

УДК 681.5

ПОСТРОЕНИЕ ГИБРИДНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Е.М. Самойлова

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина
Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

E-mail: helen_elenka@mail.ru

Представлена концепция интеграции интеллектуальных технологий экспертных систем и нейросетевых структур в управлении качеством продукции на всех стадиях жизненного цикла, способствующая повышению качества изделий и эффективности производства в целом. Рассматривается построение гибридной интеллектуальной системы на основе структуры динамической экспертной системы с применением нейросетевых технологий для принятия решения о состоянии технологической системы по результатам анализа информации о качестве поверхности деталей подшипников для различных сочетаний обрабатываемых деталей и инструмента. Разработаны алгоритмы работы информационно-измерительного канала вихретокового контроля при идентификации поверхностного слоя деталей и последовательности диагностирования основных подсистем станка на основании выявленных дефектов поверхности качения подшипников как критериев качества технологической системы.

Ключевые слова: гибридная интеллектуальная система, экспертная система, нейронная сеть, управление, интеллектуальные технологии, качество, дефект, алгоритм, технологическая система, шлифование, детали подшипников.

Требования потребителей рынка высокоточной машино- и приборостроительной продукции в соответствии с мировыми тенденциями и научно-техническим прогрессом XXI века постоянно увеличиваются, что приводит к повышенным требованиям к обеспечению надежности, качества, безопасности изделий и, соответственно, внесению новых концепций и аспектов в управление качеством продукции на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ) с применением интеллектуальных технологий (ИТ) для решения проблемы повышения качества изделий и эффективности производства в целом.

ИТ дают практически значимые результаты и по многим технологическим направлениям, в особенности при управлении сильносвязанными системами, сложными объектами и многопараметрическими технологическими процессами (ТП), когда необходимо решение трудноформализуемых, а порой и неформализуемых задач, что позволяет существенно повысить эффективность производства за счет снижения (ликвидации) брака при изготовлении изделий, увеличения периода нормальной работы технологического оборудования (межналадочный период), реализации системы гибкого технического обслуживания объектов, а также снижения издержек производства.

Интеграция ИТ разного типа, как, например, экспертные системы (ЭС)

Елена Михайловна Самойлова (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Автоматизация, управление, мехатроника».

и нейросетевые структуры (НС), является междисциплинарным направлением и позволяет добиться увеличения быстродействия и гибкости ЭС и нечеткой логики – сокращения объема БЗ на порядок и носит название гибридной интеллектуальной системы (ГиИС). Применение интеграции в данном аспекте позволяет использовать индивидуальную силу ИТ для решения специфических частей задачи. Технологии, внедряемые в ГиИС, зависят от особенностей решаемой задачи. Из пяти основных стратегий разработки ГиИС, основываясь на предыдущих исследованиях [1, 2] и условиях решаемой проблемы, выбираем интегрированную модель, используя ее преимущества в совместном использовании структур данных и представлении знаний, реализуемом в среде единого информационного пространства (ЕИП) с обеспечением оперативного доступа к информации и компонентам, осуществляемого посредством двойственной природы структур.

Мировой опыт использования ГиИС в медицине и обучении как одной из типов архитектур, представляющей собой интеграцию ЭС и НС и соединяющей как формализуемые (в ЭС), так и неформализуемые знания (в НС), отражает целесообразность применения интеграции ИТ для решения специфических частей задачи, в частности задачи контроля качества обработки высокоточных деталей.

В рамках создания ГиИС различными учеными предложены методы и технология ее разработки для решения сложных задач интеллектуального управления в различных областях, однако применительно к машино- и приборостроению, в частности при организации неразрушающего контроля и идентификации дефектов поверхности качения деталей подшипников, этот вопрос проработан недостаточно, что подчеркивает актуальность и необходимость дополнительных исследований [1–5].

Для контроля физико-механического состояния поверхностного слоя высокоточных деталей изготавливаются специализированные устройства и применяются различные методики неразрушающего контроля. Применение автоматизированного вихретокового метода контроля, являющегося относительно новым с точки зрения компьютерной обработки сигнала, обосновано тем, что он удовлетворяет основным требованиям информационно-измерительного канала ГиИС по информативности и выявлению основных дефектов поверхностей качения, быстродействию и встраиваемости.

Принимая во внимание, что распознавание образов является одним из направлений искусственного интеллекта, а идентификация образа дефекта по сигналу вихретокового преобразователя (ВП) представляет собой на сегодняшний момент визуальный контроль на основе сканограммы детали с применением специального классификатора, осуществляемый обученным персоналом, который принимает решение о качестве поверхностного слоя и наличии и типе дефекта, делаем вывод о необходимости методики автоматизированного контроля поверхностей качения колец.

