

DOI: 10/15593/2224-9877/2016.2.10

УДК 681.5

**Е.М. Самойлова**

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

## **ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ КАК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

Интеллектуальный мониторинг технологического процесса представляет собой процесс наблюдения за работой технологической системы, включающий в себя контроль, идентификацию, диагностику, прогнозирование и выработку управляющих воздействий на основе обработки информации, при этом возникает необходимость одновременной работы со знаниями и большими объемами информации. Эту задачу позволяет решить применение интеллектуальных технологий в виде экспертной системы поддержки принятия решения (ЭСППР) для управления в реальном времени сложным объектом или процессом.

Научный и практический интерес представляет вопрос разработки и применения ЭСППР для решения задач мониторинга в условиях автоматизированного производства с целью повышения эффективности обработки деталей на станке с ЧПУ, которая позволит, используя знания экспертов – специалистов в данной конкретной предметной области, принимать решения в пределах этой области на профессиональном уровне.

Построим структуру ЭСППР и контроля эффективности процесса обработки для различных сочетаний обрабатываемых деталей и инструмента, используя обобщенную модель системы управления качеством продукции с применением экспертной системы (ЭС), отражающую информационную взаимосвязь системы мониторинга, включающей интеллектуальную составляющую в виде ЭС, и технологического процесса в системе управления качеством продукции.

Разработанная модель ЭС может рассматриваться как ЭС реального времени, а также как ЭС ситуационного управления, так как содержит, помимо традиционных составляющих структуры ЭС, реальный объект управления (ОУ), 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 (БР), базу алгоритмов (БА) и базу данных (БД), механизм логического вывода (МЛВ) и блок объяснений, что позволяет лицу, принимающему решение (ЛПР), оперативно реагировать на изменяющиеся условия осуществления технологического процесса (ТП).

БА, включенная в структуру ЭСППР наряду с БР и БД, содержит различные вычислительные алгоритмы, необходимые для идентификации параметров ОУ и синтеза коэффициентов управляющего компонента.

Приобретение и редактирование (дополнение) знаний производится автоматически в процессе обучения и реализации экспертной системы. Процесс наполнения знаниями осуществляется пользователем-экспертом, а также в результате адаптации БЗ к изменениям в предметной области и условиям ее функционирования, сама адаптация реализуется путем замены правил или фактов в БЗ ЭСППР.

Проблема разработки и использования ЭСППР реального времени с целью снижения вероятности принятия ошибочного решения и повышения качества функционирования технологического оборудования является весьма актуальной в современном производстве.

**Ключевые слова:** экспертная система, интеллектуальные технологии, мониторинг, автоматизация, система, контроль, поддержка принятия решения, реальное время, формообразование, машиностроение, точность, система принятия решений, база данных, база знаний, база правил, эффективность, технологический процесс, качество, диагностирование, автоматизированный станочный модуль, алгоритм.

**E.M. Samoilova**

Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin,  
Saratov, Russian Federation

## **BUILDING EXPERT SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION-MAKING AS INTELLECTUAL COMPONENT OF THE MONITORING SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PROCESS**

Intelligent process monitoring is the process of monitoring technology systems, including detection, identification, prediction and management system based on the analysis of information and decision making, there is a need to work simultaneously with knowledge and large amounts of information. This task allows to solve the application of intelligent technologies in the form of expert system decision support (EDSS) to control in real time complex object or process.

Scientific and practical interest is the development and application of ES to solve problems of diagnosis and management in the automated production with the aim of improving the efficiency of machining on the CNC machine, which will allow using the knowledge of experts (experts) about this specific highly specialized subject area within this field to make decisions at the level of an expert professional.

Build the structure of the EDSS and control the efficiency of treatment for different combinations of workpiece and tool using a generalized model of control system quality products with the use of expert system (ES) that reflect the relationship of information system of monitoring, including the intellectual component in the form of ES, and the process used in the system of quality control.

