

УДК 004.8:004.89



ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В САПР ТП НА МЕЛКОСЕРИЙНЫХ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Г. А. Фролова

Харьковский Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина
Frolova.Galka@gmail.com

Выполнен обзор и анализ интеллектуальных возможностей современных автоматизированных систем технологической подготовки производства (САПР ТП) на современных приборостроительных предприятиях. Рассмотрены проблемы внедрения информационных технологий, выделены задачи технологической подготовки производства, которые требуют автоматизации. Предлагается использовать методы инженерии квантов знаний для решения слабоструктурированных задач принятия решений в системах автоматизации технологической подготовки производства.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ,
ИНЖЕНЕРИЯ ЗНАНИЙ, КВАНТОВЫЙ МЕТОД

Введение

Технологическая подготовка производства (ТПП) является сложным процессом, от эффективного выполнения которого во многом зависит не только трудоемкость и стоимость технологической подготовки запускаемого изделия, но и стоимость изготовления самого изделия. По-новому организовать ТПП, сократить время и стоимость ТПП, повысить качество принимаемых решений позволит использование современных информационных технологий. В связи с большим количеством систем автоматизированного проектирования, предлагаемых рынком в настоящее время, все большую актуальность приобретают вопросы, связанные с оптимальным выбором конкретных программ. Большинство систем оказывают значительную помощь в конструкторской подготовке производства, автоматизируют рутинные процессы технологической подготовки производства, но творческие задачи остаются за бортом. В настоящее время мало работ, посвященных вопросам автоматизации ТПП на базе информационных технологий, ориентированных на знания [1], что и определяет актуальность данной статьи.

Цель данной статьи состоит в обзоре и анализе интеллектуальных возможностей современных автоматизированных систем технологической подготовки производства (САПР ТП).

1. Состояние проблемы автоматизации технологической подготовки мелкосерийного приборостроительного производства в современных условиях

В настоящее время заметно возрос интерес предприятий к системам управления технологической подготовкой производства. Украинские предприятия столкнулись с проблемой выбора подходящего средства для своей инфраструктуры. Очевидно, что из имеющихся на рынке систем целесообразно выбрать ту,

которая наиболее эффективно сможет решать задачи предприятия как в настоящий момент, так и в перспективе. Мощные системы автоматизированного проектирования, такие как CATIA, UNIGRAPHICS создаются за рубежом, но не могут помочь из-за несоответствия принципам работы с традиционными бумажными элементами, регламентируемыми ЕСКД/ЕСТД, англоязычностью, неприемлемо высокой стоимостью решений. Таким образом, в решении вопросов автоматизации или поддержки решений технолога при проектировании технологических процессов (ТП) ни одна зарубежная система помощи оказать не может. Они обеспечивают описание геометрических форм, образмеривание, генерацию спецификаций. Но проектирование технологии обработки детали перекладывается на технологов.

Современные российские программные средства автоматизации подготовки производства, использующиеся на приборостроительных предприятиях, представлены следующими системами:

- ВЕРТИКАЛЬ — система автоматизированного проектирования, разработанная российской компанией «АСКОН», для конструкторско-технологической подготовки производства с возможностями оформления технологической документации.
- ADEM (англ. Automated Design Engineering Manufacturing) — российская интегрированная CAD/CAM/CAPP система предназначена для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП).
- SprutTP - система предназначена для информационной поддержки процесса технического проектирования и автоматизации разработки технологических процессов от компании ЗАО «СПРУТ-Технология».
- T-FLEXТЕХНОЛОГИЯ (T-FLEX/ТехноПро) — система автоматизированного проектирования, разработанная компанией «Топ Системы», с возмож-

ностями решения задач технической подготовки производства в различных отраслях промышленности.

- **TECHCARD** — универсальная система автоматизации технологической подготовки производства, разработанная Intermech (авторизованный разработчик и системный центр компании Autodesk). TECHCARD может работать с эскизами, созданными в AutoCAD, AutoCAD LT, SolidWorks и в любой другой системе, являющейся OLE-сервером

- **APM Technology** — система автоматизированного расчета и проектирования в машиностроении и строительстве комплекса APM WinMachine.