В соответствии с методикой построения динамической ЭС поддержки принятия решения [6], а также с учетом мирового опыта в области создания ГиИС разработана гибридная система на основе динамической ЭС с применением НС для принятия решения о состоянии технологической системы (ТС) по результатам анализа информации о качестве поверхности деталей подшипников для различных сочетаний обрабатываемых деталей и инструмента (рис. 1).

Разработанная модель комбинированной ГиИС содержит помимо традиционных составляющих структуры ЭС реальный объект управления (ОУ) – ТС на базе автоматизированных шлифовальных станков SIW – 3, 4, 5 и SWaAGL – 50,

подсистему связи с внешним миром, подсистему моделирования внешнего мира и непрерывную составляющую управляющей части системы; кроме того, осуществляется идентификация объекта, создается база знаний (БЗ), включающая в себя базу правил (БП), базу алгоритмов (БА) и базу данных (БД), блок НС, механизм логического вывода (МЛВ) и блок объяснений, что позволяет лицу, принимающему решение (ЛПР), оперативно реагировать на изменяющиеся условия осуществления ТП, а также получать необходимые пояснения по алгоритму принятия решения. ГиИС сочетает в себе численное и лингвистическое представления знаний, реализованные при построении БЗ. Подсистема моделирования на этапе разработки ГиИС имитирует показания реальных объектов, а в процессе эксплуатации обеспечивает верификацию показаний датчиков во время исполнения приложения и подстановку модельных значений переменной при невозможности получения реальных, что повышает жизнеспособность и надежность приложений на базе ЭС.

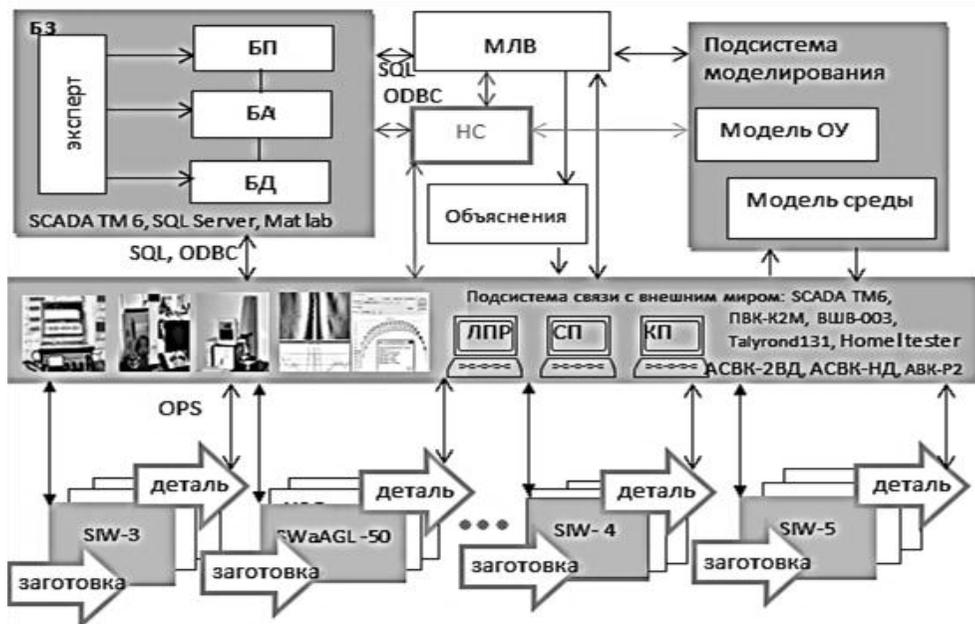


Рис. 1. Структура ГиИС как пример интеграции технологий ЭС и ИС:

СП – системный пользователь; КП – конечный пользователь; ВШВ-003 – виброизмеритель; АСВК-2ВД, АСВК-НД, АВК-Р2, ПВК-К2М – автоматизированные приборы вихретокового контроля; Talyrond 131 – кругломер; Homel tester – профилограф; SCADA TM6 – интегрированная российская информационная система со встроенными программными интерфейсами ODBC и OPC; SQL Server – система управления реляционными базами данных; Matlab – пакет прикладных программ

Интеграция разрабатываемой ГиИС в структуру интегрированной автоматизированной системы управления предприятием представляет научный и практический интерес и осуществляется путем реализации подсистемы связи с внешним миром в виде специализированного программного обеспечения (ПО) в соответствии с концепцией ЕИП по использованию открытых архитектур, международных стандартов и апробированных коммерческих продуктов обмена данными [7].

Практический интерес представляет реализация разработанного алгоритма работы информационно-измерительного канала вихретокового контроля ГиИС

(рис. 2), который можно разделить на два этапа: проведения обучающего эксперимента (накопления БЗ) с формированием эталонных оценок и идентификации по анализу образной информации для принятия решения по качеству поверхностного слоя изделия и состоянию ТП. НС способствует быстрому обучению, ЭС поддержки принятия решения реализует интерпретацию нечетких данных и объясняет полученное решение.