The developed model ES can be considered as real-time ES, and ES as well as situational management, as contains in addition to the traditional components patterns of ES real object of control (OC), the subsystem for communication with the outside world, the subsystem modeling the external world and the continuous component of the control part of the system, in addition, identification of the object, a knowledge base (KB), which includes rule base (BP), base algorithms (BA) and a database (DB), the logical inference mechanism (MLF) and the unit explanation that enables the decision-maker (DM), to respond quickly to changing conditions of the technological process (TP).

BA, included in the structure of the EDSS along with BP and DB that contains various computational algorithms, necessary for identification of parameters of op-amp and synthesis of the factors controlling component.

The subsystem acquisition and updating of knowledge automates the filling process of the expert system knowledge by the user is an expert, and the adaptation knowledge base of the system to the conditions of its functioning. Adaptation of the expert system to changes in the subject area is implemented by replacing rules or facts in the knowledge base.

The problem of development and use of EDSS is very important in modern manufacture to reduce the probability of making wrong decisions and improve the quality of functioning of the technological equipment.

**Keywords:** expert system, intelligent technology, monitoring, automation, system, control, decision support, real-time, forming, engineering, accuracy, decision making system, database, knowledge base, rule base, efficiency, process, quality, diagnostics, automated machine tool module, algorithm.

Интеллектуальный мониторинг технологического процесса представляет собой процесс наблюдения за работой технологической системы, включающий контроль, идентификацию, диагностику, прогнозирование и выработку управляющих воздействий на основе обработки информации, при этом возникает необходимость одновременной работы со знаниями и большими объемами информации. Эту задачу позво-

ляет решить применение интеллектуальных технологий в виде экспертной системы поддержки принятия решения (ЭСППР) для управления в реальном времени сложным объектом или процессом [1, 2].

Научный и практический интерес представляет вопрос разработки и применения ЭСППР для решения задач мониторинга в условиях автоматизированного производства с целью повышения эффективности обработки деталей на станке с ЧПУ, которая позволит, используя знания экспертов – специалистов в данной конкретной предметной области, принимать решения в пределах этой области на профессиональном уровне [3].

Обобщенная модель системы управления качеством продукции с применением экспертной системы [4] представлена на рис. 1. Она отражает информационную взаимосвязь системы мониторинга, включающей интеллектуальную составляющую в виде ЭС, и технологического процесса в системе управления качеством продукции.

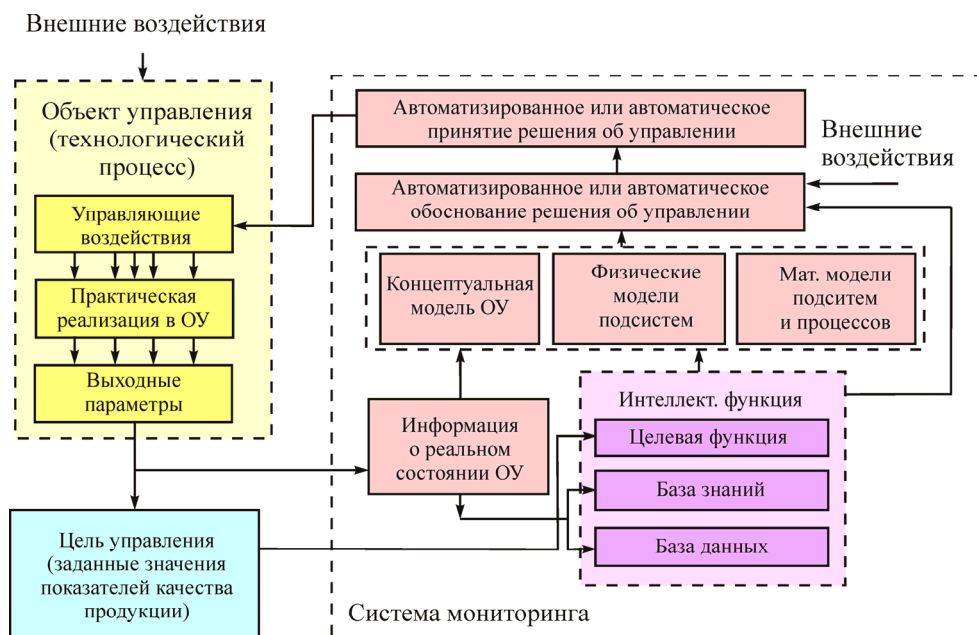


Рис. 1. Обобщенная модель системы управления качеством продукции с применением экспертной системы [4]

