

УДК 004.89

Г.А. ФРОЛОВА¹, И.Б. СИРОДЖА¹, И.Е. РОССОХА²¹Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина²Харьковская государственная академия дизайна и искусств, Украина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ КВАНТОВОГО ПОДХОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Проанализирован процесс технологической подготовки производства (ТПП): его содержание, исполнители, ресурсы, необходимые для его функционирования. Рассматриваются вопросы проектирования системы поддержки принятия решений (СППР) при технологической подготовке производства (ТПП), проблема накопления и активного использования технологических знаний. Предлагается применение методов системного моделирования для описания и анализа процесса ТПП, а также использование математического аппарата инженерии квантов знаний при проектировании СППР в ТПП, позволяющего формализовать нечеткие понятия и отношения, полученные от экспертов.

Ключевые слова: системное моделирование, инженерия квантов знаний, автоматизация, ТПП, искусственный интеллект

Введение

Украинскому производству для повышения конкурентоспособности изделий необходимы гибкость и динамичность, сокращающие все временные фазы жизненного цикла изделия, в т.ч. конструкторские и технологические разработки и собственно производственный цикл [1]. В технологической подготовке производства (ТПП) [2] все больше внимания уделяется проблемам, связанным с принятием эффективных технологических решений, т.к. за счет этого достигается сокращение сроков проектирования и производства продукции. Профессиональные знания технологов являются базисом для принятия технологических решений на основе знаний о текущем состоянии предприятия, мощностях предприятия, оборудовании, процессе изготовления определенного изделия, обработке поверхностей и т.д. Одним из направлений повышения эффективности производства стало внедрение [2, 3] автоматизированных систем технологической подготовки производства (САПР ТП) таких как «Omega Production», «Stalker», «Монолит», «Фобос», «Лощман» и других. Проведенный обзор и анализ САПР ТП в [4] свидетельствует о том, что известные системы автоматизированного проектирования не способны самостоятельно принять ни одного технологического решения и в руках инженера, принимающего решения, являются не более чем усовершенствованным справочником. Использование интеллектуальных технологий [3] позволит

сохранить знания технолога в виде определенной структурированной информации для последующего использования в аналогичных ситуациях управления или анализа для соответствующего корректирующего воздействия. Поэтому особую актуальность приобретают вопросы проектирования СППР для повышения эффективности в ТПП [1 – 5].

Существуют различные подходы к проектированию экспертных систем [3-5]. Одним из наиболее эффективных является метод системного моделирования [6]. Применение этого метода позволяет описать предметную область в виде системного проекта на языке стандарта SADT (Structured Analysis & Design Technique). Ядром системного проекта [7] являются функциональная, информационная и организационная модели. Применение методов системного моделирования позволит выявить исходные данные и взаимосвязи между ними, необходимые для построения системы поддержки принятия решений при разработке ТПП.

Цель статьи заключается в применении методов системного моделирования и методов инженерии квантов знаний для построения моделей процесса поддержки принятия решений при разработке межцеховых технологических маршрутов и внутрицеховых технологических маршрутов (расцеховок).

1. Системное моделирование и СППР

Большинство украинских предприятий осознает необходимость реорганизации ТПП за счет вне-

дження новых информационных технологий и создания систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). Анализируя интеллектуальные возможности [3], реализованные в системах ВЕРТИКАЛЬ, АДЕМ, СПРУТ ТП, 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 др. 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.

В некоторых системах, таких как СПРУТ ТП и T-FLEX ТЕХНОЛОГИЯ используется аппарат инженерии знаний. Моделирование и манипулирование знаниями основаны в этих системах на классических моделях представления знаний – продукционных, семантических сетях [3-5].

При имеющихся достоинствах рассмотренных САПР ТП 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 задач [3-5] в интеллектуальных САПР ТП, которые призваны помогать технологу принимать решения в условиях многокритериального выбора и неопределенности, обусловленных неполнотой и нечеткостью данных, преобладанием качественных характеристик производственных ситуаций, недостаточной логической и вероятностной определенностью последствий принимаемых решений. Такие задачи называются слабоструктурированными или плохоформализованными. Для решения подобных задач необходимо использовать средства и методы инженерии знаний.

Ключ к созданию интеллектуальных САПР ТП – в систематизации и совершенствовании методов анализа проблемной области. Процесс ТПП на каждом предприятии имеет свои особенности, поэтому подсистемы ТПП каждого предприятия являются уникальными, хотя реализованы на базе общих принципов, зафиксированных в соответствующих стандартах ЕСП, ЕСКД, ЕСТД [1 – 2].

Известно, что одним из принципов построения моделей сложных систем является принцип много-модельности [8]: никакая единственная модель не может с достаточной степенью адекватности описывать различные аспекты сложной системы. Это означает, что проектирование модели сложной системы, такой как интеллектуальная система поддержки принятия технологических решений при разработке технологических процессов, допускает некоторое число взаимосвязанных представлений, описанных ниже. Системный анализ ТПП производственного предприятия согласно SADT-методологии предполагает исследование в трех направлениях: информационном, функциональном и организационном.

