

УДК 622.245.7

DOI: 10.21779/2542-0321-2022-37-4-17–23

**А.Г. Гусейнов, Х.И. Манафова**

**Разработка архитектуры системы автоматизированного программирования  
для управления гибкими производственными системами**

*Сумгаитский государственный университет; Азербайджан, AZ5008,  
г. Сумгаит, 43 квартал, ул. Баку, 1; aqil.55@mail.ru*

В данной работе рассматриваются вопросы автоматизации системы управления и повышения интеллекта гибких производственных систем. Для этого в целях обеспечения гибкости технологического оборудования и самого технологического процесса изучаются пути повышения интеллекта системы управления с целью организации процесса перехода от одного производства продукции к другому. Предлагается автоматизировать процесс разработки программ управления для обеспечения управления рабочими органами в соответствии с текущей ситуацией. Для этого формируется архитектура автоматизированной системы программирования на базе знаний производственного типа и определяются компоненты системы. Из архитектуры видно, что система организована по принципу модульности и возможен обмен информацией между разными модулями.

Подробно разъясняется принцип работы автоматизированной системы программирования и ее составных частей (подсистем). Система получает необходимую информацию от рабочих органов или активных элементов, осуществляющих технологический процесс. Эти параметры являются параметрами управления, на основании полученных значений выполняется технологический процесс, проверяются активные элементы с помощью тестовых программ, на экране монитора анимируются имитационно-графические изображения технологического процесса и отдельных устройств.

Указанные операции реализуются с использованием базы данных, сформированной из экспертных сведений о видах продукции. В зависимости от задачи, которая должна быть выполнена, из базы данных выбираются виды продукции, выстраиваются в последовательность согласно алгоритму управления и выдается управляющая команда. Алгоритм управления выбирается из базы эталонных ситуаций. Оценка выбранных в системе вариантов осуществляется с помощью подсистемы принятия решений. Применение компьютерного моделирования при реализации процесса принятия решений обеспечивает надежность управления гибкими производственными системами и отдельными их устройствами.

Ключевые слова: *гибкая производственная система, система управления, автоматизированная программируемая система, производственная система, принятие решения.*

Производство продукции различного объема и различного назначения является основной целью современных гибких производственных систем. С каждым днем они все активнее применяются в производствах и технологических процессах. Для повышения гибкости производства широко используются различные интеллектуальные средства, в том числе интеллектуальные и мобильные роботы, манипуляторы, технические системы визуализации, современные компьютеры, обладающие высокой способ-

ностью обработки информации, и другие устройства. В целях повышения рациональности и устойчивости производственного процесса, а также для сокращения времени, затрачиваемого на переход с производства одного вида продукции на другой, необходимо обеспечивать гибкость в системах управления ГПС. Это одна из главных задач, стоящих перед специалистами. Для организации систем управления ГПС имеются различные пути. Используя традиционные системы управления, нельзя решить проблему координации современных устройств с широкими возможностями в рамках одного производства или технологического процесса. Поэтому необходимо обеспечивать гибкость самих систем управления технологических процессов так, чтобы они адаптировались в соответствии с состоянием управляемых устройств, а схема управления выбиралась бы в соответствии с состоянием технологических процессов. Это позволит управлять данными процессами, несмотря на любые изменения [1–3].

Для решения данной проблемы крайне необходима автоматизация самих систем управления, то есть автоматизация создания программ управления в соответствии с существующим положением технологического процесса. Автоматизированной разработке программ для управления станками с числовым программным управлением посвящены многочисленные работы. Нами были изучены вопросы разработки систем автоматизированного программирования систем управления ГПС и построена архитектура системы автоматизированного программирования для систем управления ГПС [4; 5].

На рисунке изображена архитектура системы автоматизированного программирования системы управления ГПС (САП СУ). В архитектуру включены подсистемы обработки информации, экспертная система, подсистема анализа ситуаций, подсистема принятия решения и интеллектуальный интерфейс. Как видно из подсистемы, система организована в соответствии с принципом модульности, что дает возможность осуществлять информационный обмен между различными модулями (подсистемами).

