологий интеллектуализации мониторинга технологических систем на основе автоматизированных станочных модулей показал необходимость расширения ранее принятой структуры мониторинга путем внедрения интеллектуальных технологий нейронных сетей, экспертных и гибридных интеллектуальных систем с целью обеспечения повышения эффективности машино- и приборостроительного производства и качества высокоточных изделий.

Применение системного интегрированного подхода в комплексе его аспектов с адаптацией к условиям интегрированного производства при исследовании процесса контроля и диагностирования состояния автоматизированных станочных модулей в современном рассмотрении с учетом уровня технических средств и требований позволяет разработать и обосновать структурно-модельный комплекс, помогающий решить вопросы управления качеством продукции и эффективностью производства с применением интеллектуальных технологий, направленный на решение проблемы развития отечественного станкостроения и совершенствования системы менеджмента качества продукции. Апробация в рамках системы мониторинга рассмотренных подсистем и методических основ проведена на ведущих машиностроительных предприятиях г. Саратова.

Ключевые слова: системный подход, интеграция, управление, качество, интеллектуализация, интеллектуальные технологии, нейронная сеть, экспертная система, мониторинг, единое информационное пространство, технология, машиностроение, динамический контроль, автоматизированный станочный модуль, корректировка, технологический режим, CALS-технология, эффективность производства, аспект, информационно-технологическая структура, информационно-структурная модель, технологическая система.

E.M. Samoilova

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russian Federation

**SYSTEM INTEGRATED APPROACH TO MANAGING QUALITY
PRODUCT ON THE BASIS OF MONITORING
INTELLECTUALIZATION IN A SINGLE INFORMATION SPACE**

The technological process of manufacturing high-precision products of machine and instrument is a multiparameter process, for which the necessary means of automatic control with dynamic control of quality parameters of products, the processing of measurement data and making control decisions on the adjustment of the technological regime and the possibility for adjustment of the machine, characterized by unlimited accumulated amount of heterogeneous data and knowledge engineering professionals what determines the process of intellectualization of monitoring systems with the integration of information resources into the unified information space of an enterprise in accordance with the concept CALS-technologies.

Analysis of the methods and technology of intellectualization of monitoring technology systems based on automated machine modules showed the need to expand on the previously established monitoring framework by introducing intelligent technologies of neural networks, expert and hybrid intelligent systems in order to improve the efficiency of machine building production and quality of precision products.

The application of a systematic, integrated approach to complex aspects of adaptation to the conditions of integrated production in the study of the process of monitoring and diagnosing the status of automated machine modules in a modern consideration of the level of technical means and requirements allows us to develop and justify structural complex model that allows to solve the issues of product quality control and production efficiency with the use of intelligent technologies, aimed at solving problems of development of domestic machine tool and improve the quality management system of products. Testing in the framework of the monitoring system in varying degrees, the considered subsystems and methodological foundations of the conducted at leading machine-building enterprises of Saratov.

Keywords: system approach, integration, management, quality, intellectualization, intelligent technology, neural network, expert system, monitoring, unified information space, technology, engineering, dynamic control, automated machine-unit, adjustment, technological regime, CALS-technology, production efficiency, information technology structure, information-structural model, technological system.

Технологический процесс (ТП) изготовления высокоточных изделий машино- и приборостроения является многопараметрическим процессом. Для управления им необходимы средства автоматического управления с динамическим контролем параметров качества изделий, обработки данных измерений и принятием управляющего решения по корректировке технологического режима и поднастройке станков, и он характеризуется неограниченным объемом накопленных разнородных данных и инженерных знаний специалистов. Это предопределяет процесс интеллектуализации системы мониторинга с интеграцией информационных ресурсов в единое информационное пространство (ЕИП) предприятия в соответствии с концепцией CALS-технологий [1].

При анализе методов и технологий интеллектуализации мониторинга технологических систем на основе автоматизированных станочных модулей (АСМ) выявлена необходимость расширения ранее принятой структуры мониторинга путем внедрения интеллектуальных технологий (ИТ) нейронных сетей (НС) и экспертных систем (ЭС) с целью обеспечения повышения эффективности машино- и приборостроительного производства и качества высокоточных изделий [2–4].

Системный интегрированный подход (СИП) как совокупность аспектов классического системного подхода и основных принципов интеграции, рассмотренных далее, позволяет решить задачу применения ИТ в системе мониторинга путем разработки структурно-модельного комплекса, реализующего интеграцию в ЕИП предприятия и иерархическую структуру интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ) предприятия, отличающуюся применением ИТ, информационно-технологической структуры интеллектуального мониторинга и информационно-структурной модели технологической системы (ТС) на основе АСМ [5], что обеспечивает непрерывное управление качеством продукции на этапах жизненного цикла, формализованное в виде модели кругового цикла и позволяющее повысить эффективность производства.