При помощи функционального анализа [6 – 8] выясняются функциональные связи, последовательность выполнения функций, задач, подзадач. В основе данного анализа положен принцип многоуровневого рассмотрения ТПП: на основе декомпозиции каждая функция разделяется на задачи, а те, в свою очередь, разделяются на подзадачи. Разработка и анализ функциональной модели деятельности предприятия позволяет достаточно глубоко погрузиться в предметную область, выявить процессы принятия решений, используемые на предприятии, определить информационные потоки, выявить узкие места в деятельности предприятия и т.д.

Исследованием информационных потоков для определения взаимодействия между подразделениями, функциональными компонентами ТПП и состава передаваемой документации занимается информационный анализ [6 – 8]. В ТПП основой для создания информационной модели являются входящие и выходящие информационные потоки функциональной модели.

Организационный анализ [6 – 8] предназначен для построения организационной структуры предприятия, имеющей иерархическую природу. В организационной структуре отражается состав подразделения, информация о руководителе и составе исполнителей.

Для функционального анализа процесса ТПП целесообразно использовать IDEF0 диаграммы. Выбор стандарта IDEF0 обусловлен тем, что методология SADT положена в его основу.

В качестве инструментальных средств для информационного, функционального и организационного моделирования ТПП может быть использован пакет Platinum BPwin 4.0, а также Microsoft Office Visio.

В ТПП одним из процессов, связанным с принятием решений в условиях неопределенности является процесс поддержки принятия решений при разработке расцеховок. В настоящее время отсутствуют строго формализованные алгоритмы разработки

междисциплинарных технологических маршрутов; четко не определены критерии и производственные характеристики, влияющие на принимаемое решение. Поэтому для формализации выполнения таких процессов целесообразно использовать методы функционального моделирования и инженерии знаний.

2. Моделирование процессов ТПП

В качестве объекта исследования выбрано мелкосерийное научно-производственное предприятие (НПП) «ХАРТРОН-ПЛАНТ». Рассматривается жизненный цикл изделия, наиболее детально рассматриваются процессы ТПП.

На НПП «ХАРТРОН-ПЛАНТ» ТПП ведется обычно ОГТ. ТПП проводится в определенной последовательности совместно с разработкой технологической документации в соответствии с СТП ЦСО.091.114 «Технологическая подготовка производства». А также весь комплекс работ по ТПП регламентируется ГОСТ Р 50995.3.1-96 «Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства». Настоящий стандарт действует совместно с ГОСТ Р 50995.0.1-96 и включает положения следующих стандартов:

- ГОСТ 2.103- 8 ЕСКД. Стадии разработки.
- ГОСТ 3.1102-81 ЕСТД. Стадии разработки и виды документов.
- ГОСТ Р 15.000-94 СРПП. Основные положения.
- ГОСТ Р ИСО 9001-96. Системы качества. Модель обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании.
- ГОСТ Р ИСО 9002- 6. Системы качества. Модель обеспечения качества при производстве, монтаже и обслуживании.

– ГОСТ Р ИСО 9003- 6. Системы качества. Модель обеспечения качества при контроле и испытаниях готовой продукции.

– Р-50-54-94-88. Правила организации и управления процессом технологической подготовки производства.

– Р 50-297-90. Технологическая подготовка производства. Основные положения.

Для проектирования технологических процессов необходимо провести анализ решаемых задач, материальных и информационных потоков в производственных службах предприятия, связанных с проектированием изделия и технологией его изготовления, а также определить состав документов и последовательность их формирования.

Согласно SADT-методологии [6 – 8], целью синтеза моделирования процесса ТПП и не только, является получение ответов на некоторую совокупность вопросов. Это означает, что сама модель должна будет дать ответы на эти вопросы с заданной степенью точности. Если модель отвечает не на все вопросы или ее ответы недостаточно точны, то модель не адекватна. Определяя модель таким образом, SADT закладывает основы практического моделирования. При исследовании процесса ТПП цель моделирования и совокупность вопросов были сведены в табл. 1.

В работе [1 – 3] рассмотрены основные виды технологических решений: аналитические, проектные, прогностические, управляющие. Большую часть рассматриваемых решений составляют проектные технологические решения, что подчеркивает их доминирующую роль при ТПП.

Особый интерес авторов привлекают процессы автоматизации принятия технологических решений на цеховом уровне, а именно при разработке маршрутной и операционной технологий (расцеховок).

Таблица 1

Очерчивание границ объекта ТПП (на примере НПП «ХАРТРОН-ПЛАНТ»)

Определение действия	Содержание действия
Категория предприятия	Мелкосерийное приборостроительное предприятие
Цель	Формализовать обязанности технолога, выявить, на каких этапах требуется поддержка принятия решений.
Лицо принимающее решение	Главный технолог.
Основные функции и подфункции	Представлены в табл. 2, 3.
Документация	
Вопросы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каковы обязанности технолога? 2. Кто контролирует выполнение задания? 3. Как взаимосвязаны этапы процесса ТПП? 4. На каких этапах и какая документация требуется? 5. Какие стандарты, нормативные документы требуются? 6. В какой момент требуется справочная литература? 7. Какие знания необходимы для проектирования расцеховок?