- **Pro/ENGINEER** — система автоматизации деятельности конструкторов и технологов при разработке и проектировании технологических процессов новых изделий компании Parametric Technology Corporation (PTC).

Таким образом, необходимо, учтя специфику мелкосерийного приборостроительного производства, проанализировать рынок современных автоматизированных систем.

Технологическая подготовка производства изделий на каждом предприятии имеет свои особенности, поэтому подсистемы ТПП каждой компании являются уникальными, хотя и реализованы на базе общих принципов, зафиксированных в соответствующих стандартах ЕСТПП, ЕСКД, ЕСТД и так далее.

Для ТПП на мелкосерийном предприятии принципиальное значение имеют следующие взаимосвязанные факторы: тип производства, преобладание того или иного вида технологического процесса, номенклатура технологических операций и другое.

Это связано, прежде всего, со спецификой мелкосерийного производства (новизна и сложность изделий, многоменклатурность, сжатые сроки изготовления, а также высокие требования к качеству изделий), которая накладывает дополнительные условия на процесс производства.

Технолог при разработке технологического процесса использует ГОСТы, большое количество нормативных документов и справочной информации (альбомы технологической оснастки, классификаторы, метрологические данные и другое)

Разработка технологических процессов — это, с одной стороны, интеллектуальное творчество [2], а с другой — гигантская рутинная работа по составлению комплектов документов.

Во время развития информационных технологий знания становятся ценнейшим достоянием [1-2]. Профессиональные знания технологов являются их интеллектуальным базисом для принятия технологических решений на основе их профессионального опыта и знаний о текущем состоянии предприятия. Совершенно естественно, что эффективная разработка технологических процессов возможна только на основе спо-

ра, обработки и анализа соответствующей достоверной информации технологами предприятия. В результате этих интеллектуальных операций с информацией создаются ТП, которые в виде определенной структурированной информации могут храниться в соответствующих базах знаний и базах данных. Это необходимо для того, чтобы накопленный положительный опыт находил отражение в базе знаний [3] системы и был доступен для всех, в том числе и для новых сотрудников. Для достижения этой цели нужно предоставить возможность сохранять технологический опыт в системе. Такую возможность и обеспечивают методы искусственного интеллекта. Поэтому сокращение времени подготовки производства, снижение себестоимости продукции и увеличение объемов/номенклатуры выпуска изделий происходит за счет поддержки принятия решений при разработке ТПП.

В силу названных причин возникает необходимость использования при ТПП, наряду с традиционными средствами автоматизации, методов и средств искусственного интеллекта, в частности, в форме знаниеориентированных систем принятия решений [4, 6]. Поэтому при анализе современных систем автоматизации ТПП особое внимание будет уделено их интеллектуальным возможностям.

2. Анализ системы ВЕРТИКАЛЬ

САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ [7] является частью комплекса систем компании АСКОН, таких как КОМПАС-3D, ЛОЦМАН-Технолог и других. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ может работать как в комплексе с этими системами, так и автономно.

Проектирование ТП в системе осуществляется в различных режимах. Технологию предоставляется возможность выбора оптимального сочетания режимов проектирования, взаимодополняющих друг друга. Одним из основных режимов проектирования технологического процесса является режим проектирования на основе техпроцесса-аналога. А также в системе ТП ВЕРТИКАЛЬ пользователь может оперировать конструкторско-технологическими элементами. Они объединяют конструкторскую и технологическую информацию об элементах, из которых состоит деталь. Для отображения конструкторско-технологической информации служат дерево конструкторско-технологических элементов [7, 9] и панель для отображения планов обработки.

Формирование дерева конструкторско-технологических элементов [9] осуществляется с помощью специальной библиотеки, в которой конструктивные элементы связаны с типовыми технологическими планами их обработки. Библиотека содержит инструменты визуализации и быстрого поиска необходимых элементов. Эта библиотека представляет собой базу знаний, а создание новой версии объекта на основе имеющихся данных об изделии — процесс принятия решений.

3. Анализ системы ADEM

ADEM [8] был создан как единый продукт, включающий в себя инструментарий для проектантов и конструкторов (CAD), технологов (CAPP) и программистов ЧПУ (CAM). Поэтому он содержит нескольких различных предметно-ориентированных САПР под единой логикой управления и на единой информационной базе.