Системный подход, являясь методологическим направлением в науке, рассматривает сложное явление во взаимосвязи его фрагментов, подчиненных достижению определенных целей. Отличительными признаками системного подхода являются формулировка цели, декомпозиция (иерархия), установление взаимосвязей между составляющими, анализ и последующий синтез фрагментов, что отражено в разработанных иерархических моделях, рассмотренных далее [6–8].

В рамках данной работы системный подход получил развитие в органичном соединении аспектов и принципов классического системного подхода с основными понятиями интеграции компонентов, позволяющей осуществить качественные преобразования внутри каждого элемента, входящего в систему, для достижения определенных целей, преобразовавшись в системный интегрированный подход. Рассмотрено применение СИП к системам объектов, локальным объектам и составляющим их элементам, а также к свойствам и интегральным характеристикам объектов для реализации задачи применения ИТ посредством решения основных задач системного подхода, к которым относятся:

- синтез средств представления исследуемых и конструируемых объектов как систем;
- разработка обобщенных моделей системы, моделей разных классов и специфических свойств систем;
- анализ структуры теорий систем и различных системных концепций и разработок.

Суть понятия «системная интеграция», в принципе, вытекает из самого термина «интеграция систем», т.е. выстраивание единого решения (системы) из отдельных компонентов (подсистем), увязывание между собой этих компонентов с целью придания этой единой системе эмерджентных свойств – дополнительных преимуществ, получаемых за счет совместного использования подсистем и отсутствующих у каждой из подсистем в отдельности. Применяемое свойство эмерджентности – повышение эффективности производства за счет использования единой информационной системы, ЕИП и автоматизированного информационного обмена между отдельными составляющими интегрированной системы – отражает применение интегративного аспекта СИП, раскрывающего факторы сохранения, совершенствования и развития системы на примере архитектуры ИАСУ.

Иерархия, как один из кибернетических принципов, предполагает разбиение системы управления на уровни, не менее двух, где верхний (стратегический) уровень реализует поведения ИАСУ на перспективу, а нижний (тактический) регулирует поведение системы на текущий период. Декомпозиция структуры на подсистемы и элементы осуществляется в соответствии с принципами информационных связей. При создании и реализации многоуровневых ИАСУ как наиболее прогрессивной формы организации управления производством объединяются все уровни управления для согласованного регулирования всех видов деятельности, создаются предпосылки для реализации малолюдной технологии с электронным документооборотом. В процессе создания ИАСУ согласовано взаимодействие всех видов подсистем предприятия путем совместимости всех видов обеспечения: технического, организационного, информационного, программного в соответствии с функциональным, структурным и интегративным аспектами СИП.

Иерархия структуры ИАСУ предприятия машино- и приборостроения, представленная на рис. 1, содержит три уровня:

1. Верхний, отражающий автоматизацию управления на уровне предприятия с учетом сбора и анализа информации о функционировании всего предприятия, его основных и вспомогательных производств, вычислительных средств. Здесь осуществляется стратегическое планирование и управление основными ресурсами предприятия, устанавливаются критерии оперативного управления, которые передаются на нижние уровни автоматизации.

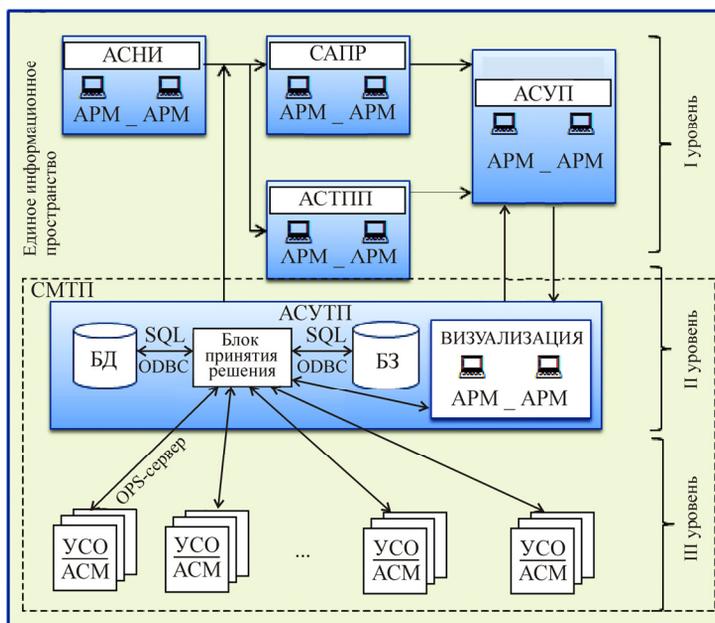


Рис. 1. Иерархическая структура ИАСУ, где АРМ – автоматизированное рабочее место оператора; УСО – устройство связи с объектом; СМТП – система мониторинга ТП; АСНИ – автоматизированная система научных исследований; САПР – система автоматизированного проектирования; АСУП – автоматизированная система управления предприятием; АСТПП – автоматизированная система технологической подготовки производства; АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