Подсистема обработки информации принимает данные от рабочих органов, являющихся составной частью гибкой производственной системы, в том числе от активных элементов, роботов и манипуляторов, транспортных систем, нестандартных устройств и др. [5; 6]. Принятые данные собираются и анализируются, их непротиворечивость проверяется специальными алгоритмами.

Подсистема обработки информации также на основании проанализированных сведений полностью или по отдельности изучает состояние различных устройств участка гибкого производства и определяет реальные условия производства и технологического процесса. То есть выявляет, какая была выполнена работа, и в результате анализа определяет рабочую способность технологического процесса и различных устройств, различные недостатки, проблемы в технологическом процессе и другие вопросы, связанные с ю производством продукции. В результате обработки данных оцениваются основные параметры управления устройствами и общего технологического процесса в соответствии с реальными условиями. Данные параметры являются параметрами управления, на основании их значений осуществляется управление технологическим процессом, выполняется проверка устройств, проверяются тестовые программы, на экране монитора создаются имитации и графические изображения технологического процесса и отдельных устройств [7]. Одним из основных компонентов, входящих в архитектуру САП, является экспертная система. Основной целью экспертной системы

является формирование базы данных о составляющих управление ГПС и входящих в него активных элементах. Экспертные системы, организованные для управления ГПС, в основном оперируют данными продукционно-изобразительной модели. Данные высококвалифицированных специалистов, хорошо знающих систему управления ГПС, формируются в виде продукции и вводятся в экспертную систему. Введение названия продукции, условий и результата в систему является одной из важных задач.



Рис. Архитектура системы автоматизированного программирования управления

Виды продукции отражают различные ситуации в системе управления. Все виды продукции и параметры, необходимые для управления ГПС, и отношения между ними заранее изучаются и уточняются в пределах возможностей эксперта. Заполнение экспертной системы видами продукции, исправления, в том числе редактирование, включение новых видов в базу, удаление из базы морально устаревших видов продукции и другие подобные работы выполняются с помощью специальных программ экспертной системы.

Другим основным компонентом, входящим в экспертную систему, является база эталонных ситуаций. Сведения, входящие в данную базу, имеют несколько иной харак-

тер. База эталонных ситуаций является обобщенной формой знаний на основании изучения множества видов продукции. С ее помощью также осуществляется управление в соответствии с реальностью, предусмотренной заранее, технической системой, технологическим процессом и по отдельности активными элементами. Данную базу можно считать базой альтернативных решений. Информация о множестве видов продукции, относящихся к каждому варианту управления, хранится в данной базе или выбирается и регулируется последовательностью согласно составу из базы данных о продукции в соответствии со структурой (составом) управления. Последовательность регулированных знаний, хранимых в базе эталонных ситуаций, и принятие решений играют важную роль в процессе производства.

Сведения в базе данных могут быть изображены в структуре, имеющей иерархические уровни. В таком случае на самом низком уровне размещаются данные, необходимые для управления только одним активным элементом, на высших уровнях – сведения, используемые для управления узлами из активных элементов или частями, выполняющими отдельные работы технологического процесса, или информация о продукции, обеспечивающая полное управление ГПС. Организация базы данных о видах продукции с иерархической структурой облегчает разработку анализа технологических процессов [7; 8]. После обработки информации, принятой от рабочих органов, активных элементов, определяется реальное состояние технической системы и активных элементов, являющихся ее отдельными составными частями. Определяется последовательность управления на основании реального положения. Данная последовательность сравнивается с вариантами в базе эталонных ситуаций. Из базы эталонных ситуаций выбирается один из вариантов, соответствующий реальному положению. Затем делается выбор из базы данных одного из видов продукции, соответствующего данному варианту управления.

В соответствии с процессом экспертного управления автоматизированное выполнение определения последовательности производства продукции может быть признано автоматизированным программированием системы управления. Значения параметров видов продукции передаются для управления элементами ГПС на основании установленной или принятой последовательности [9; 10].