Наличие русскоязычной версии, поддержка стандартов ЕСКД, ANSI, многофункциональность системы, совместно с интуитивно понятным интерфейсом делают возможным ее применение как в конструкторских бюро, так и непосредственно на производстве.

В системе ADEM можно создавать маршрутные, операционные, маршрутно-операционные ТП [8, 10]. Причем большое количество вспомогательной информации технолог может почерпнуть из конструкторских и технологических библиотек. Например параметрическая библиотека содержит таблицу параметров. Каждая строка таблицы параметров — это вариант исполнения элемента, а каждому столбцу выбранного исполнения соответствует размер чертежа. Так же в системе представлены непараметрические библиотеки, которые содержат элементы стандартного размера. Как правило, это библиотеки для создания схем. В модуле ADEM CAM используются библиотеки режущего инструмента, базы данных материала с его свойствами. По свойствам материала система рассчитывает либо выбирает из базы данных режимы резания.

Вся имеющаяся информация хранится в базе данных и представляет техпроцесс в виде структуры этих данных. Для пользователя работа с системой проектирования техпроцессов состоит в создании сценариев работы технолога (интеллектуальная часть) и в последующем выполнении действий по выбранному сценарию (рутинная часть).

Система ADEM позволяет создать библиотеки, в которых пользователь может задействовать сложные расчеты, выполнять запросы к базам данных, заносить результаты в поля диалогов и многое другое [8]. Но для работы с системой ADEM технолог должен знать встроенный язык программирования системы, иметь навыки инженера по знаниям, так как систему необходимо предварительно обучить. Это потребует дополнительных временных затрат на обучение специалиста, получение знаний и затем на обучение системы.

4. Анализ системы СПРУТ

Инструментальная среда СПРУТ [10, 17] содержит полный набор инструментальных средств, необходимых для разработки конструкторских и технологических САПР.

Рассмотрим укрупненную структуру СПРУТ. Для описания структуры и характеристик объекта проектирования разработано соответствующее визуальное

интерактивное средство описания объекта в виде графа И/ИЛИ с возможными заменами и описанием свойств каждой структурной единицы. Описание структуры объекта проектирования — задача предметного специалиста, далеко не всегда владеющего программированием. Поэтому пользователю предлагается удобное интерактивное средство, требующее (разумеется, помимо экспертных знаний), только умения владеть мышью и клавиатурой. Объект при этом может постоянно изменяться и дополняться пользователем по мере необходимости в процессе развития системы. Для создания баз знаний или методик расчетов предметному специалисту предлагается инструмент, позволяющий в удобном для него виде непосредственно описывать методики расчета. При описании методик могут использоваться, в частности, таблицы, графики, монограммы и тому подобное. При этом в системе СПРУТ [17] поддерживается естественная форма описания методик и алгоритмов выполнения всех этапов проектирования изделия. Однако на практике часто возникают ситуации, когда справочные материалы, используемые для описания методик расчета, содержат ошибки в виде опечаток, своевременно выявить которые могут только предметники. Поэтому необходимо предусмотреть контроль и анализа ошибок, допущенных на стадии описания, и утверждения окончательного варианта руководством.

А также СПРУТ [10, 17] предлагает проводить мероприятия по реструктуризации предприятия, что требует кардинального изменения в сложившихся за десятилетия правилах организации работ предприятия

5. Анализ системы T-FLEX ТЕХНОЛОГИЯ

T-FLEX [11] Технология обеспечивает автоматизированную разработку ТП, а также маршрутной, маршрутно-операционной и операционной технологии.

В системе заложена возможность обучения пользователем и самообучение на примерах конкретного производства. Процесс проектирования технологом в системе T-FLEX Технология заключается в заполнении или редактировании содержимого полей экранных форм, выбору элементов из таблиц, справочников системы и работе с параметрическими чертежами из информационной базы системы.