Этапы разработки ЭСППР применительно к решению задачи контроля качества обработки деталей и диагностированию автоматизированного станочного модуля (АСМ) представлены на рис. 2 [5].



Рис. 2. Этапы разработки ЭСППР

*Проблемой* является практическая потребность в обеспечении высокого качества формообразования деталей точного машино- и приборостроения и принятия решений по управлению качеством в среде единого информационного пространства интегрированной автоматизированной системы управления предприятия. Структура системного анализа применимости технологии ЭС в данной проблемной области представлена на рис. 3.

*Целью* является решение задач выбора режима диагностирования в процессе управления в условиях автоматизированного производства для повышения эффективности обработки деталей на станке с ЧПУ и снижения временных и материальных затрат на ремонтно-восстано-

вительные работы. В процессе сокращается время диагностирования, обеспечивается повышение надежности и работоспособности технологической системы, а также повышается коэффициент готовности [6–11].

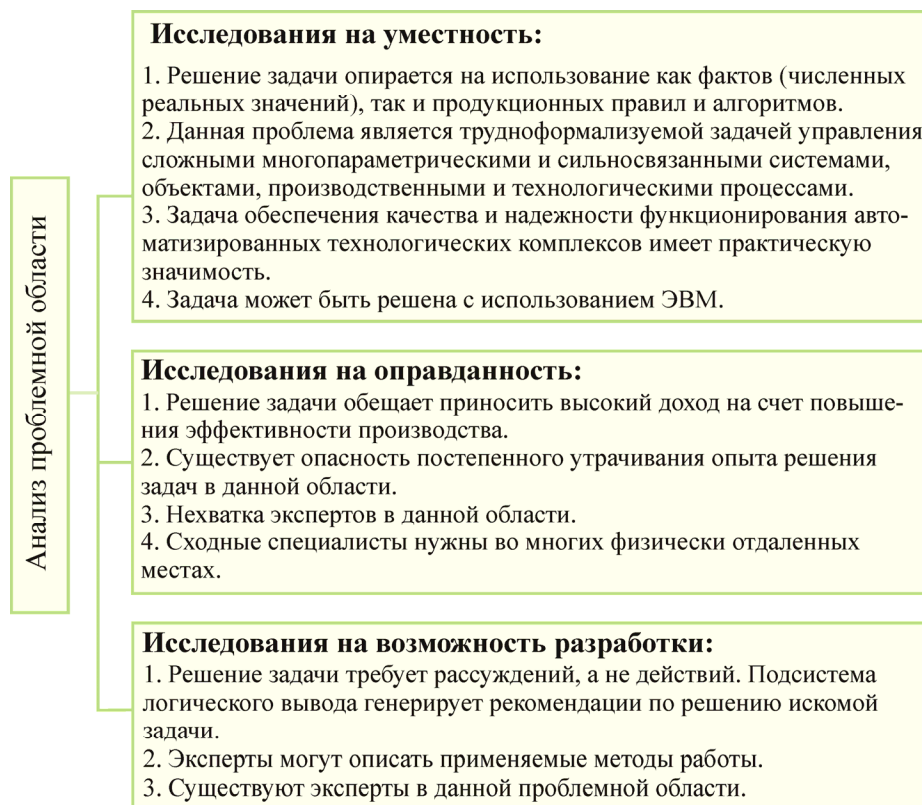


Рис. 3. Структура системного анализа на применимость технологии ЭС в данной проблемной области [5, 9]

Для построения ЭС в данной области машиностроения используем разработанную информационно-структурную модель АСМ, которая отражает детализацию объекта исследования и является основой будущей БЗ, определяя ее адекватность, эффективность и быстродействие.

