

МОДЕЛЬ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СТАНОЧНЫХ МОДУЛЕЙ

Аннотация.

Актуальность и цели. Применение экспертной системы позволяет аккумулировать знания обслуживающего персонала и экспертов о причинах отказов и результатах их устранения, что сократит время восстановления автоматических станочных модулей и соответственно повысит коэффициент готовности. Это обуславливает актуальность данной работы.

Материал и методы. Разработанная методика построения модели базы знаний экспертной системы поддержки процесса диагностирования автоматических станочных модулей учитывает их иерархическую структуру в виде подсистем различного уровня при построении всех компонентов системы (информационную универсальность, возможность расширения и внутреннюю совместимость компонент), обеспечивает на основе выявленных в условиях эксплуатации причинно-следственных связей между отказами и восстановлениями модулей и экспертной обработки данных методом парных сравнений формирование рекомендаций по устранению нарушений процесса функционирования модулей. Для формирования базы знаний предложено применение объектно ориентированной модели для формализации фактов, позволяющей отобразить объекты предметной области и связи между ними, и продукционной модели для формализации процедурных знаний (правил), обеспечивающих более гибкую организацию работы механизма вывода.

Результаты. Проанализированы и структурированы данные об отказах автоматических станочных модулей. Построена база знаний экспертной системы, включающая декларативную компоненту в виде объектно ориентированной модели, которая содержит знания о подсистемах модуля, параметрах диагностирования, информацию об отказах подсистем и способах их устранения, и процедурную компоненту в виде продукционной модели, содержащую комплекс правил, используемых для обработки декларативных знаний, что обеспечивает формирование сообщений о неисправном функциональном блоке в той или иной подсистеме модуля.

Выводы. Представленная модель базы знаний поддержки процесса диагностирования автоматических станочных модулей отражает процесс решения задачи при определении причин неисправностей на основе анализа диагностической информации и учитывает иерархическую структуру и алгоритм диагностирования.

Ключевые слова: экспертная система, автоматизированный станочный модуль, база знаний, база данных, отказ, модель.

А. А. Ignatiev, T. D. Kozlova, E. M. Samoilova

KNOWLEDGE BASE MODEL FOR THE EXPERT SUPPORT SYSTEM OF AUTOMATIC DIAGNOSTICS OF AUTOMATIC MACHINE MODULES

Abstract.

Background. Application of the expert system allows accumulating knowledge of staff and experts on causes of failures and results of elimination thereof, which reduces the time of automatic machine modules restoration and correspondingly increases availability rate. These facts prove topicality of the work.

Materials and methods. The developed method of formation of the knowledge base model for the expert support system of diagnostics of automatic machine modules takes into account the units' hierarchic structure in the form of subsystems of various levels during formation of all system components (information versatility, expandability and component internal compatibility), provides formation of recommendations on module functioning malfunction elimination on the basis of the revealed in the course of operation cause-effect relations between the failures and restorations of modules and the expert processing of data by the method of paired comparison. To form the data base the authors suggested to use an object-oriented model for facts formalization, that allows displaying the objects of the object domain and interrelations thereof, and a production model to formalize procedure knowledge (rules), providing more flexible work organization of the input mechanism.

Results. The authors analyzed and structured the data on automatic machine module failures. The researchers built the expert system knowledge base including a declarative component in the form of the object-oriented model that contains knowledge about module subsystems, diagnostic parameters, data on subsystem failures and ways of elimination thereof, and a procedural component in the form of the production model containing a complex of rules used for processing declarative knowledge, that provides formation of reports on a defective function unit in one or another module subsystem.

Conclusions. The presented knowledge base model of support of automatic machine module diagnostics reflects the problem solving process in determination of failure causes on the basis of diagnostic information analysis and takes into account the hierarchic structure and the diagnostic algorithm.

Key words: expert system, automatic machine module, knowledge base, database, failure model.

Введение

Задачи диагностирования и восстановления автоматических станочных модулей (АСМ) трудно формализуемы. В связи с этим возникает целесообразность разработки экспертной системы (ЭС), осуществляющей поддержку процесса диагностирования при устранении неисправностей технологического оборудования и повышении качества технологического процесса. Применение ЭС позволяет аккумулировать знания обслуживающего персонала и экспертов о причинах отказов и результатах их устранения, что сократит время восстановления автоматических станочных модулей и соответственно повысит коэффициент готовности. Это обуславливает актуальность данной работы, рассматривающей построение модели базы знаний (БЗ) ЭС поддержки процесса диагностирования АСМ. Для создания баз данных (БД) и баз знаний ЭС в рассматриваемой области необходимо использование результатов исследования функционирования технологического оборудования.