Рис. 2. Алгоритмизация идентификации дефектов шлифования деталей по интеллектуальному анализу образной информации

Внешние входные данные поступают в гибридную систему как через ЭС, так и через НС. В качестве комплекса автоматизированных аппаратных средств, способных измерять и анализировать значения контролируемых признаков, используются автоматизированные приборы вихретокового контроля ПВК-К2М [8]. Выходные данные поступают на вход модуля, находящего и объясняющего решения. Интерфейс реализуется специально разработанной программой Image (рис. 3) [9].

На основе информационно-структурной модели технологической системы шлифовального станка [10], результатов анализа проблемной области при организации информационно-измерительного канала вихретокового контроля и алгоритмизации идентификации дефектов по интеллектуальному анализу образной информации (см. рис. 2) построен алгоритм диагностирования основных подсистем шлифовального станка (с глубиной диагностирования до функционального узла) с последующим формированием БП и БД (рис. 4).

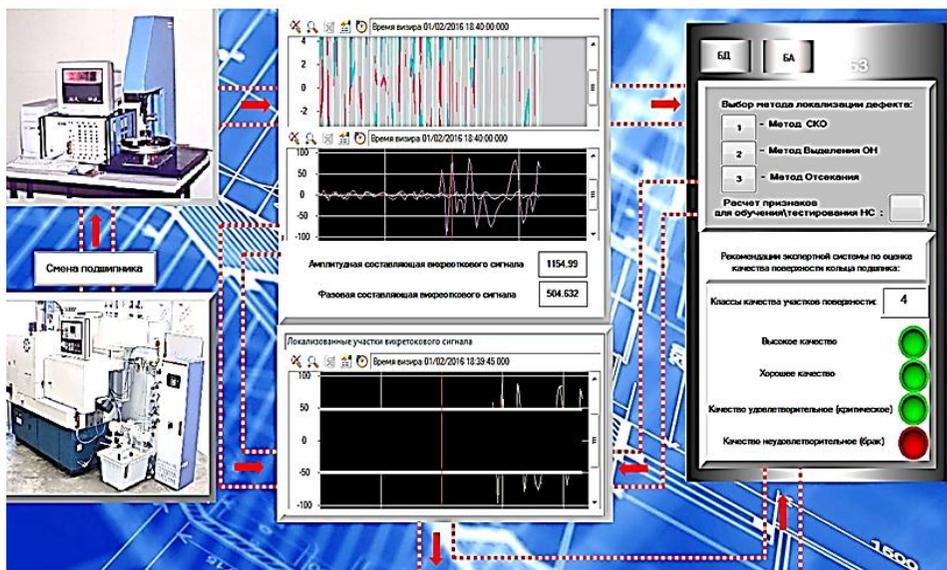


Рис. 3. Рабочий экран программы Image

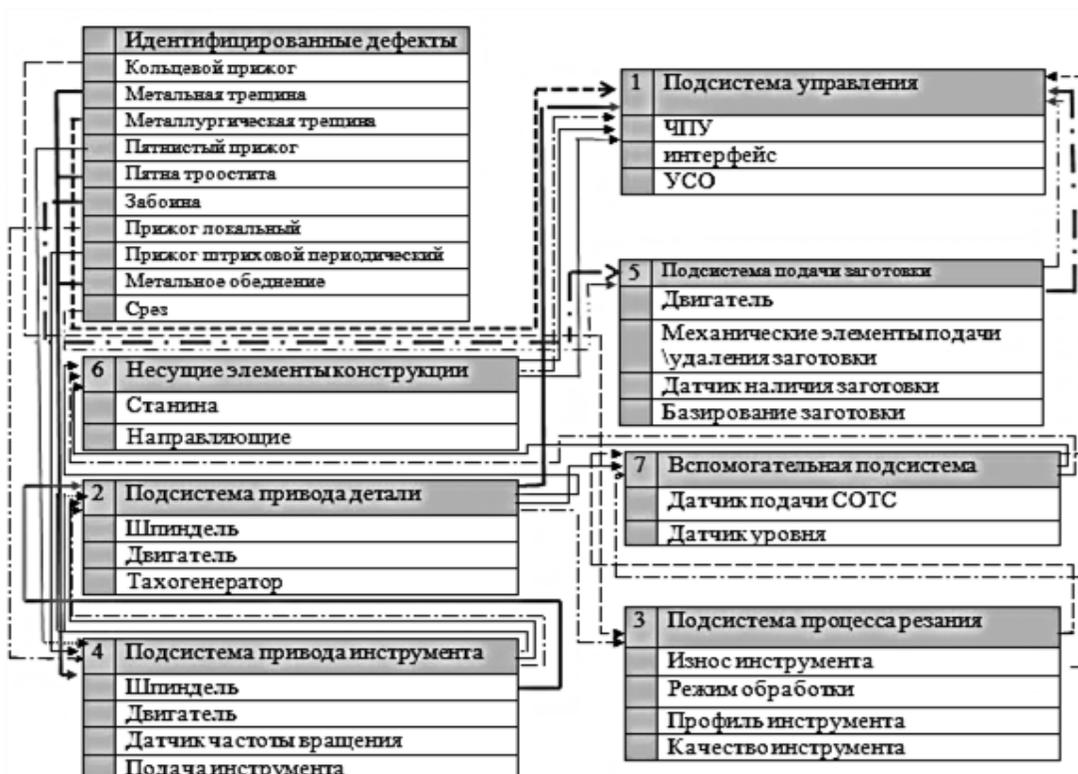


Рис. 4. Алгоритм диагностирования основных подсистем станка на основании идентифицируемых дефектов поверхности качения деталей подшипников как критериев качества технологической системы: СОТС – смазочно-охлаждающее технологическое средство

Формирование производственных правил производится на основании идентифицируемых дефектов поверхности качения деталей подшипников как критериев качества ТС для корректировки ТП или подналадки станка. В соответствии с алгоритмизацией идентификации дефектов по интеллектуальному анализу вихревого сигнала дополняется база алгоритмов БЗ ГиИС в составе системы мониторинга интегрированной автоматизированной системы управления.

Адаптация ГиИС к изменениям в предметной области реализуется путем обновления фактов, правил или алгоритмов БЗ, а также обучающей выборки и конфигурации НС, производимых системным пользователем. Т. е. структура ГиИС, включая комплекс технических средств и средств связи, строится однократно, а БЗ обновляется при смене объекта управления.

Построенная интеллектуальная система позволяет использовать преимущества традиционных средств искусственного интеллекта, такие как обучаемость НС и знания ЭС, преодолевая некоторые их недостатки, и может решать специализированные задачи, не решаемые отдельными методами искусственного интеллекта, что отражает ее актуальность и целесообразность применения для задач контроля качества обработки высокоточных деталей, корректировки технологического режима и ремонтно-восстановительных работ в системе мониторинга технологического процесса и оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы: Теория и технология разработки. – СПб: Изд-во СПб ГТУ, 2001. – 711 с.