2. Средний, определяющий автоматизацию управления на уровне производства, где выявляется оптимальный режим работы технологической системы, формируются экономически обоснованные команды управления системами автоматизации среднего и базового уровней, осуществляется сравнение текущих данных с базового уровня и значений из базы данных (БД) для формирования управляющих воздействий

блоком принятия решений (в соответствии с базой знаний (БЗ)) по обеспечению качества изделий. Для оценки состояния технологической системы и производства в целом предусмотрена визуализация результатов ТП и контроля на рабочем экране АРМ.

3. Базовый, осуществляющий сбор и контроль параметров АСМ, включая автоматическую регистрацию, сигнализацию и блокировку. Обеспечивает оптимальную в данных условиях производительность оборудования и стабильность основных параметров качества.

Развитие архитектуры ИАСУ в рамках СИП позволяет представить систему мониторинга как иерархическую подсистему технологического уровня, включающую базовый и средний уровни представленной структуры (выделены пунктирной линией) в ЕИП предприятия.

Применяя *функциональный аспект* СИП, управление качеством продукции на основе ИТ в ЕИП применительно к машино- и приборостроительному предприятию можно представить в виде модели непрерывного кругового цикла, разработанной на основании цикла Деминга, анализа ранее выполненных исследований в СГТУ, а также собственных эмпирических данных (рис. 2) [9]. В центре модели расположены четыре основные составляющие цикла управления качеством, непосредственно связанные с конкретными функциями управления, расположенными на базовом уровне иерархии ИАСУ. Средний (основной) уровень непрерывного кругового цикла соответствует среднему уровню архитектуры ИАСУ. Внешний уровень цикла отражает задачи, которые решаются на верхнем уровне ИАСУ.

Данная модель отражает функции системы мониторинга на основе АСМ с применением ИТ ЭС, НС и систем распознавания образов для динамического контроля качества изделий и принятия управляющего решения по корректировке режима работы технологической системы.

Понятие мониторинга базируется на диагностике состояния системы станка, идентификации, прогнозировании и принятии управляющего решения на основе оперативной информации одним из двух способов: 1) текущее состояние системы сравнивают с эталоном (установленным путем моделирования); 2) решение принимает ЭС. Как показал обзор работ в данной области, применяемые в производстве методы мониторинга позволяют учитывать специфику прецизионной обработки деталей, выполняя в общем случае функции контроля, диагностиро-