Исходными данными для построения БЗ являются данные о качестве технологического процесса, о причинах дефектов (брака) поверхности изготавливаемой продукции, о способах устранения дефектов качества обработки и брака, структурированных по подсистемам, о па-

раметрических и функциональных отказах основных элементов АСМ, о способах устранения отказов, структурированных по подсистемам, и их восстановлении, а также алгоритмы диагностирования основных подсистем АСМ и т.д. [12].

Знания о проблемной области для формирования БП и БД были получены путем анализа эксплуатационных данных исследования надежности АСМ, проведенной сотрудниками Саратовского государственного технического университета и машиностроительных предприятий г. Саратова. С целью выявления причинно-следственных и функционально-поведенческих связей была произведена математическая обработка полученных данных для выбора наиболее предпочтительного варианта решения проблемы. Данные были проанализированы, структурированы в соответствии с иерархической структурой АСМ и математически обработаны методом парных сравнений. В результате математической обработки получены причинно-следственные и функционально-поведенческие связи между объектами предметной области.

Для поддержки процесса мониторинга в БЗ ЭСППР осуществляется сбор и хранение информации об основных параметрах сложной динамической системы типа АСМ: основные подсистемы АСМ с функциональными блоками, значения диагностических параметров подсистем АСМ, визуальные признаки качества обработанной поверхности, способы устранения дефектов качества обработки и брака.

БЗ состоит из двух компонентов декларативного (факты об АСМ), процедурного (правила обработки декларативных знаний). Декларативный компонент БЗ представлен объектно ориентированной моделью и содержит информацию об известных свойствах (атрибутах) сущностей проблемной области и отношениях между ними: подсистемы АСМ, параметры контроля и диагностирования, значения параметров контроля и диагностирования, функциональные подсистемы АС, справочные и эталонные таблицы значений параметров контроля и диагностирования.

Процедурный компонент БЗ представлен продукционной моделью и позволяет представлять знания в виде предложений типа: «Если {<условие>} то {<действие>} [иначе {<действие>}], где условие – это образец для поиска в БЗ; действия – действия или операторы, выполняемые при успешном исходе поиска.

Вывод на знаниях опирается на продукционную модель, при использовании которой БЗ состоит из набора правил, а программа, управляющая перебором правил, называется машиной вывода.

Число правил в БЗ зависит от структуры и глубины диагностирования АСМ и содержит более ста правил.

Один из важнейших этапов разработки ЭСППР – разработка алгоритмов работы ЭС в различных ситуациях и механизма получения решений. Алгоритм является основой программной реализации ЭС.

На рис. 4 представлен обобщенный алгоритм работы ЭС при определении причин дефектов (брака) качества обработки АСМ. Предложенный алгоритм учитывает уровни квалификации пользователей, иерархическую структуру АСМ и алгоритм диагностирования основных причин дефектов (брака) качества обработки с учетом подсистем



Рис. 4. Обобщенные алгоритмы работы экспертной системы реального времени

АСМ. Учет иерархической структуры позволяет оперативно локализовать причину дефекта и сократить время диагностирования. Алгоритм для обслуживающего персонала позволяет осуществить поиск неисправностей по параметрам диагностирования. Основное внимание уделено формообразующей подсистеме, так как именно процесс ее диагностирования трудно формализуем, например, по сравнению с управляющей подсистемой.

Для реализации объектно ориентированной модели декларативного компонента БЗ выбраны высокопроизводительная промышленная СУБД реального времени SIAD/SQL™ 6, оптимизированная под быстрое сохранение данных. Архивные данные SIAD/SQL™ 6 не только быстро сохраняются, но и подвергаются статистической обработке в реальном времени, а также могут отображаться на мнемосхемах SCADA и использоваться в программах наравне с данными реального времени.