На основании данных, полученных учеными Саратовского государственного технического университета при исследовании надежности функционирования АСМ типа ТПАРМ (токарный прецизионный автоматизированный роботизированный модуль) в производственных условиях, в структуре модуля были выделены важнейшие функциональные подсистемы: формооб-

разующая подсистема – подсистемы привода главного движения, подсистемы продольных и поперечных перемещений, подсистемы процесса резания, автоматическое управляющее устройство и вспомогательная подсистема. В результате анализа экспериментальных исследований процесса функционирования АСМ ТПАРМ-100 в производственных условиях были выявлены отказы элементов модуля, которые с физической точки зрения и по характеру проявления можно объединить в следующие группы: по характеру проявления (внезапные, постепенные и релаксационные), по степени воздействия на АСМ (функциональные, параметрические), по причинам возникновения (случайные, систематические, конструкционные, технологические, эксплуатационные) и по сложности устранения (устраняемые, неустраняемые и самоустраняющиеся). Полученные данные были проанализированы и сгруппированы в соответствии с иерархической структурой АСМ. Были выделены отказы формообразующей подсистемы, отказы управляющей подсистемы и отказы вспомогательной подсистемы. Также были выявлены причины ухудшения качества технологического процесса и меры, которые необходимо принять для повышения качества изготавливаемой продукции. Анализ проведенных исследований показал, что основная группа отказов приходится на формообразующую подсистему, особенности функционирования и алгоритмы диагностирования которой необходимо учитывать при разработке базы знаний ЭС поддержки процесса диагностирования [1].

Основой любой экспертной системы вне зависимости от предметной области является БЗ, которая состоит из двух компонент: декларативной и процедурной. Декларативная компонента содержит знания о предметной области: информацию о сущностях, свойствах сущностей и связей между ними, в данном случае это экспериментальные данные о надежности функционирования АСМ, сгруппированные в соответствии с иерархической структурой АСМ [2]. Для реализации декларативной компоненты БЗ была выбрана объектно ориентированная модель (рис. 1).

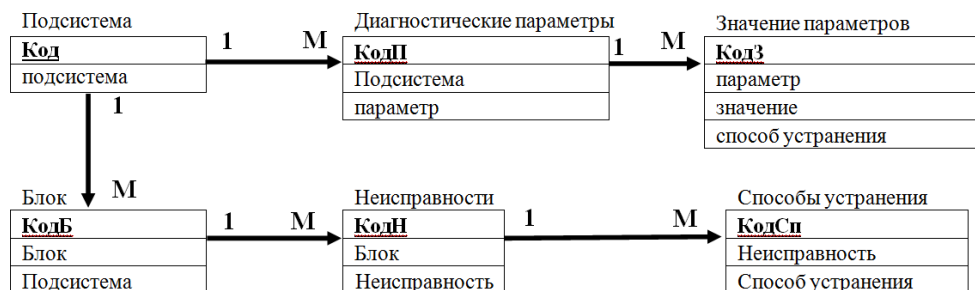


Рис. 1. Модель декларативной компоненты базы знаний

Декларативная компонента БЗ учитывает специфику АСМ и особенности его функционирования, а процедурная должна содержать производственные правила, применяемые для преобразования декларативной информации вида

Если ПРЕДПОСЫЛКА, то ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Предпосылка и заключение являются фактами. Для представления фактов используется пара сущность–значение. Сущность представляет физические объекты проблемной области, такие как подсистемы АСМ, диагностические параметры, значение параметров. Сущность в БЗ объединена с понятием

«атрибут» в БД (декларативная компонента). Значение является строковой величиной, например: «Шпиндель не набирает нужных оборотов», «Манипулятор не захватывает заготовку» и т.п. Заключение содержит только один факт, а предпосылка может содержать как один, так и несколько фактов, которые одновременно имеют место.

Метаправило, как и правило, состоит из двух частей: предпосылки и заключения. Предпосылка в метаправилах выражена фактами, а заключение указывает на подзадачу, на которую следует перейти. Метаправила управляют очередностью активизации правил и позволяют оптимизировать процесс поиска решения [2–4].

Для реализации процедурной компоненты была выбрана производственная модель, содержащая около двухсот правил и пять метаправил. Количество правил обусловлено глубиной диагностирования АСМ и алгоритмами диагностирования.