Информационная база [11] T-FLEX Технология содержит большое количество справочников по составляющим технологических процессов. Это — наименования операций, оборудование, приспособления, вспомогательные материалы, тексты переходов, режущие, измерительные, вспомогательные инструменты, заготовки, комплектующие для сборочных технологических процессов и так далее. К каждому типу технологического оснащения в информационной базе можно добавлять параметры, признаки классификации и иллюстрации. Имеются средства поиска и ускоренно-

го подбора оснащения по различным условиям, а также механизмы фильтрации данных.

Рабочее окно системы T-FLEX Технология обеспечивает отображение маршрута обработки, справочников и расчетов в виде дерева [10, 11]. Данные по технологическому процессу, операциям и переходам структурированы на соответствующих закладках. Переход содержит все параметры поверхностей, которые можно ассоциировать с размером на чертеже или эскизе.

Деятельность технолога строится исходя из принципа «смотри и выбирай» [11]. При этом от технолога требуется: понимание сути процессов ТП, умение управлять системой. Процесс проектирования ТП сводится к заполнению или редактированию содержимого полей экранных форм, выбору элементов из таблицы. Вся остальная работа выполняется в автоматическом режиме.

6. Анализ системы TECHCARD

Одной из составляющих информационного обеспечения системы TECHCARD [12] является база данных технологического назначения, в которой предусмотрено наличие единых каталогов по материалам, операциям, оборудованию и его размещению, а также различных каталогов по переходам, оснастке, типовым технологическим процессам и справочникам.

В состав системы TECHCARD входит полномасштабная экспертная система TECHEXP, которая позволяет организовать произвольные расчеты с использованием математических формул и технологических таблиц.

Например необходимо произвести расчет некоторых параметров по формулам. В большинстве случаев не удастся ограничиться одной, которая была бы всегда верна. Для этого формулы сопровождаются условиями, чтобы экспертная система смогла правильно выбрать нужную формулу в конкретном случае. Каждое условие представляет собой особую формулу, которая возвращает логический результат: «ДА», если условие выполняется, в противном случае — «НЕТ». При необходимости система выберет ту формулу, условие которой выполняется [13].

Если формула, которая могла бы определить зависимость результата от исходных параметров, не найдена, то необходимо воспользоваться технологическими таблицами (аналогичные таблицам, приведенным в технологических справочниках).

По известной информации экспертная система обеспечивает поиск необходимых параметров [12, 13]. Но формула для расчета необходимого параметра может включать в себя несколько других параметров, которые также неизвестны и которые могут быть рассчитаны по другим формулам или таблицам, тогда этот поиск может быть очень сложным и запутанным. Такой процесс вычисления некоторого параметра и называется в TECHEXP выводом решения, а совокуп-

ность расчетных формул, таблиц и условий представляет собой базу знаний.

Рядовой пользователям [13] TECHEXP может настроить систему в режиме трассировки, воспользовавшись подробным списком необходимых действий предложенных системой. Однако компьютер будет выдавать правильные результаты только в том случае, если в него введут правильные знания (формулы, таблицы, условия и так далее.). Неверные знания, естественно, приведут к получению неверных результатов. Хотя система TECHCARD и позволяет создать единую интегрированную программную и информационную среду применительно к различным видам производства, но на практике это требует значительной перенастройки под конкретное предприятие, а также обучения пользователей для работы с экспертной системой TECHEXP [12, 13].

Систему TECHCARD можно использовать в технических отделах как крупных предприятий, так и небольших производственных организаций.

7. Анализ системы APM TECHNOLOGY

APM Technology [14] содержит в себе базу данных, в которой можно найти всю необходимую информацию: о типовых технологических процессах, операциях, материалах, приспособлениях, режущих инструментах и другом.

APM Technology предоставляет возможность настройки баз данных в соответствии с номенклатурой оборудования, технологической оснасткой и другой справочной информацией, используемой на данном предприятии [14, 16].

Технологическая информация в проекте представлена в виде дерева объектов, названия которых совпадают с названиями основных компонентов технологического процесса (операция, переход, приспособление, режущий инструмент, средства измерения и так далее.).