Благодаря взаимодействию интегрированной среды Trace Mode 6 с внешними БД за счет встроенной поддержки наиболее популярных программных интерфейсов: ODBC, OPC и DDE – появилась возможность интеграции внешних БД в единую информационную среду предприятия через встроенный редактор SQL-запросов. ODBC используется для организации взаимодействия с СУБД, такими как MS Access, Oracle и MS SQL Server. Реализация декларативного компонента БЗ с помощью MS осуществляется благодаря возможности автоматического преобразования БД Access в БД SQL для обеспечения связи при помощи SQL-сервера с БД верхнего уровня и единого информационного пространства в целом. Обновление данных производится посредством SQL-запросов.

Структура экспертной системы поддержки принятия решения и контроля эффективности процесса обработки для различных сочетаний обрабатываемых деталей и инструмента представлена на рис. 5.

Разработанная модель ЭС может рассматриваться как ЭС реального времени, а также как ЭС ситуационного управления, так как содержит, помимо традиционных составляющих структуры ЭС, реальный объект управления (ОУ), 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 се-



база правил (БП), базу алгоритмов (БА) и базу данных (БД), механизм логического вывода (МЛВ) и блок объяснений, что позволяет лицу, принимающему решение (ЛПР), оперативно реагировать на изменяющиеся условия осуществления технологического процесса (ТП). БА, включенная в структуру ЭСРВ наряду с БП и БД, содержит различные вычислительные алгоритмы, необходимые для идентификации параметров ОУ и синтеза коэффициентов управляющего компонента [13–15].

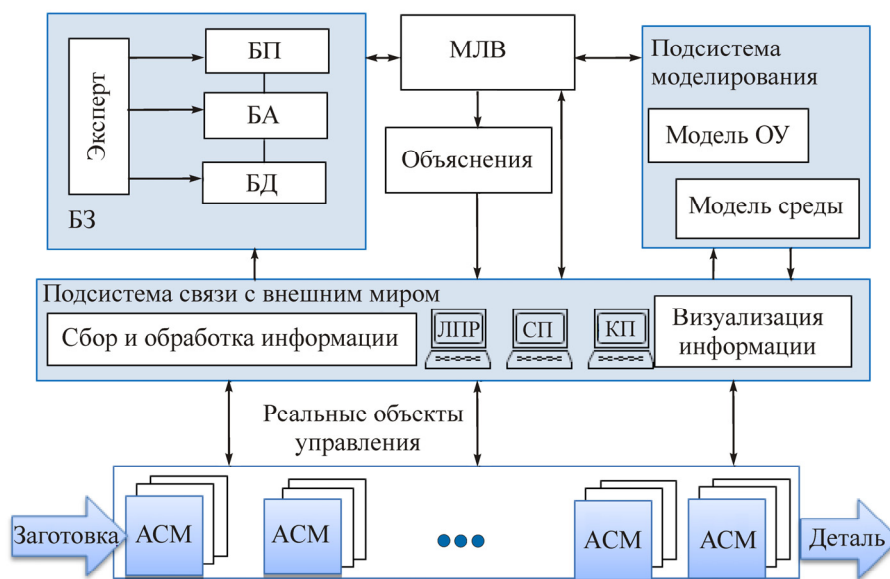


Рис. 5. Структура ЭСППР реального времени

Приобретение и редактирование (дополнение) знаний производится автоматически в процессе обучения и реализации экспертной системы. Процесс наполнения знаниями осуществляется пользователем-экспертом, а также в результате адаптации БЗ к изменениям в предметной области и условиям ее функционирования, которая реализуется путем замены правил или фактов в БЗ ЭСППР.