Рассмотрим формирование производственных правил при диагностировании привода подач формообразующей подсистемы АСМ типа ТПАРМ для автоматического перехода по диагностическим параметрам.

Правило 1: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Скорость перемещения каретки = 1» и «Диагностический параметр. Максимальная сила = 1», то «Заключение = Ремонт датчика обратной связи».

Правило 2: Если «Диагностический параметр. Скорость перемещения каретки = 1» и «Диагностический параметр. Максимальная сила = 0» и «Диагностический параметр. Сигнал с тахогенератора = 1», то «Заключение = Произвести ремонт муфты и фрикционной механической передачи».

Правило 3: Если «Диагностический параметр. Скорость перемещения каретки = 1» и «Диагностический параметр. Максимальная сила = 0» и «Диагностический параметр. Сигнал с тахогенератора = 0», то «Заключение = Произвести ремонт муфты и двигателя».

Правило 4: Если «Диагностический параметр. Скорость перемещения каретки = 0» и «Диагностический параметр. Напряжение на блоке усилителей приводов = 1», то «Заключение = Разомкните цепь обратной связи и повторно произведите контроль напряжения на блоке усилителей приводов».

Правило 5: Если «Диагностический параметр. Скорость перемещения каретки = 0» и «Диагностический параметр. Напряжение на блоке усилителей приводов = 0», то «Заключение = Ремонт блока усилителей приводов».

Производственные правила без автоматического перехода по диагностическим параметрам.

Правило 1: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Скорость перемещения каретки = 1», то «Заключение = Необходимо проконтролировать максимальную развиваемую силу при упоре каретки о динамический упор».

Правило 2: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Скорость перемещения каретки = 0», то «Заключение = Необходимо проверить напряжение на блоке усилителей приводов».

Правило 3: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Сигнал с тахогенератора = 0», то «Заключение = Произвести ремонт двигателя и муфты».