Одной из основных подсистем САП ИС является подсистема принятия решений. В результате работ, выполненных данной системой, управляются устройства и технологический процесс ГПС.

Необходимо отметить, что в некоторых случаях структура управления системы в соответствии с реальным положением может отсутствовать в базе эталонных ситуаций. В таком случае могут рассматриваться различные модификации структур эталонного управления, размещенных в базе, либо разрабатывается новая структура управления. При этом необходимо использовать экспертные знания. Переработанная структура вводится в базу эталонных ситуаций. Как видно, выбрать вариант для управления ГПС довольно сложно, так как необходимо избежать возникновения противоречий в процессе управления. Для этого нужно оценить выбранные варианты, а это является одной из основных функций подсистемы принятия решений. Оценка выбранных вариантов выполняется на основе данных о весовых функциях параметров и критериев производительности, включенных в данные варианты.

Во всех случаях выполняется компьютерное моделирование конечного результата. Изображение технологического процесса, технологических устройств и последовательность выполняемой ими работы моделируются на экране с помощью графических элементов. С помощью имитационных моделей наблюдается управление техно-

гическим процессом на основании выбранного варианта, изучаются недостатки в работе технологических устройств и решаются вопросы синхронизации и координации с помощью компьютерного моделирования. Применение компьютерного моделирования в процессе принятия решений обеспечивает надежное управление ГПС и его отдельными устройствами [11; 12].

Одним из основных средств, входящих в САП, является интеллектуальный интерфейс, который обеспечивает коммуникацию между подсистемами, обращение к базам, общение с пользователями и др.

Как видно, автоматизированная система программирования управления предназначена для выполнения разных функций в разных условиях.

Работа данной системы осуществляется в ниже перечисленных режимах:

- организация процесса занесения сведений о видах продукции в базу;
- удаление устаревшей информации из базы данных;
- изменение любых сведений о видах продукции или их групп в базе данных;
- организация гибкой производственной системы, включающей гибкий производственный модуль, управление активными элементами и для этой цели – соответствующего управления выбором видов продукции из базы данных;
- выбор видов продукции из базы данных с целью настройки (проверки) гибкой производственной системы и ее отдельных элементов;
- организация симуляций и графического моделирования объектов управления на экране монитора;
- проверка того, что сведения о видах продукции, размещенные в базе данных или отобранные из базы для любых целей, не противоречат друг другу;
- прием и анализ информации по реальным условиям технологического процесса;
- режим процесса принятия решений и отправка на объекты управления полученного в результате управленческого решения для управления технологическими процессами.

При занесении продукционного правила в базу знаний кроме основной части продукционного правила "ЕСЛИ... ТО..." указывается порядковый номер продукционного правила, номер иерархического уровня, на котором находится продукционное правило, значение, характеризующее прикладное пространство продукции, идентификатор продукции, продукционное условие, описывающее процедуру, которую необходимо выполнить после того, как продукция будет произведена, и т. д. Внесение перечисленных сведений в базу данных помогает организовать процесс выбора из нее продукционных правил.

### **Заключение**

1. Разработана архитектура автоматизированной системы программирования на основе базы данных производственного типа и определены ее компоненты систем.
2. Определен принцип работы автоматизированной системы программирования и ее составных подсистем, где на основе полученных значений выполняется технологический процесс, проверяются активные элементы с помощью тестовых программ.
3. Созданы базы данных на основе экспертных сведений с описанием видов продукции по эталонным ситуациям, откуда отправляется управляющая команда и дается оценка с помощью подсистемы принятия решений.