Как правило, разработка технологического процесса осуществляется не с нуля, а на основе технологического процесса-аналога (технологического процесса детали похожей конструкции) или типового технологического процесса, типовых операций и переходов [16]. Текст перехода при разработке операций система формирует автоматически, в зависимости от выбранного типа обрабатываемой поверхности и метода обработки. Поддерживается возможность копирования не только ТП целиком, но и различных его частей, например объектов «Операция», «Переход», «Вспомогательный материал», «Приспособление», «Режущий инструмент» и так далее. Это позволит избежать повторения уже выполненных ранее действий (при разработке других ТП), а следовательно, ускорит процесс разработки за счет используемых на предприятии наработок [14, 18].

8. Анализ системы Pro/ENGINEER

САПР Pro/ENGINEER [15] изначально ориентирована на автоматизацию деятельности конструкторов и технологов, сокращение времени разработки новых изделий и сроков подготовки производства.

В базе данных системы Pro/ENGINEER создаются уникальные записи относительно оборудования и его типа, инструмента, операции, материалов, цеха, используемых режущих, мерительных и вспомогательных инструментов.

Причем в базе данных указывается не только название инструмента, но также тип оборудования, на котором этот инструмент может применяться. Аналогичным образом представлена информация об оборудовании – указывается цех, в котором находится оборудование, а также его тип. В информации о станке указывается тип выполняемой на нем операции.

Благодаря такой структуре базы данных, проектирование ТП осуществляется при помощи многочисленных справочников. В Pro/ENGINEER существует возможность автоматического переноса обработки с одной детали на другую [15]. Для этого необходимо экспортировать созданную обработку в свою библиотеку, а затем, при необходимости, импортировать ее на другую деталь. При этом на новую деталь автоматически переносятся все переходы с определенными режимами резания и весь инструмент, то есть весь отработанный ТП целиком. Существует возможность корректировать любой объект. В некоторых случаях возможно автоматизировать даже передачу ссылок на новую обработку, например путем использования одного и того же имени контура в шаблоне и в новой детали. Указанная возможность может значительно сократить время разработки и обеспечить более качественную обработку за счет применения уже отработанных на конкретном предприятии технологий [15].

9. Возможности применения интеллектуальных методов в ТПП

В результате проведенного анализа было выявлено, что большинство САПР технологической подготовки производства, в силу своей специфики, не являются коробочным программным продуктом. Для нормальной работы с подобными системами необходимо провести целый комплекс настроечных мероприятий в соответствии с требованиями определенного производства. В основном это связано с использованием различного оборудования, технологической оснастки, методов обработки, разнообразных методик к назначению режимов обработки, а также с иной спецификой производств.

Известные САПР объединяет одно свойство: крайне низкий уровень их интеллектуального развития. Они не способны самостоятельно принять ни одного технического решения и в руках инженера, принима-

ющего все решения, являются не более чем усовершенствованным справочником. Таким образом, все богатство инженерных знаний остается в книгах и, по мере способностей и опыта, в человеческих головах. Но люди приходят и уходят, унося из фирм их бесценные сокровища – инженерный опыт. Квалификация современных конструкторско-технологических САПР – это уровень техника-чертежника, а должна она соответствовать уровню ведущего технолога.

При имеющихся достоинствах рассмотренных САПР остается открытым вопрос о том, когда технолог нуждается в интеллектуальной поддержке, какие знания, сколько и из каких источников нужны для решения поставленной задачи, как оценить качество базы знаний. Система не ведет технолога при проектировании ТП, отсутствуют обученные БЗ для поддержки принятия технологических решений.

Путь решения вышеперечисленных проблем [5, 6] в интеллектуальных САПР ТП, которые призваны помогать технологу принимать решения в условиях многокритериального выбора и неопределенностей, обусловленных неполнотой и нечеткостью данных, преобладанием качественных характеристик производственных ситуаций, недостаточной логической и вероятностной определенностью последствий принимаемых решений. Такие проблемы называются слабоструктурированными или плохоформализованными. Для решения подобных проблем необходимо использовать средства и методы инженерии знаний.

Существующие искусственные нейронные сети и методы инженерии знаний, основанные на логических, продукционных, фреймовых и других моделях знаний, недостаточно эффективны из-за несовершенства способов представления и машинного способа манипулирования ими [1-3]. Тем не менее, знаниеориентированное направление остается актуальным в моделировании интеллектуальных умений человека успешно принимать решения в различных условиях неопределенности, благодаря человеческой интуиции и знаниям.