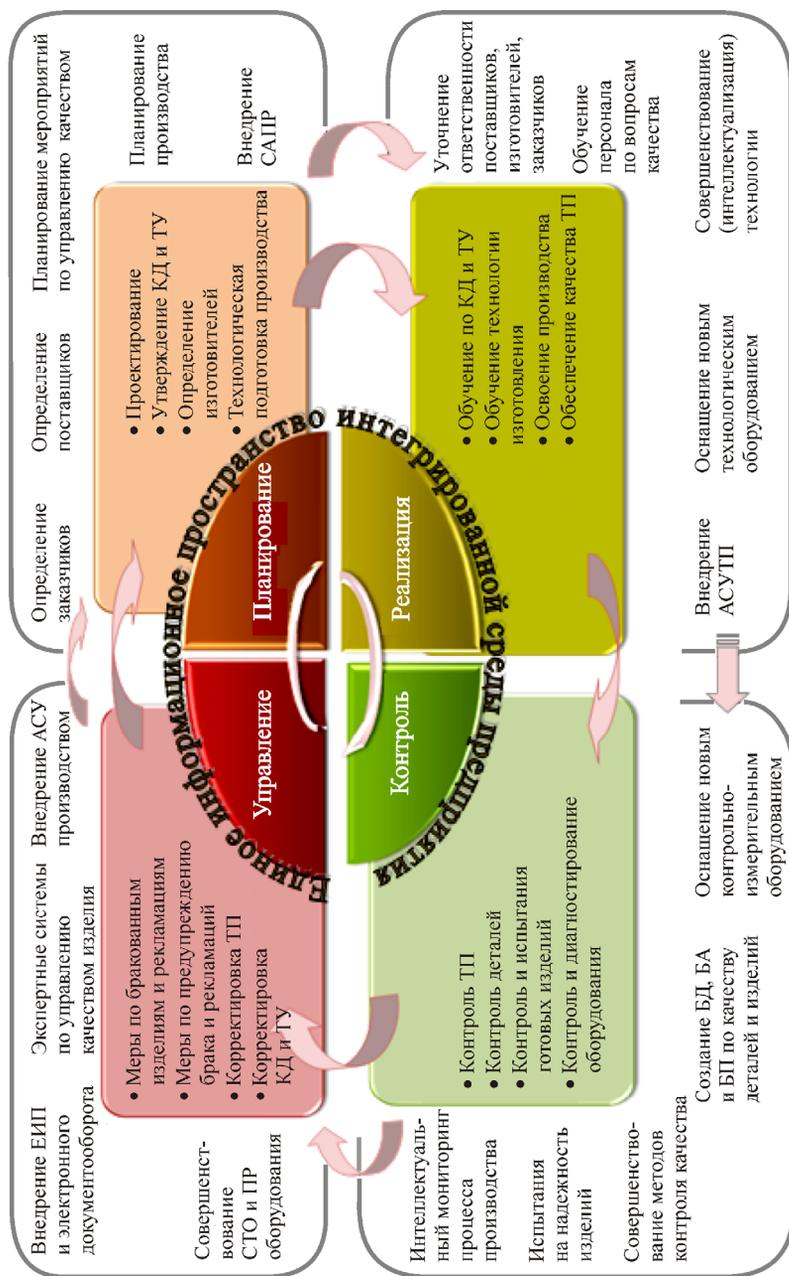


Рис. 2. Модель управления качеством продукции на основе ИТ и ЕИП в виде непрерывного кругового цикла

вания и управления состоянием ТП и оборудования, однако системного изложения методологии организации применения ИТ в структуре мониторинга ТС при изготовлении высокоточных деталей и изделий в машино- и приборостроительном производстве не представлено [10–15]. Исходя из уровня технических средств и требований предполагается рассмотреть целый комплекс взаимосвязанных задач с учетом интеграции отдельных элементов в единую систему ИАСУ с применением ЕИП.

В рамках структурного анализа при системном интегративном подходе АСМ на этапах жизненного цикла представляет собой большую техническую систему, характеризующуюся достаточным числом многосвязанных многокритериальных подсистем с разнообразной физической природой элементов. Подсистемы и составляющие их элементы обуславливают интенсивность и разнородность информационных потоков, взаимодействуют между собой как при обработке, так и без обработки (на холостом ходу) при достижении единой цели – обработка деталей с заданным качеством. Каждая подсистема АСМ, выполняя собственную задачу, обеспечивает решение поставленной единой цели. Основными направлениями совершенствования АСМ являются: повышение уровня автоматизации, совершенствование систем контроля и диагностирования путем внедрения ИТ, выбора режима обработки; внедрение современных датчиков; снижение времени обработки за счет увеличения скорости резания; использование современных конструкторских решений для станка и инструмента, современных приводов и ряд других.

Эффективность работы АСМ обеспечивается их технологической надежностью и закладывается на этапах НИР и разработки, прорабатывается на этапе изготовления и поддерживается на этапе эксплуатации, учитывая, что на этапах жизненного цикла АСМ применяются определенные модели, методы и средства, а также испытания узлов и станка в целом и т.д., гарантированно обеспечивающие заданные параметры качества деталей и узлов станка в соответствии с установленными техническими требованиями [13–15].

Как было указано выше, одним из важнейших технико-экономических показателей качества является надежность, определяющая способность АСМ безотказно работать со стабильными техническими характеристиками на протяжении заданного времени при определенных

критериях эксплуатации на фоне возрастающей сложности АСМ, вплоть до полной автоматизации и снижения контролирующей роли оператора; увеличения интенсивности эксплуатации оборудования; возросших требований к качеству изделия и высокой экономической и технической цены отказов АСМ. Рассматривая обеспечение надежности АСМ на этапах жизненного цикла, можно определить, что на этапе разработки в подсистеме АСНИ структуры ИАСУ для успешного проектирования технических решений необходимо применение современных технических средств моделирования и проектирования. Подсистема АСТПП современного производства, находящаяся в тесном контакте и информационном взаимодействии с АСНИ и САПР, позволяет осуществить конструкторскую проработку не только частей конструкции оборудования, но и элементов базового уровня системы управления, а также выполнить ряд уточнений расчетных значений параметров и моделей с применением статистических методов. На этапе анализа с применением программных модулей САЕ САПР определяются влияющие на функционирование станка возмущающие факторы, режимы обработки и пути совершенствования АСМ. Этап эксплуатации характеризуется выполнением установленных требований, определенных в ТУ на АСМ. Можно сделать вывод, что обеспечение и повышение надежности АСМ как важнейшего критерия эффективности может быть достигнуто путем модернизации АСМ и обеспечения интеллектуализации системы мониторинга с применением ЭС, причем одновременно необходимо обеспечить следующие условия:

- применение БД ЕИП для автоматизированного сбора, обработки, анализа и хранения данных о надежности АСМ, основанной на параметрах качества обработки и причинах отказов АСМ;
- разработка методов оценивания надежности АСМ при эксплуатации с применением соответствующих испытаний для определения целесообразных значений показателей надежности;
- разработка методов прогнозирования надежности по реальному техническому состоянию АСМ и организация ремонтно-профилактического обслуживания.