В процессе моделирования сведения об изучаемой процессе ТПП были получены с помощью опросов и интервью технологов, с которыми работали согласно разработанной методики извлечения знаний, описанной в [9].

Для структуризации полученной информации были разработаны специальные таблицы: состав задач при технологической подготовке производства, состав задач при разработке маршрутных и операционных технологий. При сборе информации о разработке ТПП информация, заносимая в таблицы, сознательно дублировалась, для того чтобы иметь возможность при анализе табличных данных выявить несогласованность данных и устранить их.

Такой подход позволил выявить ошибки сбора данных и избежать появления ошибок при моделировании производства и производственных процессов на предприятии.

В табл. 2 и табл. 3 отражена связь между различными объектами производственного процесса. С позиций системного подхода нельзя рассматривать процесс ТПП в отрыве от других процессов предприятия, поэтому на основе организационного анализа были выявлены:

- организационная структура отдела главного технолога (ОГТ), представленная на рис. 1;
- организационные связи между ОГТ и отделами предприятия, представленные на рис. 2.

Таблица 2

Состав задач при технологической подготовке производства

№ пп	Задача	Исполнитель	Входящие документы	Исходящие документы
1.	Получение заказа на изготовление изделия.	Директор	Технологическое задание на изделие. Проектная конструкторская документация на изделие.	Утвержденная проектная КД на изделие.
2.	Оценка определяющих технологических и организационных решений по производству изделия.	ПФО (Планово-финансовый отдел)	Утвержденная проектная конструкторская документация КД.	Результат оценки.
3.	Разработка чертежей изделий и конструкторской документации (КД).	КБ (Конструкторское бюро)	Утвержденная проектная КД на изделие.	1. Техническое предложение. 2. Эскизный проект. 3. Технический проект.
4.	Технологический контроль.	ОТК (Отдел технологического контроля)	1. Техническое предложение. 2. Эскизный проект. 3. Технический проект.	Рабочая КД.
5.	Проработка ПКИ (покупных комплектующих изделий), СТИ (стандартных технологических изделий).	ОИТ (Отдел информационных технологий)	Рабочая КД.	Перечень ПКИ, СТИ.
6.	Разработка операционной и маршрутной технологии (расцеховка).	ТБ (Технологическое бюро)	1. Рабочая конструкторская документация. 2. Перечень ПКИ, СТИ.	Операционная и маршрутная технология.
7.	Разработка технологического процесса.	ТБ	1. Рабочая конструкторская документация. 2. Перечень ПКИ, СТИ. 3. Операционная и маршрутная технология.	Технологический процесс.
8.	Проектирование и изготовление оснастки и нестандартного оборудования.	ТБ	Заказы на проектирование и изготовление нестандартного оборудования, оснастки.	Конструкторские чертежи оснастки и нестандартного оборудования.
9.	Подготовка и планирование производства.	ПДБ (Планово-диспетчерское бюро), ПДО (Планово-диспетчерский отдел) цеха ГН (Группа нормирования)	1. Ведомость применяемости ДСЕ (детале-сборочных единиц). 2. Ведомость применяемости СТИ, ПКИ. 3. План-график цеху.	1. Линейные графики подготовки производства и изготовления аппаратуры. 2. Технологический паспорт.
10.	Подготовка и обеспечение технологической документацией.	ОТД (Отдел технической документации)	Чертежи, документация.	Пакет документов для каждого отдела согласно ГОСТам.

Таблиця 3

Состав задач при разработке маршрутной и операционной технологий

№ пп	Задача	Вспомогательная документация	Знания
1.	Раскрытие состава изделия (Разузлование).	ЕСКД, справочники.	Умение “чтения” и анализа чертежей, работа с КД.
2.	Анализ изделия (проработка СТИ, ПКИ, ДСЕ).	Перечень стандартных изделий, покупных для предприятия.	Знания о мощностях предприятия.
3.	Анализ поверхности ДСЕ.	Справочники.	1. Знания об технологии изготовления изделия. 2. Правила обработки поверхностей. 3. Правила кодирования поверхностей.
4.	Проработка способов изготовления поверхности.		
5.	Анализ мощностей предприятия.	1. Документы о наличии станков в цехах. 2. Документы о выполняемых на производстве операциях. 3. Перечень цехов предприятия. 4. Каталоги прогрессивного технологического оборудования и оснастки.	1. Информация за каким станком закреплены какие операции. 2. Информация о взаимозаменяемости оборудования. 3. Информация об исправности оборудования. 4. Информация о том в каком цеху возможно выполнять определенную операцию на определенном станке. 5. Характеристики оборудования.