Особенности рассматриваемого процесса ТПП [4] требуют реализации в модели свойства активности знаний, возможности отражения в базе знаний структурных отношений объектов, возможности оперирования нечеткими знаниями, учета различных неопределенностей, использования многоуровневых представлений (данные, модели, метамодели и так далее).

В этом направлении профессор И. Б. Сироджа предложил квантовый подход к инженерии знаний, реализованный посредством разработанного метода разноразностных алгоритмических квантов знаний (РАКЗ-метод) для принятия идентификационных и прогнозных решений в условиях неопределенности [5, 6].

Идея квантового подхода кроется в новой формализованной структуризации (автоматическом квантовании) информации для компьютерного воспроизведе-

ления умозаключений и рассуждений средствами математической логики и теории алгоритмов [5]. Понятие кванта знаний, то есть k -знания определяется аксиоматически как алгоритмическая структура 0-го, 1-го и 2-го уровней сложности, которая описывает конкретное событие порцией (квантом) информации в виде высказывания и содержит три составляющие: содержательную (семантика), информационную (символы) и процедурную (операторы, алгоритмы). Если квантовому событию можно поставить в соответствие число, то имеем k – знания 0-го уровня, если кортеж чисел (вектор) или матрицу, то k -знания имеют 1-й или 2-й уровень соответственно независимо от типа условий неопределенности. Введенные k -знания представляются множественными, аналитическими, векторно-матричными квантовыми моделями. При этом средством РАКЗ- метода реализуется алгоритмизация РАКЗ- моделей представления знаний и дедуктивного вывода следствий из посылок, опираясь на базу k -знаний (БкЗ), которая строится индуктивно при обучении на примерах [5]. Такое структурирование k -знаний позволяет привлекать для анализа, синтеза и машинного манипулирования k -знаниями богатый математический арсенал алгебраических операторов. Поэтому предлагается использовать методы инженерии квантов знаний для решения слабоструктурированных технологических задач.

Таким образом, можно обеспечить представление процесса ТПП, извлечение, формализацию технологических знаний с помощью построения квантовых моделей для эффективного манипулирования имеющимися знаниями и логического вывода решений.

Выводы

Анализируя интеллектуальные возможности, реализованные в системах ВЕРТИКАЛЬ, ADEM, SprutTP, T-FLEX ТЕХНОЛОГИЯ, TECHCARD, APM Technology Data, Pro/ENGINEER, можно сделать вывод, что под накоплением технологического опыта подразумевается использование типовых и групповых технологических процессов, представление в электронном виде информации, содержащейся в ГОСТах, технологических справочниках, классификаторах, нормативной документации и другое. Под обучением в этих системах понимается возможность внесения информации о новом технологическом процессе для последующего использования и редактирования, а также редактирования расчетных формул и записей данных. А процесс принятия технологических решений заключается в выборе по технологии «смотри и выбирай» из имеющихся данных операций технологического процесса.

Лишь в некоторых системах, таких как СПРУТ ТП и T-FLEX ТЕХНОЛОГИЯ, используется аппарат инженерии знаний. Моделирование и манипулирование знаниями основано в этих системах на классических

моделях представления знаний – продукционных, семантических сетях.

В качестве нового решения проблемы интеллектуализации САПР ТП автор предлагает для представления знаний технологов по разработке ТП и манипулирования ими использовать квантовые средства инженерии знаний. Использование квантового подхода для создания автоматизированной знаниеориентированной системы поддержки принятия решений при разработке технологических процессов позволит эффективно организовать ТПП.