Современные металлорежущие станки импортного (Япония, Швейцария, США, Германия, Великобритания, Италия) и отечественного производства уже оснащены системами контроля и диагностирования (СКД), которые состоят из аналоговых и цифровых датчиков,

микропроцессора, устройств сопряжения, коммутаторов и измерителей, включая аварийную сигнализацию, что позволяет диагностировать, охватывая все основные подсистемы станка различного физического принципа действия. При диагностировании менее современных моделей станочного оборудования, не имеющих в составе встроенной СКД, используют систему, выполненную отдельно от конструкции объекта (переносные информационно-диагностические комплексы). СКД применяется для обнаружения отказов блоков АСМ и цифровой аварийной индикации, а также для отражения информации по корректировке ТС, что не решает вопроса обеспечения технологической надежности АСМ или решает его частично. Для оперативного решения данной задачи результаты контроля и диагностирования помещаются в ЕИП СМТП, используемое ЭС для принятия решения о состоянии ТС, обслуживании, для прогнозирования безотказной работы ТС и для обучения персонала. При этом каждая функциональная подсистема АСМ на каждом иерархическом уровне характеризуется определенным набором параметров для описания технического состояния и качества обработки, определяющим работоспособность и отказоустойчивость в составе изделий. Данный набор параметров уточняется для конкретных конструкций АСМ на основе системного подхода к организации мониторинга ТС [4, 5].

Применение активного контроля в процессе производства позволяет, как известно, снизить или исключить появление брака. Если весь производственный процесс в ТС на основе АСМ представить в виде преобразования «входа» (материал, информация, технология) в «выход» (деталь, изделие, информация), как это показано на рис. 3, и контролировать его этапы, сравнивая текущие значения параметров деталей с эталонами, хранящимися в БД, а затем реализовывать корректирующие (управляющее) воздействия через контуры обратной связи в соответствии с БЗ и БД, то можно управлять и ходом выполнения всего ТП. Визуализация результатов контроля после обработки (математической, статистической) позволяет оценить состояние ТС и действия по улучшению качества изделий.

Вышеизложенное позволяет представить систему мониторинга с точки зрения СИП как иерархическую подсистему интегрированной архитектуры ИАСУ в системе ЕИП предприятия. Исходя из опыта исследований, выполненных ОАО «Тантал» и ОАО СПЗ [13, 14], можно

утверждать, что только при комплексном учете указанных факторов удастся обеспечить эффективность ТП. С использованием интегративного аспекта СИП, свойства эмерджентности и принцип соответствия теории систем построена информационно-технологическая структура мониторинга ТС с элементами интеллектуализации как составная часть производственного мониторинга в иерархической архитектуре ИАСУ (см. рис. 3).

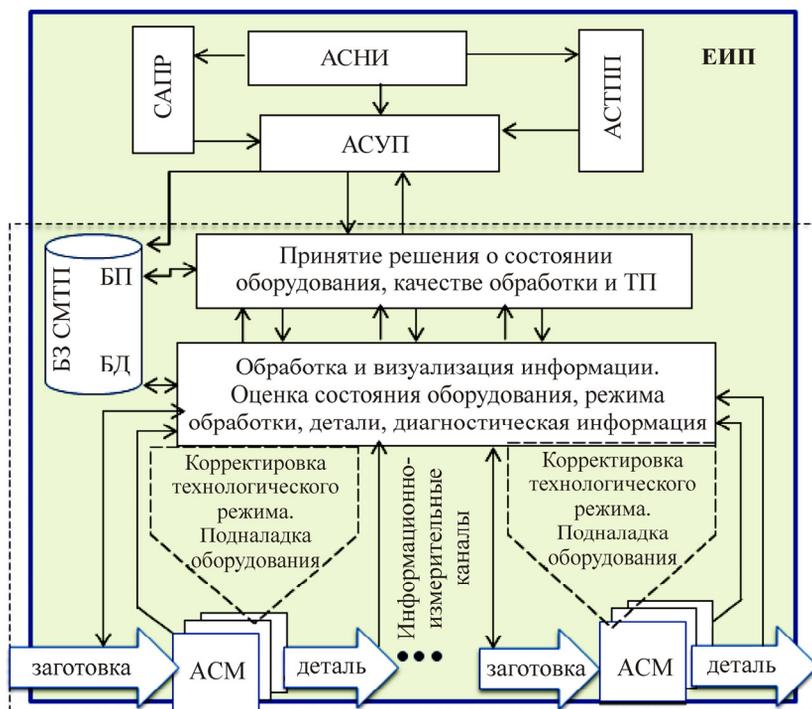


Рис. 3. Информационно-технологическая структура мониторинга в ИАСУ

К верхнему уровню иерархии системы мониторинга относится подсистема научно-методического обеспечения, осуществляющая стратегический уровень управления и планирования, использующая современные интеллектуальные технологии и состоящая из специалистов АСУП, САПР, АСНИ, АСТПП, которые могут привлекаться в качестве экспертов при сборе знаний наряду со сторонними специалистами-профессионалами.