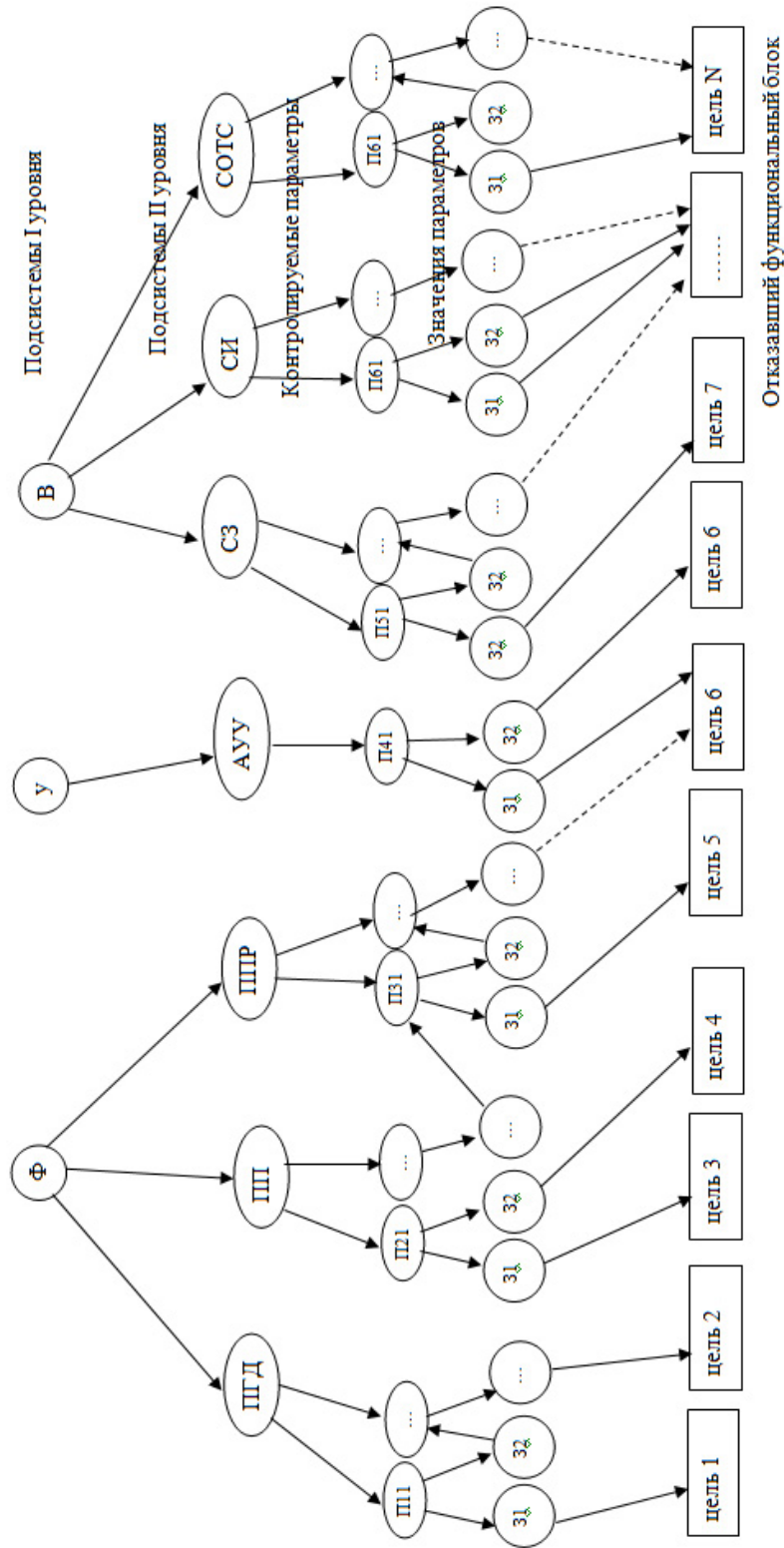


Рис. 2. Модель базы знаний поддержки процесса диагностирования АСМ: Ф – формообразующая подсистема, У – управляющая подсистема, В – вспомогательная подсистема; ППД – привод главного движения; ПП – привод подачи; ППР – привод револьверной головки; АУУ – автоматическое управляющее устройство; СЗ – смена заготовки; СИ – смена инструмента; СОТС – система обеспечения смазочно-охлаждающим технологическим средством; ПП1-П6N – диагностические параметры; З1-ЗN – значение параметров

Правило 4: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Сигнал с тахогенератора = 0», то «Заключение = Произвести ремонт муфты и фрикционной механической передачи».

Правило 5: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Максимальная сила = 1», то «Заключение = Ремонт датчика обратной связи».

Правило 6: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Максимальная сила = 1», то «Заключение = Проверить скорость вращения двигателя».

Правило 7: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Напряжение на блоке усилителей приводов = 1», то «Заключение = Разомкните цепь обратной связи и проконтролируйте напряжение на блоке усилителей приводов».

Правило 8: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Напряжение на блоке усиления приводов = 0», то «Заключение = Ремонт блоке усиления приводов».

Правило 9: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Контроль тахогенератора = 1», то «Заключение = Ремонт фрикционной механической передачи».

Правило 10: Если «Отказ привода подачи» и «Диагностический параметр. Контроль тахогенератора = 0», то «Заключение = Ремонт тахогенератора».

Недостаток данной модели в виде недостаточно глубокого отражения проблемной области компенсируется объектно ориентированной моделью декларативной компоненты ЭС, что и обуславливает выбор модели данного типа для реализации [3–5].

Так как декларативная компонента БЗ содержит информацию о сущностях, свойствах сущностей и связей между ними, то она может быть представлена БД, содержащей данные о проблемной области, например реляционной моделью данных.

Таким образом, для построения декларативной компоненты может быть использован подход, используемый при построении БД. Отделение декларативных знаний от процедурных обеспечивает повышение быстродействия системы, позволяет связать БЗ экспертной системы с БД верхнего уровня, позволяет легко обновлять содержимое БЗ без привлечения программиста (рис. 2).

Управление и работа с БД может осуществляться непосредственно через ЭС, а также без запуска ЭС. Работа в БД без запуска ЭС дает возможность наладчикам технологического оборудования использовать БД в качестве справочно-информационной системы [4, 5].

Заключение

Разработанная методика построения модели БЗ ЭС поддержки процесса диагностирования АСМ учитывает их иерархическую структуру в виде подсистем различного уровня при построении всех компонентов системы, информационную универсальность, возможность расширения и внутреннюю совместимость компонент, обеспечивает на основе выявленных в условиях эксплуатации причинно-следственных связей между отказами и восстановле-

ниями модулей и экспертной обработки данных методом парных сравнений формирование рекомендаций по устранению нарушений процесса функционирования модулей.

Для формирования БЗ предложено применение объектно ориентированной модели для формализации фактов, позволяющей отобразить объекты предметной области и связи между ними, и продукционной модели для формализации процедурных знаний (правил), обеспечивающих более гибкую организацию работы механизма вывода

В результате анализа и структурирования данных об отказах АСМ была сформирована модель БЗ ЭС, включающая декларативную компоненту в виде объектно ориентированной модели, содержащую знания о подсистемах модуля, параметрах диагностирования, информацию об отказах подсистем и способах их устранения, и процедурную компоненту в виде продукционной модели, содержащую комплекс правил, используемых для обработки декларативных знаний, что обеспечивает формирование сообщений о неисправном функциональном блоке в той или иной подсистеме модуля.