Список литературы. 1. *Рассел С., Норвиг П.* Искусственный интеллект: современный подход (AI: A Modern Approach). – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1408 с. 2. *Джарратано Дж., Райли Г.* Экспертные системы: принципы разработки и программирование : Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1152 с. 3. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. – 384 с. 4. *Алиев Р.А., Абдикеев Н.М., Шахназаров М.М.* Производственные системы с искусственным интеллектом. – М.: Радио и связь, 1990. – 264 с. 5. *Сироджа И.Б.* Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. – К.: Наукова думка, 2002. – 490 с. 6. *Сироджа И.Б., Петренко Т.Ю.* Метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний для принятия производственных решений при недостатке или нечетких данных. – К.: Наукова думка, 2000. – 247 с. 7. Новая версия САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ V3: автоматизация технологического проектирования в едином информационном пространстве предприятия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vertical.ascon.ru>. 8. ADEM. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/ADEM>. 9. *Андриченко А.* «Вертикаль» – новое поколение технологических САПР: объектный подход. [Электронный ресурс]// САПР и графика. – № 6. – 2005. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=7515&iid=306> 10. *Евгеньев Г., Кузьмин Б., Лебедев С., Тагиев Д.* САПР XXI века: интеллектуальная автоматизация проектирования технологических процессов. [Электронный ресурс] // САПР и графика. – №4. – 2000. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=7110>. 11. *Талдыкин В.* T-FLEX Технология – современная система автоматизации технологической подготовки производства. [Электронный ресурс]// САПР и графика. – № 3. – 2006. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=16095>. 12. *Гинзбург И., Куприяничик А.* TECHCARD – самый мощный набор инструментов технолога. [Электронный ресурс]// САПР и графика. – № 6. – 2001. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=7407> 13. *Макеенко С., Саган А.* echCard 7.0 – седьмой виток развития технологической САПР от «ИНТЕРМЕХ» [Электронный ресурс]// САПР и графика – № 6. – 2001. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=16085> 14. *Макеенко С., Саган А.* APM Technology – модуль для проектирования технологических процессов. [Электронный ресурс]// САПР и графика. – №3. – 2006. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=16071> 15. *Волков А., Пасынков И., Саранчин А., Чечиков С.* Pro/TechDoc – средство разработки технологических процессов и подготовки документации по ГОСТ в системе Pro/ENGINEER. [Электронный ресурс]// САПР и графика. –

№2.–2006.–Режим доступу: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=15611>. 16. APM WinMachine 9.5. [Электронный ресурс].–Режим доступа: <http://www.csoft.vrn.ru/>.–Заголовок с экрана. 17. ЗАО «СПРУТ-Технология». –Режим доступа: <http://www.sprut.ru/index.asp>.–Заголовок с экрана. 18. APM WinMachine.–Режим доступа: <http://www.ascon.kiev.ua/cgi-bin/>. –Заголовок с экрана.

Поступила в редколлегию 19.03.2009

УДК 004.89

Проблеми організації інтелектуальної підтримки прийняття рішень у САПР ТП на дрібносерійних приладобудівельних підприємствах / Г. О. Фролова // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал.–2009.–№1(70). –С.120–126.

Зроблено огляд та аналіз сучасних систем, таких як ВЕРТИКАЛЬ, ADEM, SprutTP, T-FLEX ТЕХНОЛОГІЯ, TECHCARD, APM Technology Data, Pro/ENGINEER, а також розглянуто проблеми впровадження інформаційних технологій на сучасних дрібносерійних підприємствах. При аналізі САПР ТП розглянуто їх інтелектуальні можливості, котрі дозволяють зберігати та використовувати технологічний досвід на підприємстві. Задля збереження технологічного досвіду доцільно використовувати методи інженерії знань. Розглянуто один з можливих підходів представлення, маніпулювання знаннями та прийняття рішень –квантовий підхід.

Бібліогр.: 18 найм.

UDK 004.89

Problems of the organization of intellectual support of decision-making in CAD of technological process on the small-scale plant / G. Frolova // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. –2009. –№1(70).–P. 120–126.

The review and the analysis of modern systems, such as the VERTICAL, ADEM, SprutTP, T-FLEX TEKHNOLOGIYA, TECHCARD, APM Technology Data, Pro/ENGINEER, and also a problem of introduction of information technologies at the modern small-scale plant are considered. At analysis CAD of technological process, to give attention to their intellectual possibilities which allow to keep and make use of technological experience at the plant. For preservation of technological experience it is expedient to use methods of knowledge engineering. One of possible approaches of representation, manipulation by knowledge and decision-making - the quantes approach is considered.

Ref.: 18 items.