На среднем уровне производится обработка и визуализация многопараметрических трудно формализуемых разнородных данных диаг-

ностирования, оценки состояния оборудования и качества детали для принятия решения о состоянии ТС и выборе (корректировке) режима обработки, что предопределяет интеллектуализацию мониторинга для обеспечения эффективности производства.

Подсистема технического обеспечения мониторинга технологической системы выделена пунктирной линией на рис. 3 и более подробно рассмотрена на рис. 4. Она включает на базовом уровне измерительные устройства, входящие в информационно-измерительные каналы и осуществляющие сбор, регистрацию, обработку, передачу, хранение и воспроизведение данных о состоянии АСМ, ТП и качестве изделия. Средства измерений классифицируют как автоматические, автоматизированные, неавтоматизированные, внешние и встроенные, с применением компьютерной техники.

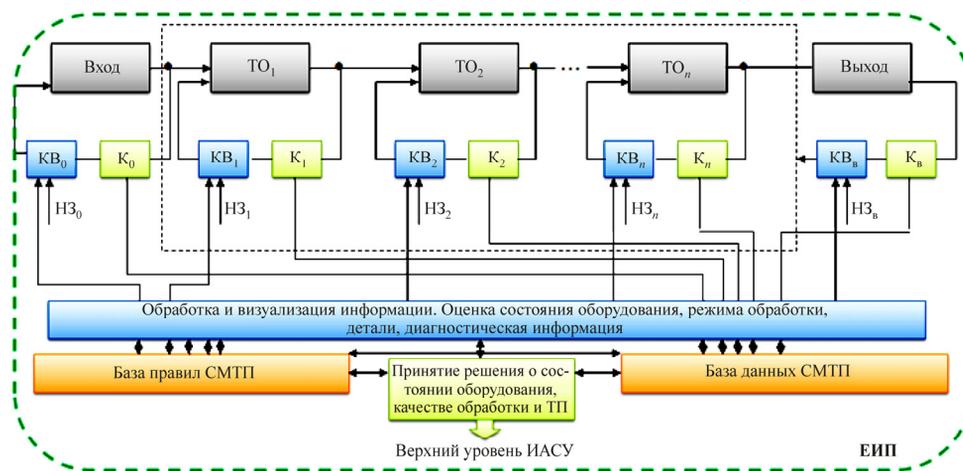


Рис. 4. Схема контроля технологического процесса и оборудования в структуре СМТП: $ТО_i$ – технологическая операция; $К_i$ – операция контроля; $КВ_i$ – корректирующие воздействия; $НВ_i$ – нормативные значения параметров

Подсистема информационного обеспечения интеллектуального мониторинга содержит БЗ СМТП, состоящую из процедурной компоненты – базы правил (БП) и декларативной – базы данных. БД включает в себя справочные и эталонные таблицы значений параметров контроля и диагностирования, параметры контроля и диагностирования, значения параметров контроля и диагностирования и т.д. с возможностью обновления, редактирования, обработки, анализа и попол-

нения. БП представлена набором производственных правил на основе алгоритма последовательности диагностирования основных подсистем АСМ, применяемых для обработки декларативных знаний с целью обеспечения формирования сообщений о причине параметрического отказа с рекомендациями по устранению неисправностей.

Данная подсистема включает в себя также аппаратные средства – компьютерные системы обработки информации с линиями связи с подсистемой технического обеспечения и человеческие ресурсы – специалистов лаборатории мониторинга и отдела АСУТП. Сюда же входит и специализированное программное обеспечение, осуществляющее связь между всеми подсистемами и БЗ, а также между системой мониторинга и АСУТП, способное формировать отчеты в электронной и бумажной форме.

Отсутствие возможности теоретического расчета реальных значений контролируемых параметров АСМ с учетом его технического состояния, разбросов параметров заготовки, инструмента, СОТС и других внешних факторов предполагает проведение обучающего эксперимента при разработке системы контроля и диагностирования для получения эталонных численных оценок качества, значений контролируемых параметров и деталей, а также анализа влияющих на те или иные компоненты подсистем факторов и процессов.

При автоматизированной обработке данных для оценки динамического качества АСМ целесообразно применять запас устойчивости ДС [13], который вычисляется либо с использованием критерия Михайлова, либо по показателю колебательности. Компоненты базы знаний БД и БП системы мониторинга на этапе обучения заполняются эталонными оценками значений параметров и правилами, соответствующими специфике обработки заготовок.