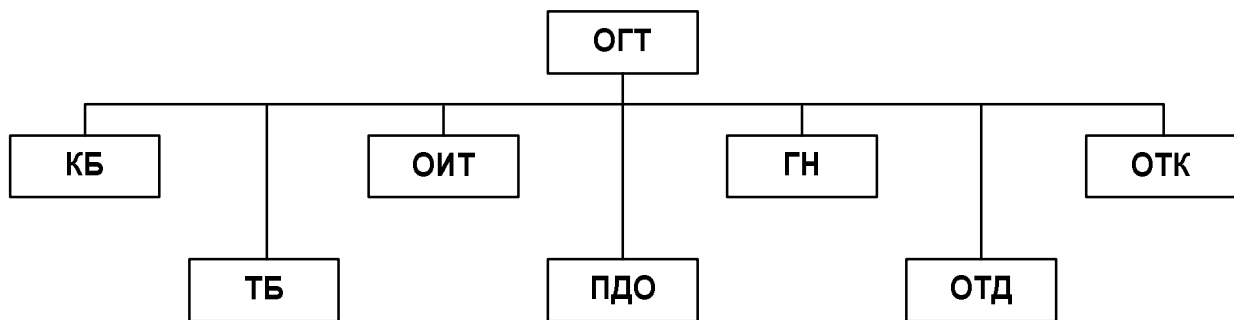


Рис. 1. Организационная структура ОГТ на примере НПП «ХАРТРОН-ПЛАНТ»

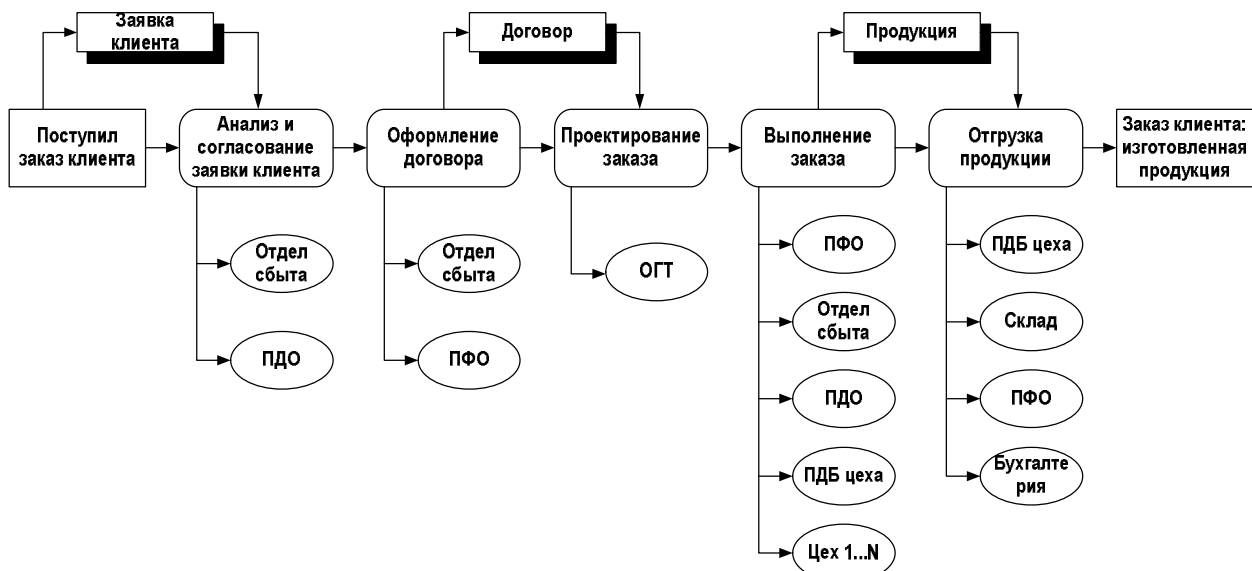


Рис. 2. Организационные связи между ОГТ и отделами предприятия

В результате информационного анализа были выявлены:

- документы, регламентирующие выполнение процесса ТПП, описанные выше;
- информационные взаимосвязи между процессами ТПП, документы, используемые в процессе ТПП, взаимодействие входящих и исходящих документов каждого из процессов ТПП, представленные в табл. 2;
- документы, полученные при разработке операционной и маршрутной технологии, являющиеся базисом для составления технологических процессов;
- нормативно-справочная информация, а также данные об оборудовании и мощностях предприятия, хранящиеся в архивах предприятия.

На основе анализа полученной информации представим, как изображено на рис. 3, что этап ТПП изделий состоит из: входных, выходных, управляющих и исполнительных потоков. Входящие потоки (I) представляют собой различные документы <I1> и дополнительную информацию <I2>. Результирующие потоки (O): разработанная технологическая документация <O1> и различные по характеру информационные потоки <O2>. Сверху схемы управляющие (C) потоки представлены информационными <C1>, а также потоками <C2, C3> нормативно-регламентирующих документов. Снизу обозначены различные исполнительные и ресурсные потоки <M1, M2, M3 > соответствующего типа: ин-

формационного, информационно-компьютерного и трудового.

На рис. 3 весь этап ТПП представлен в виде блока А0, а составляющие его функции на следующем этапе декомпозиции (согласно данным, описанным в табл.2) представлены блоками <A1, A2, A3, A4, A5, A7, A8> см. рис. 4. Была произведена декомпозиция блока А4, и в результате получена модель (рис.5) процесса организации расцеховки (маршрутной и операционной технологии). Таким образом, в процессе моделирования ТПП были получены ответы на совокупность вопросов, представленных в табл.1:

- обязанности технолога описаны и регламентированы должностной инструкцией;
 - выполнение заданий процесса ТПП контролирует главный технолог;
 - взаимосвязь процессов ТПП представлена на рис. 3, 4, 5.
 - перечень стандартов, нормативных документов, справочной литературы, а также знаний технолога, требующихся при проектировании ТПП (с указанием конкретного этапа), описано в табл. 2, 3.
- При анализе полученных информационных, функциональных и организационных моделей ведущими технологами НПП «ХАРТРОН-ПЛАНТ» были исправлены и устранены неточности, а это означает, что полученные модели являются адекватными.