2. Гаврилов А.В. Гибридные интеллектуальные системы. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 168 с.
3. Ярушклина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.
4. Тугенгольд А.К., Лукьянов Е.А. Интеллектуальное управление мехатронными технологическими системами. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2004. – 117 с.
5. Гейценредер А.А. Мониторинг состояния станочной системы токарной обработки при интеллектуальном управлении: автореф. дисс. ... канд. техн. наук – 05.03.01. – Ростов н/Д, 2006. – 18 с.
6. Самойлова Е.М. Построение экспертной системы поддержки принятия решения как интеллектуальной составляющей системы мониторинга технологического процесса // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2016. – № 2 (18). – С. 128-142.
7. Самойлова Е.М. Интеграция базы данных SCADA TRACE MODE в систему мониторинга технологического процесса // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2015. – № 3 (80). – С. 85-88.
8. Самойлова Е.М., Игнатъев С.А. Интеллектуальный мониторинг качества механической обработки деталей // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 4. – С. 68-72.
9. Программа интеллектуального анализа образной информации при организации информационно-измерительного канала неразрушающего контроля ЭСППР (Image) / Е.М. Самойлова, Т.В. Цыбина, А.А. Игнатъев / Свидетельство о регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2016616445; дата гос. рег. 10.06.2016.
10. 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.

Статья поступила в редакцию 13 февраля 2017 г.

BUILDING HYBRID INTELLIGENT SYSTEMS BASED ON THE INTEGRATION OF TECHNOLOGY FOR SOLVING PROBLEMS OF QUALITY CONTROL PROCESSING OF HIGH-PRECISION PARTS

E.M. Samoilova

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
77, Polytechnicheskaya st., Saratov, 410054, Russian Federation

The concept of integration of intelligent technologies of expert systems and neural network architectures in the management of product quality at all stages of the life cycle, contributing to the improvement of product quality and production efficiency in General. Discusses the construction of the hybrid intelligent system based on the structure of dynamic expert systems with neural network technology for decision-making on the state of the technical system the results of the analysis of information on the surface quality of the bearing components for different combinations of workpiece and tool. The algorithms of information-measuring channel eddy current inspection for identification of the surface layer and the sequence of diagnosis of the main subsystems of the machine on the basis of the detected surface defects of rolling bearings as the quality criteria of the technological system.

Keywords: *hybrid intelligent system, expert system, neural network control, intelligent technology, quality, defect, algorithm, technological system, the grinding, the bearing parts.*