На основе *функционального аспекта* СИП, показывающего, какие функции выполняет система и образующие ее компоненты, проведена алгоритмизация принятия решения при контроле, диагностировании и идентификации для обеспечения максимальной производительности без потери качества обрабатываемой поверхности детали в рамках интеллектуализации СМТП (рис. 5) [16].

Из предложенного алгоритма следует, что в ходе обучающих экспериментов формируются эталонные значения контролируемых параметров станка и обрабатываемых деталей, запаса устойчивости стан-

ков, используемые в дальнейшем в процессе эксплуатации систем контроля и диагностирования ТС для обеспечения максимальной производительности без потери качества обрабатываемой поверхности детали.



Рис. 5. Алгоритм принятия решения при контроле, диагностировании ТС для обеспечения максимальной производительности без потери качества обрабатываемой поверхности детали

Применение СИП в комплексе его аспектов с адаптацией к условиям интегрированного производства при исследовании процесса контроля и диагностирования состояния АСМ с учетом уровня технических средств и требований позволило разработать и обосновать структурно-модельный комплекс, позволяющий решить вопросы управления качеством продукции и эффективностью производства с применением ИТ, направленный на решение проблемы развития отечественного станкостроения и совершенствования системы менеджмента качества продукции. Апробация в рамках СМТП рассмотренных подсистем и методических основ проведена на ведущих машиностроительных предприятиях г. Саратова.

Список литературы

1. Судов Е.В., Левин А.И. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика» – М., 2002. – 28 с.
2. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика. – М.: Радиотехника, 2009. – 392 с.
3. Искусственный интеллект в мехатронных технологических системах / А.К. Тугенгольд [и др.] // Мехатроника. – 2000. – № 1. – С. 32–35.
4. Самойлова Е.М. Построение экспертной системы поддержки принятия решения как интеллектуальной составляющей системы мониторинга технологического процесса // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2016. – № 2(18). – С. 128–142.
5. Самойлова Е.М. Построение информационно-структурной модели технологической системы автоматизированного станочного модуля с позиций системного подхода // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 1(17). – С. 318–325.
6. Мизюн В.А. Интеллектуальное управление производственными системами и процессами: принципы организации и инструменты / Самар. науч. центр РАН. – Тольятти, 2012. – 214 с.
7. Самойлова Е.М., Колоколова С.С., Виноградов М.В. Системный подход к анализу методов управления точностью прецизионной обработки с учетом доминирующей роли формообразующих перемещений // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2016. – № 1(18). – С. 21–42.
8. Юдин Э.Г. Системный подход и принцип деятельности. – М.: Наука, 1978. – 391 с.
9. Самойлова Е.М., Игнатьев А.А. Совершенствование управления качеством продукции на основе системы мониторинга с элементами искусственного интеллекта // Вестник Саратов. гос. техн. ун-та. – 2009. – № 3(41). – С. 207–209.
10. Игнатьев А.А., Самойлова Е.М., Игнатьев С.А. Интеллектуализация мониторинга технологического процесса производства деталей точного машиностроения / Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов, 2013. – 119 с.
11. Самойлова Е.М., Игнатьев А.А. Построение информационно-технологической структуры мониторинга технологической системы с элементами интеллектуализации // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: сб. ст. III Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2016. – С. 217–220.
12. Пуш А.В. Моделирование и мониторинг станков и станочных систем // СТИН. – 2000. – № 9. – С. 12–20.
13. Точность и надежность автоматизированных прецизионных металлорежущих станков / Б.М. Бржозовский, А.А. Игнатьев, В.А. Добряков, В.В. Мартынов / Саратов. политехн. ин-т. – Саратов, 1992. – Ч. 1. – 160 с.
14. Игнатьев С.А., Горбунов В.В., Игнатьев А.А. Мониторинг технологического процесса как элемент системы управления качеством продукции: монография / Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов, 2009. – 160 с.

15. Динамический мониторинг технологического оборудования / Б.М. Бржозовский, В.В. Мартынов, И.Н. Янкин, М.Б. Бровкова / Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов, 2008. – 312 с.

16. Осипов Г.С. Динамические интеллектуальные системы // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2008. – № 1.7. – С. 47–54.

References

1. Sudov E.V., Levin A.I. Kontseptsii razvitiia Continuous Acquisition and Lifecycle Support-tekhnologii v promyshlennosti Rossii [The concept of development of Acquisition and Lifecycle Support technologies in the industry of Russia]. Nauchno-issledovatel'skii tsentr Continuous Acquisition and Lifecycle Support-tekhnologii «Prikladnaia logistika». Moscow, 2002, 28 p.