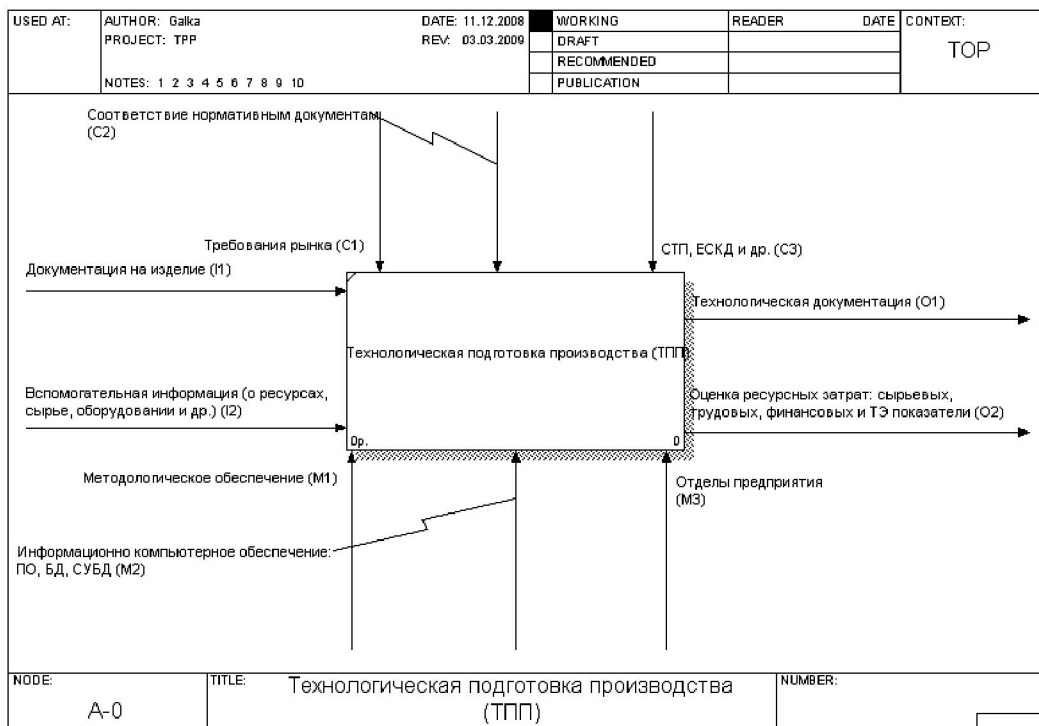


Рис. 3. Модель ТПП в виде различных потоков на примере НПП «ХАРТРОН – ПЛАНТ»