*Подсистема моделирования* является достаточно автономной, но важнейшей частью ЭС. На этапе разработки она используется вместо объектов реального мира для имитации показаний датчиков, так как проводить отладку на реальных объектах может быть слишком дорого, а иногда и небезопасно. На этапе эксплуатации ЭС процедуры модели-

рования выполняются параллельно функциям мониторинга и управления процессом, что обеспечивает следующие возможности: 1) верификация показаний датчиков во время исполнения приложения; 2) подстановка модельных значений переменной при невозможности получения реальных (выход из строя датчиков или длительное время получения ответа на запрос). Играя роль самостоятельного агента знаний, подсистема моделирования повышает жизнеспособность и надежность приложений на базе ЭСРВ.

Учитывая, что динамическая ЭС характеризуется жесткими ограничениями на время получения решения и на объем выделяемой программе памяти, необходимо реализовать подсистему вывода так, чтобы ЭС работала достаточно быстро, а БЗ занимала минимальный объем памяти. Это реализуется при помощи применения динамических списков и массивов.

*Рабочая память (РП)* предназначена для хранения исходных и промежуточных фактов решаемой в данный момент задачи. Как правило, размещается в оперативной памяти ЭВМ и отражает текущее состояние предметной области в виде фактов с коэффициентами уверенности в истинности этих фактов.

*Механизм логического вывода (МЛВ)* предназначен для получения новых фактов на основе сопоставления исходных данных из рабочей памяти и знаний из базы знаний. Механизм логического вывода во всей структуре экспертной системы занимает наиболее важное место. Он реализует алгоритмы прямого и/или обратного вывода, определяет порядок применения правил и выполняет основные функции:

- сопоставление – образец (антецедент) правила сопоставляется с имеющимися фактами в РП;
- выбор – применяется то правило из нескольких, которое удовлетворяет заданному критерию;
- срабатывание – если образец некоторого правила из БЗ совпал с фактами из РП, то правило срабатывает;
- действие – РП подвергается изменениям путем добавления в нее заключения (правой части) сработавшего правила;
- идентификация параметров ОУ.

*Подсистема объяснения* поясняет, как система получила решение задачи (или почему она не получила решения) и какие знания она при этом использовала, что облегчает эксперту тестирование системы

и повышает доверие пользователя к полученному результату. Возможность объяснять свои действия является одним из самых важных свойств экспертной системы, так как:

- повышается доверие пользователей к полученным результатам
- облегчается отладка системы;
- создаются условия для пользователей по вскрытию новых закономерностей предметной области;
- объяснение полученных выводов может служить средством поиска точки в парето-оптимальном множестве решений.

*Подсистема связи с внешним миром* преобразует сигналы от датчиков во внутренние понятия ЭСРВ, отображая на экране как динамически изменяющееся состояние системы, так и значения параметров.

Конечные *пользователи системы*, непосредственно для облегчения труда которых она создается, применяют ЭСППР в режиме «черный ящик», т.е. они не знают, как она устроена, но могут получить ответ и объяснения по ситуации в данный момент времени в определенной профессиональной области. *Лица, принимающие решения (ЛПР)*, находятся на более высокой ступени иерархии пользователей ЭС, но тоже общаются с системой только через пользовательский интерфейс, который выполнен комплексом программно-аппаратных средств, реализующим эффективный интерфейс.

Особенной категорией пользователей ЭСППР являются *эксперты*, или *системные пользователи*, – люди с высшим профессиональным образованием и системным мышлением, высокоэрудированные, имеющие опыт работы в данной области и достаточную квалификацию. Они наполняют знаниями БЗ для эффективного решения ситуаций и задач, возникающих в процессе эксплуатации, а также в результате адаптации БЗ к изменениям в предметной области и условиям ее функционирования, которая реализуется путем замены правил или фактов в БЗ ЭСППР [5, 15].

*Входные значения* представлены как в виде цифровых данных, поступающих в режиме реального времени с датчика на станке с ЧПУ, отражающихся на мнемосхеме (рабочем экране) и записывающихся в БД экспертной системы, так и справочных данных, хранящихся на SQL-сервере, с возможностью их корректировки и перезаписи. Выходные значения отражаются в виде графиков и чисел на рабочем экране в реальном времени. В режиме редактирования БД автоматически об-

новляется. Связь осуществляется при помощи SQL-сервера. Обновление происходит путем посылки SQL-запроса на обновление данных на сервер, где располагается БД.