Представленная модель БЗ поддержки процесса диагностирования АСМ (рис. 2) отражает процесс решения задачи при определении причин неисправностей на основе анализа диагностической информации и учитывает иерархическую структуру и алгоритм диагностирования АСМ.

Список литературы

1. Надежность и диагностика технологических систем / Б. М. Бржозовский, А. А. Игнатъев, В. В. Мартынов, А. Г. Схиртладзе. – Старый Оскол : Изд-во ТНТ, 2010. – 352 с.
2. **Мелихов, А. Н.** Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А. Н. Мелихов, Л. С. Берштейн, С. Я. Коровин. – М. : Наука, 1990. – 272 с.
3. **Козлова, Т. Д.** Экспертная система поддержки принятия решений для определения причин отказов автоматизированных станочных модулей / Т. Д. Козлова, А. А. Игнатъев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 1 (25). – С. 19–25.
4. **Козлова, Т. Д.** Методика разработки экспертной системы для определения причин неисправностей автоматизированных станочных модулей / Т. Д. Козлова, Е. М. Самойлова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 3, № 2 (58). – С. 178–183.
5. **Козлова, Т. Д.** Реализация экспертной системы поддержки принятия решений для определения неисправностей технологической системы / Т. Д. Козлова, А. А. Игнатъев, Е. М. Самойлова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – № 2 (56). – С. 219–225.

References

1. Brzhozovskiy B. M., Ignat'ev A. A., Martynov V. V., Skhirtladze A. G. *Nadezhnost' i diagnostika tekhnologicheskikh sistem* [Reliability and diagnostics of technological systems]. Staryy Oskol: Izd-vo TNT, 2010, 352 p.
2. Melikhov A. N., Bershteyn L. S., Korovin S. Ya. *Situatsionnye sovetuyushchie sistemy s nechetkoy logikoy* [Situational advising fuzzy logic system]. Moscow: Nauka, 1990, 272 p.
3. Kozlova T. D., Ignat'ev A. A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki* [University proceedings. Volga region. Engineering sciences]. 2013, no. 1 (25), pp. 19–25.

4. Kozlova T. D., Samoylova E. M. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Saratov State Technical University]. 2011, vol. 3, no. 2 (58), pp. 178–183.
 5. Kozlova T. D., Ignat'ev A. A., Samoylova E. M. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Saratov State Technical University]. 2011, no. 2 (56), pp. 219–225.
-

Игнат'ев Александр Анатольевич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации, управления, мехатроники, Институт электронной техники и машиностроения Саратовского государственного технического университета имени Ю. А. Гагарина (Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77)

E-mail: atp@sstu.ru

Ignat'ev Aleksandr Anatol'evich

Doctor of engineering sciences, professor, head of sub-department of automation, control, mechatronics, Institute of Electronic Engineering and Machine Building, Saratov State Technical University named after Y.A. Gagarin (77 Politekhnikeskaya street, Saratov, Russia)

Козлова Татьяна Дмитриевна

ассистент, кафедра управления и информатики в технических системах, Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Ю. А. Гагарина (Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77)

E-mail: atp@sstu.ru

Kozlova Tat'yana Dmitrievna

Assistant, sub-department of technical systems control and informatics, Balakovo Institute of engineering, technology and control (branch) of Saratov State Technical University named after Y. A. Gagarin (77 Politekhnikeskaya street, Saratov, Russia)

Самойлова Елена Михайловна

кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматизации, управления, мехатроники, Институт электронной техники и машиностроения Саратовского государственного технического университета имени Ю. А. Гагарина (Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77)

E-mail: atp@sstu.ru

Samoylova Elena Mikhaylovna

Candidate of engineering sciences, associate professor, sub-department of automation, control, mechatronics, Institute of Electronic Engineering and Machine Building, Saratov State Technical University named after Y.A. Gagarin (77 Politekhnikeskaya street, Saratov, Russia)

УДК 004.891

Игнат'ев, А. А.

Модель базы знаний экспертной системы поддержки процесса диагностирования автоматических станочных модулей / А. А. Игнат'ев, Т. Д. Козлова, Е. М. Самойлова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2014. – № 2 (30). – С. 16–23.