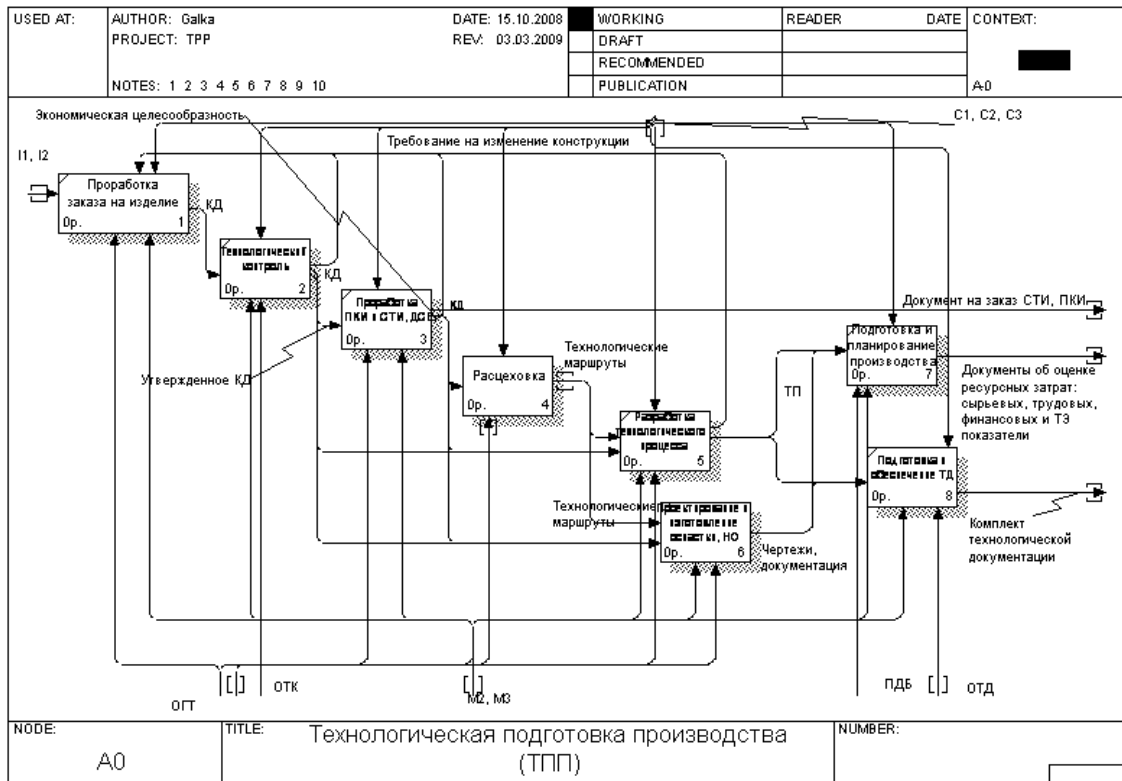


Рис. 4. Модель процесса организации ТПП на примере НПП «ХАРТРОН-ПЛАНТ»

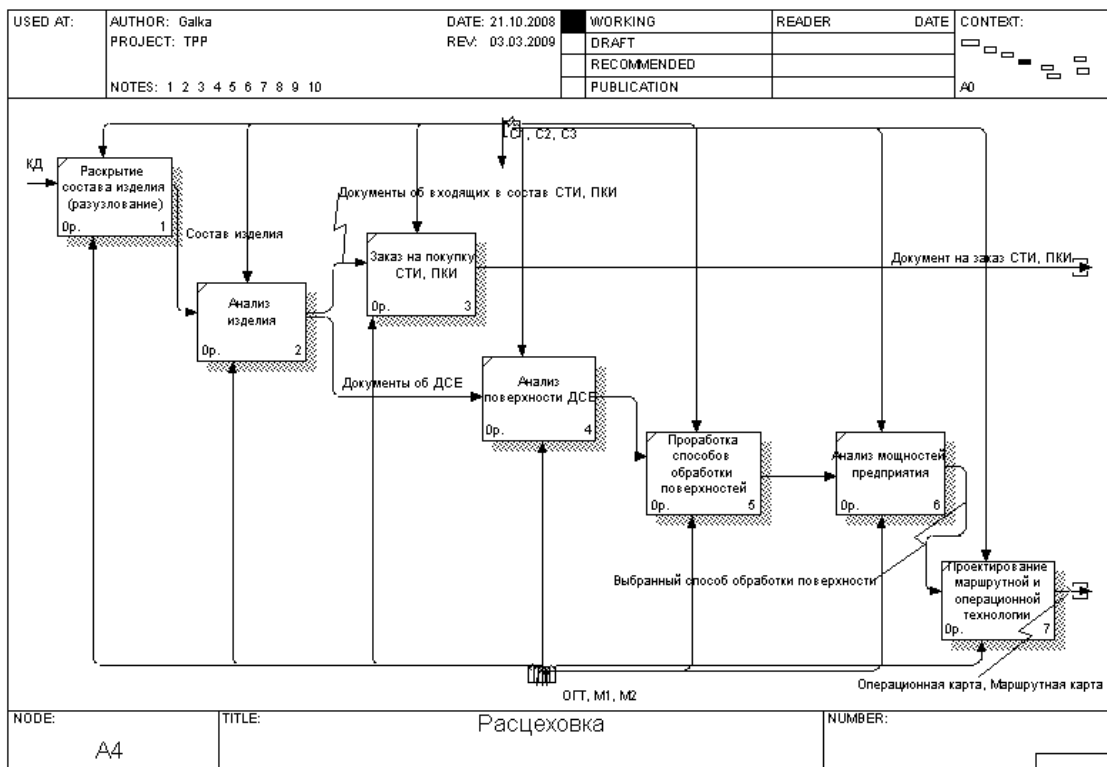


Рис. 5. Модель процесса организации расцеховки (маршрутной и операционной технологии) на примере НПП «ХАРТРОН-ПЛАНТ»

3. Архитектура СППР «Расцеховка» на основе квантового подхода

С помощью методов функционального моделирования были выявлены сложности процесса ТПП, которые заключаются в многокритериальности выбора и различных видах неопределенностей [4]. Многокритериальность выбора при ТПП связана с тем, что, например, детали сборочных единиц можно изготовить на предприятии, а можно купить. Технолог должен выбрать наиболее подходящий вариант с точки зрения стоимости заказа, сроков изготовления. Неопределенность принятия решений при ТПП обусловлена вероятностным характером данных, преобладанием качественных и разнотипных характеристик производственных ситуаций, таких как стоимость заказа, тип производства, срок выполнения заказа, тип операции, характеристики материала; неполнотой и нечеткостью данных. Например, данные о текущем состоянии оборудования такие как, занятость, исправность, изношенность оборудования, наличие рабочего соответствующего разряда для работы на оборудовании. В процессе ТПП преобладают описательные формы представления знаний при минимальном числе строгих аналитических зависимостей. Также отсутствуют строго формализованные алгоритмы ТПП [3, 4], четко не определены критерии и производственные характеристики, влияющие на принимаемое решение. Поэтому для формализации процесса ТПП необходимо применить принципы и средства инженерии знаний для обеспечения интеллектуальной поддержки принятия технологических решений.