Применение ЭС позволяет проанализировать качество технологического процесса, увеличить периодичность правки абразивного инструмента более чем в два раза с сохранением качества поверхности деталей, что обеспечивает повышение эффективности обработки. Проблема разработки и использования ЭСППР реального времени с целью снижения вероятности принятия ошибочного решения и повышения качества функционирования технологического оборудования является весьма актуальной в современном производстве.

### **Список литературы**

1. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.
2. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
3. Искусственный интеллект: в 3 кн. Кн. 2. Модели и методы: справ. / под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
4. Самойлова Е.М., Игнатъев А.А. Совершенствование управления качеством продукции на основе системы мониторинга с элементами искусственного интеллекта // Вестник Саратов. гос. техн. ун-та. – 2009. – № 3(41), вып. 2. – С. 207–209.
5. Козлова Т.Д., Игнатъев А.А. Экспертная система поддержки принятия решений для определения причин отказов автоматизированных станочных модулей // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 1(25). – С. 19–25.
6. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем. – М.: Финансы и статистика: ИНФРА-М, 2010. – 432 с.
7. Самойлова Е.М., Игнатъев А.А., Козлова Т.Д. Экспертная система поддержки процесса диагностирования автоматических станочных модулей / Мин-во образования и науки РФ, Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов, 2015. – 101 с.
8. Самойлова Е.М., Виноградов М.В. Экспертные системы поддержки принятия решений при диагностировании технологического оборудования // Modern European Science – 2015. Materials of the XI In-

ternational Scientific and Practical Conference. – 2015. – Vol. 10. Technical sciences. – P. 80–82.

9. Самойлова Е.М., Козлова Т.Д., Игнатьев А.А. Экспертная система для определения причин неисправностей технологических систем // Вестник Саратов. гос. техн. ун-та. – 2011. – № 2(56). – С. 219–224.

10. Юркевич В.В. Экспертная система для токарной обработки // Вестник машиностроения. – 2010. – № 6. – С. 73–75.

11. Итоги и перспективы развития исследований в области интеллектуального управления мехатронными технологическими системами. / А.К. Тугенгольд [и др.] // Вестник ДГТУ. – 2010. – Т. 10, № 5(48). – С. 648–666.

12. Коротков О.Е. Экспертная система в управлении токарным станком с ЧПУ: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ростов н/Д: 1999. – 24 с.

13. Стефанюк В.Л. Консультирующая экспертная система с локальной организацией // Тр. всесоюз. конф. по проблемам разработки и внедрения экспертных систем / Всерос. науч.-исслед. ин-т автоматизации управления в непромышл. сфере. – М., 1989. – С. 33–39.

14. Алиев Р.А., Захарова Э.Г., Ульянов С.В. Нечеткие модели управления динамическими системами // Итоги науки и техники. Техническая кибернетика. – М., 1990. – Т. 29. – С. 127–201.

15. Виноградов Г.П. Методы и алгоритмы интеллектуализации принятия решений в АСУ производствами с непрерывно-дискретной технологией: дис. ... д-ра техн. наук. – Тверь, 2013. – 350 с.

### **References**

1. Chastikov A.P., Gavrilova T.A., Belov D.L. Razrabotka ekspertnykh sistem. Sreda CLIPS [Development of expert systems. CLIPS environment]. Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 2003. 608 p.

2. Pospelov D.A. Situatsionnoe upravlenie: teoriia i praktika [Situational management: theory and practice]. Moscow: Nauka, 1986. 288 p.

3. Iskusstvennyi intellekt. Kniga 2. Modeli i metody [Artificial intelligence. Book 2. Models and methods]. Ed. by D.A. Pospelov. Moscow: Radio i sviaz', 1990. 304 p.