2. Vasil'ev V.I., Il'iasov B.G. Intellektual'nye sistemy upravleniia. Teoriia i praktika [Intellectual control systems. Theory and practice]. Moscow: Radiotekhnika, 2009, 392 p.

3. Tugengol'd A.K. et al. Iskusstvennyi intellekt v mekhatronnykh tekhnologicheskikh sistemakh [Artificial intelligence in the mekhatronnykh technological systems]. *Mekhatronika*, 2000, no. 1, 32–35 pp.

4. Samoiloва E.M. Postroenie ekspertnoi sistemy podderzhki priniatiia resheniia kak intellektual'noi sostavliaiushchei sistemy monitoringa tekhnologicheskogo protsessa [Creation of expert system of support of decision-making as intellectual component of system of monitoring of technological process]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie*, 2016, no. 2(18), 128–142 pp.

5. Samoiloва E.M. Postroenie informatsionno-strukturnoi modeli tekhnologicheskoi sistemy avtomatizirovannogo stanochnogo modul'ia s pozitsii sistemnogo podkhoda [Creation of information and structural model of technological system of the automated machine module from positions of system approach]. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve*, 2016, no. 1(17), 318–325 pp.

6. Miziun V.A. Intellektual'noe upravlenie proizvodstvennymi sistemami i protsessami: printsipy organizatsii i instrumenty [Intellectual management of production systems and processes: principles of the organization and tools]. *Samarskii nauchnyi tsentr Rossiiskoi Akademii nauk. Tol'iatti*, 2012, 214 p.

7. Samoiloва E.M., Kolokolova S.S., Vinogradov M.V. Sistemnyi podkhod k analizu metodov upravleniia tochnost'iu pretsizionnoi obrabotki s uchetom dominiruiushchei roli formoobrazuiushchikh peremeshchenii [System approach to the analysis of methods of management of the accuracy of precision processing taking into account the dominating role of form-building movements]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie*, 2016, no. 1(18), 21–42 pp.

8. Iudin E.G. Sistemnyi podkhod i printsip deiatel'nosti [System approach and principle of activity]. Moscow: Nauka, 1978, 391 p.

9. Samoiloва E.M., Ignat'ev A.A. Sovershenstvovanie upravleniia kachestvom produktsii na osnove sistemy monitoringa s elementami iskusstvennogo intellekta [Improvement of product quality control on the basis of system of monitoring with elements of artificial intelligence]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2009, no. 3(41), 207–209 pp.

10. Ignat'ev A.A., Samoiloва E.M., Ignat'ev S.A. Intellektualizatsiia monitoringa tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva detalei tochnogo mashinostroeniia [Intellectualization of monitoring of technological process of production of details of exact mechanical engineering]. Saratovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2013, 119 p.

11. Samoiloва E.M., Ignat'ev A.A. Postroenie informatsionno-tekhnologicheskoi struktury monitoringa tekhnologicheskoi sistemy s elementami intellektualizatsii [Creation of information and technological structure of monitoring of technological system with intellectualization elements]. *Kachestvo produktsii: kontrol', upravlenie, povyshenie, planirovanie: sbornik statei III Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii*. Kursk, 2016, 217–220 pp.

12. Push A.V. Modelirovanie i monitoring stankov i stanochnykh sistem [Modeling and monitoring of machines and machine systems]. *Stanki i instrument*, 2000, no. 9, 12–20 pp.

13. Brzhozovskii B.M., Ignat'ev A.A., Dobriakov V.A., Martynov V.V. Tochnost' i nadezhnost' avtomatizirovannykh pretsizionnykh metallorazhushchikh stankov [Accuracy and reliability of the automated precision metal-cutting machines]. Saratovskii politekhnicheskii institut, 1992, no. 1, 160 p.

14. Ignat'ev S.A., Gorbunov V.V., Ignat'ev A.A. Monitoring tekhnologicheskogo protsessa kak element sistemy upravleniia kachestvom produktsii: monografiia [Monitoring of technological process as element of a control system of quality of production: monograph]. Saratovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2009, 160 p.

15. Brzhozovskii B.M., Martynov V.V., Iankin I.N., Brovkova M.B. Dinamicheskii monitoring tekhnologicheskogo oborudovaniia [Dynamic monitoring of processing equipment]. Saratovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2008, 312 p.

16. Osipov G.S. Dinamicheskie intellektual'nye sistemy [Dynamic intellectual systems]. *Iskusstvennyi intellekt i priniatie reshenii*, 2008, no. 1.7, 47–54 pp.

Получено 03.02.2017

Об авторе

Самойлова Елена Михайловна (Саратов, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации, управления, мехатроники Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина; e-mail: Helen_elenka@mail.ru.

About the author

Elena M. Samoiloва (Saratov, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automation, Control, Mechatronics, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov; e-mail: Helen_elenka@mail.ru.