На основании построенных моделей был составлен сценарий интеллектуальной технологии поддержки принятия решений технологом при разработке межцеховых и внутрицеховых маршрутов, состоящий из следующих этапов, которые в дальнейшем будут реализованы в СППР:

1. Выполнить раскрытие состава изделия (детали сборочных единиц (ДСЕ), покупные комплектующие изделия, стандартные изделия).

2. Для каждой ДСЕ внести информацию об изделии (материал, виды поверхностей из которых состоит изделие, количество, шероховатость, глубина, качество размеры: длина, высота, ширина и др.)

3. На основании введенных данных об изделии выбрать предложенные из заранее созданной базы знаний (БЗ) операции для обработки поверхностей.

4. Осуществить автоматический контроль за последовательностью выполнения операций посредством сформированного множества упорядоченных знаний для поддержки принятия решений при проектировании расцеховок.

5. Для каждой операции расцеховки выбрать тип необходимого оборудования с помощью заранее созданной БЗ, в которой хранится информация о том какие операции закреплены за определенными станками, а также характеристики станка такие как, максимальный размер заготовки, обеспечиваемый качество, шероховатость и др., которые сопоставляются с введенной информацией об изделии.

6. Предоставить информацию технологу из базы данных (БД) об оборудовании выбранного типа, технологические параметры которого удовлетворяют требуемым условиям.

7. Предоставить информацию технологу из БД мониторинга текущего состояния оборудования.

8. Для каждой операции расцеховки на основании БЗ осуществить автоматический выбор последовательности прохождения ДСЕ по подразделениям предприятия.

9. Автоматическая генерация технологической документации.

Проведя обзор и анализ публикаций [10-13] было выявлено, что одним из наиболее перспективных интеллектуальных методов для реализации СППР при проектировании операционной и маршрутной технологии является квантовый подход, в частности, метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний (РАКЗ-метод). Несомненным преимуществом РАКЗ метода является то, что для вывода искомым правил принятия решений привлекаются не только числовые данные измерений и наблюдений, но и порции (кванты) знаний специалистов в данной предметной области в форме вероятных высказываний и причинно следственных заключений продукционного характера имеющим отношения к искомым решениям. При этом РАКЗ-методом решается задача единой формализации представления и алгоритмического манипулирования числовой и лингвистической информацией в виде разноуровневых по сложности алгоритмических квантов знаний посредством векторно матричных операторов. Общность методики обусловлена общим принципом автоматического векторно-матричного квантования информации с доменным представлением характеристик объектов принятия решений, единой структурой пространства РАКЗ-моделей с возможностью их аналитического конечно-предикатного представления, а также общей индуктивно-дедуктивной логической схемой вывода искомым решений, опираясь на базу квантов знаний (БкЗ).

Архитектура интеллектуальной технологии поддержки принятия решений технолога в процессе разработки маршрутной и операционной технологии может быть реализована на базе квантового подхода [10] для изделия, представлена на рис. 6.

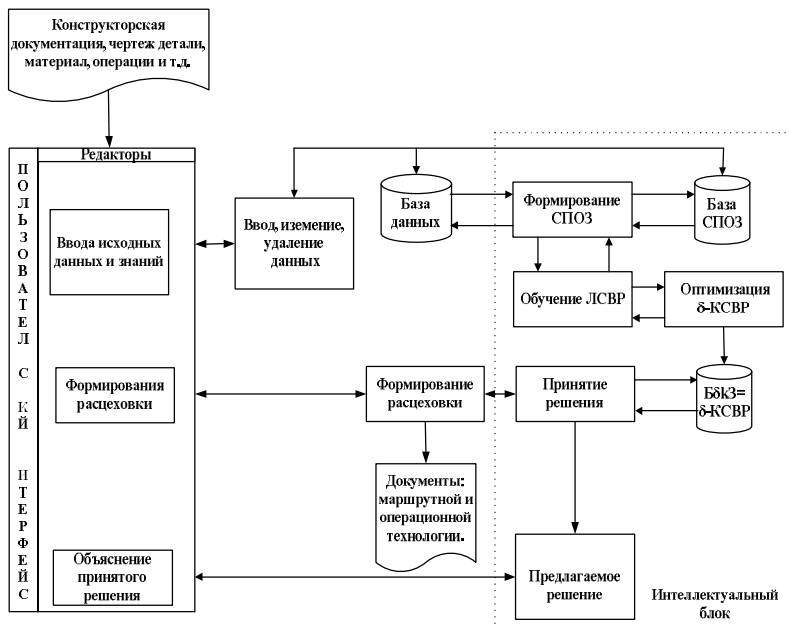


Рис. 6. Архитектура СППР «Рассеховка»

Интеллектуальный блок образует ядро системы, которое состоит из базы квантов знаний и подсистемы логического вывода [12, 13]. База данных представляет собой рабочую память, в которой хранятся текущие знания и другая информация, имеющая отношение к анализируемой системной ситуации. База знаний обеспечивает хранение знаний, представленных квантами. Логический вывод (поиск решений), используя данные и знания, организует управление выводом, в соответствии с квантовой моделью представления знаний. Объяснение принятого решения позволяет пользователю выяснить, как система получила решение задачи, и какие знания были при этом использованы. Это повышает доверие пользователя к системе и облегчает её тестирование. Индуктивная программа используется как с целью автоматизации процесса наполнения знаниями, так и при корректировке базы знаний, при её обновлении, пополнении или исключении элементов знаний.