4. Samoilova 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), iss. 2, pp. 207-209.

5. Kozlova T.D., Ignat'ev A.A. Ekspertnaia sistema podderzhki priniatiia reshenii dlia opredeleniia prichin otkazov avtomatizirovannykh stanochnykh modulei [Expert system of support of decision-making for definition of causes of failures of the automated machine modules]. *Izvestiia vuzov. Povolzhskii region. Tekhnicheskie nauki*, 2013, no. 1(25), pp. 19-25.

6. Rybina G.V. Osnovy postroeniia intellektual'nykh system [Bases of creation of intellectual systems]. Moscow: Finansy i statistika, INFRA-M, 2010. 432 p.

7. Samoilova E.M., Ignat'ev A.A., Kozlova T.D. Ekspertnaia sistema podderzhki protsessa diagnostirovaniia avtomaticheskikh stanochnykh modulei [Expert system of support of process of diagnosing of automatic machine modules]. Ministerstvo obrazovaniia i nauki Rossiiskoi Federatsii, Saratovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2015. 101 p.

8. Samoilova E.M., Vinogradov M.V. Ekspertnye sistemy podderzhki priniatiia reshenii pri diagnostirovanii tekhnologicheskogo oborudovaniia [Expert systems of support of decision-making when diagnosing processing equipment]. *Modern European Science – 2015. Materials of the XI International Scientific and Practical Conference*, 2015. Vol. 10. Technical sciences, pp. 80-82.

9. Samoilova E.M., Kozlova T.D., Ignat'ev A.A. Ekspertnaia sistema dlia opredeleniia prichin neispravnostei tekhnologicheskikh sistem [Expert system for definition of the reasons of malfunctions of technological systems]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2011, no. 2(56), pp. 219-224.

10. Iurkevich V.V. Ekspertnaia sistema dlia tokarnoi obrabotki [Expert system for turning]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2010, no. 6, pp. 73-75.

11. Tugengol'd A.K. [et al.]. Itogi i perspektivy razvitiia issledovaniia v oblasti intellektual'nogo upravleniia mekhatronnymi tekhnologicheskimi sistemami [Results and prospects of development of researches in the field of intellectual management of mechatronny technological systems]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2010, vol. 10, no. 5(48), pp. 648-666.

12. Korotkov O.E. Ekspertnaia sistema v upravlenii tokarnym stankom s ChPU [Expert system in control of the lathe with ChPU]. Abstract of Ph. D. thesis. Rostov-na-Donu, 1999. 24 p.

13. Stefaniuk V.L. Konsul'tiruiushchaia ekspertnaia sistema s lokal'noi organizatsiei [The advising expert system with the local organization]. *Trudy vsesoiuznoi konferentsii po problemam razrabotki i vnedreniia ekspertnykh system*. Moscow: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut avtomatizatsii upravleniia v nepromyshlennoi sfere, 1989, pp. 33-39.

14. Aliev R.A., Zakharova E.G., Ul'ianov S.V. Nechetkie modeli upravleniia dinamicheskimi sistemami [*Indistinct models of management of dynamic systems*]. *Itogi nauki i tekhniki. Tekhnicheskaiia kibernetika*. Moscow, 1990, vol. 29, pp. 127-201.

15. Vinogradov G.P. Metody i algoritmy intellektualizatsii priniatiia reshenii v ASU proizvodstvami s nepreryvno-diskretnoi tekhnologiei [Methods and algorithms of intellectualization of decision-making in ACS productions with continuous and discrete technology]. Doctor's degree thesis. Tver', 2013. 350 p.

Получено 18.11.2015

### Сведения об авторе

**Самойлова Елена Михайловна** (Саратов, Россия) – кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры «Автоматизация, управление, мехатроника» Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина; e-mail: Helen\_elenka@mail.ru.

### About the author

**Elena M. Samoilova** (Saratov, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Doctoral Candidate, Department of Automation, Control, Mechatronics, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin; e-mail: Helen\_elenka@mail.ru.