### Литература

1. Гаврилюк Е.А., Манцеров С.А. Управление техническим состоянием сложных систем на основе нечеткой модели // Автоматизация процессов управления. 2018. № 1 (51). – С. 91.
2. Талыбов Н.Г., Гусейнов А.Г. Разработка средства автоматизации моделирования интеллектуальной системы управления гибкой производственной системой // Проблема сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 2. – С. 104–110.
3. Зальмарсон А.Ф., Васильев В.А., Елецкий М.И. и др. Общесистемные показатели эффективности автоматизированных систем управления (программно-аппаратных комплексов) // Автоматизация процессов управления. 2018. № 3 (53). – С. 11.
4. Волков М.В., Филиппов Р.Н. Анализ основных характеристик, определяющих эффективность автоматизированных систем управления и методов их оценки // Вестник ВГТУ. 2009. № 3. – С. 15–19.
5. Халяпов Т., Староверова Н. Разработка управляемого робота «ХТР-М» // Вестник ЮрГУ. Сер.: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2016. Т. 16, № 2. – С. 142–144.
6. Гусейнов А.Г., Талыбов Н.Г., Манафова Х.И. Разработка средства автоматизации моделирования интеллектуальной системы управления гибкой производственной системой // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 2 (108). – С. 104–110.
7. Талыбов Н.Г., Гусейнов А.Г., Мустафаев В.А., Салманова М.Н. Моделирование динамически взаимодействующих процессов с применением нечетких временных сетей Петри // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. Т. 13, № 2. – С. 48–54.
8. Гусейнов А.Г., Талыбов Н.Г. Разработка системной модели технического объекта при концептуальном проектировании. Нефтегазовое дело. 2017. Т. 15, № 2. – С. 1–4.
9. Ghuseynov A., Talibov N., Mammadov J., Manafova X., Tagiyeva T. Intellectuality procedures of systematical designing process // International journal of computer science and Information Security. 2017. Vol. 14, no. 10. – Pp. 147–153.
10. Huseynov A.H., Mammadov J.F. Algorithm of Logical option at the draft designing stage of technical object // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. 2015.06 (26) – Pp. 39–42.
11. Hüseynov A.H. Intellekt elementlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinə tətbiqi. İnformasiya sistemləri və texnologiyalar: nailiyyətlər və perspektivlər, II Beynəlxalq Elmi Konfrans. 09–10 iyul, 2020. – Səh. 255–257.
12. Huseynov A.H., Mammadov J.F. (2012). Application of agent technology at computing option of flexible manufacture system element and composes structure // International science-practical conference Science, Technology and Higher Education. – Canada, 2012, 11–12 December. Pp. 454–460.

Поступила в редакцию 9 октября 2022 г.

UDK 622.245.7

DOI: 10.21779/2542-0321-2022-37-4-17–23

## **The Architectural Development of the Automated Control System for Flexible Manufacturing Systems**

*A.H. Huseynov, X.I. Manafova*

*Sumgait State University; Azerbaijan, AZ5008, Sumgait, 43 block, Baku st., 1; aqil.55@mail.ru*

The article focuses on the issues of automating the control system and increasing the intelligence of flexible production systems. To ensure the flexibility of technological equipment and the technological process itself, some ways of increasing the intelligence of the control system are simultaneously studied in order to organize the process of transition from one production to another. It is proposed to automate the process of obtaining control programs to ensure the control of working bodies in accordance with the current situation. To do this, the architecture of an automated programming system is developed on the basis of a production-type knowledge base and the components of the system determined. It can be seen from the architecture that the system is organized according to the principle of modularity and it is possible to exchange information between different modules.

The principle of operation of an automated programming system and its components (subsystems) is explained in detail. The system receives the necessary information from the working bodies or active elements, making up the technological process. These are the control parameters; on the basis of the reported values, the technological process is performed, active elements are checked using test programs, and simulation-graphic images of the technological process and individual devices are animated on the monitor screen.

These operations are implemented using the database and the expert knowledge of the product description model. According to the situation that must be performed, the products are selected from the database, lined up in sequence according to the control algorithm, and a control command is issued. The control algorithm is selected from the base of reference situations. The evaluation of the options selected in the system is carried out using the decision-making subsystem. The use of computer simulation in the implementation of the decision-making process lays the foundation for the reliable control of flexible production systems and their individual devices.

*Keywords: flexible manufacturing system, management system, automated programming systems, production systems, the adoption of the solution.*

*Received 9 October 2022*