Дедуктивная программа используется с целью автоматизации процесса вывода и для объяснения принятого решения, из заранее синтезированной базы δ-квантов знаний (БдкЗ).

Редактор формирования рассеховки предназначен для составления и визуализации документации рассеховки.

Редактор работы с данными обеспечивает ввод, изменение, удаление, импорт и экспорт данных, получаемых из конструкторской документации, а также работу с данными, необходимыми для составления рассеховки.

Заключение

Применение методов системного моделирования позволило выявить исходные данные и взаимно-

связи между ними и построить модели процесса ТПП в виде диаграмм IDEF0.

На основании методов системного моделирования была предложена архитектурная схема интеллектуальной информационной технологии поддержки принятия технологических решений на базе инженерии квантов знаний.

Представленные модели в дальнейшем планируется использовать как основу СППР в ТПП и повышения качества принятия технологических решений.

Литература

1. Яблочников Е.И. *Современные информационные технологии в ТПП приборостроительного предприятия* / Е.И. Яблочников // *Фундаментальные и прикладные исследования информационных систем и технологий: науч. техн. вестник – СПб: СПбГИТМО(ТУ), 2006. – Вып. 30. – С.3-8.*
2. Фомина Ю.Н. *Исследование алгоритмов оптимизации конфигурирования и распределения заказов при решении задач ТПП в среде виртуального предприятия* / Ю.Н. Фомина // *Исследования в области оптики, приборостроения и управления. Труды молодых ученых: науч. техн. вестник – СПб: СПбГИТМО(ТУ), 2007. – Вып. 38. – С. 187-196.*
3. Денисов А.Р. *Конструкторско-технологическое моделирование в условиях мелкосерийного машиностроительного производства* / А.Р. Денисов // *Исследования в области оптики, приборостроения и управления. Труды молодых ученых: науч. техн. вестник – СПб: СПбГИТМО(ТУ), 2007 – Вып. 38. – С. 208-212.*
4. Шостак И.В. *Применение логических моделей представления знаний в интеллектуальных компонентах систем управления машиностроительными предприятиями* / И.В. Шостак, О.В. Палун, Д.А. Бастеев // *Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – № 7 (33). – С. 145 – 151.*
5. Шостак И.В. *Проблема синтеза интегрированных экспертных систем підтримки прийняття рішень щодо управління складними організаційно-технічними об'єктами* / І.В. Шостак // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – № 1 – С. 156-161.*
6. Марк Д. *Методология структурного анализа и проектирования (SADT): Пер. с англ.* / Д. Марк, М. Гоуэн. – М.: МетаТехнология, 1993. – 240 с.
7. Калянов Г.Н. *CASE: структурный системный анализ (автоматизация и применение)* / Г.Н. Калянов. – М.: ЛОРИ, 1996. – 250 с.
8. Норенко И.П. *Информационная поддержка наукоемких изделий. СALS-технологии* / И.П. Норенко, П.К. Кузьмик. – М.: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.

9. Фролова Г.А. Проблема интеллектуальной поддержки принятия технологических решений при разработке расцеховок на мелкосерийных приборостроительных предприятиях / Г.А. Фролова // *Наукові дослідження – теорія та експеримент 2008: матеріали четвертої міжнародної науково-практичної конференції, м. Полтава, 19-21 травня 2008 р.:* - Полтава: ІнтерГрафіка, 2008. – Т. 9. – С. 39-43.

10. Киричук Е.П. Развитие v-РАКЗ метода принятия решений при выборе оборудования в ТПП в условиях неопределенности / Е.П. Киричук // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».* – Х.: НАКУ «ХАИ», 2004. – Вып. 25. – С. 100-104.

11. Гордиенко Л.А. Интеллектуальная технология поддержки принятия решений в технологической подготовке производства на основе квантового подхода в инженерии знаний / Л.А. Гордиенко // *Открытые информационные компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».* – Х.: НАКУ «ХАИ», 2004. – Вып. 22. – С. 100-104.

12. Сироджа И.Б. Метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний для принятия производственных решений при недостатке или нечеткости данных / И.Б. Сироджа, Т.Ю. Петренко – К: Наук. думка, 2000. - 247 с.

13. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления / И.Б. Сироджа - К: Нау. думка, 2002. - 428 с.

Поступила в редакцию 10.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зва. каф. 605 В. М. Варталян, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВИРОБНИЦТВА НА БАЗІ КВАНТОВОГО ПІДХІДУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Г.О. Фролова, І.Б. Сіроджа, І.Є. Розсоха

Проаналізовано процес технологічної підготовки виробництва (ТПВ): його зміст, виконавці, ресурси, які необхідні для його функціонування. Розглянуто питання проектування систем підтримки прийняття рішень (СППР) при розробці технологічної підготовки виробництва, проблема накопичування і активного використання технологічних знань. Пропонується застосовувати методи системного моделювання для опису ТПВ і ефективного аналізу необхідності розробки СППР. А також використати при проектуванні СППР математичний апарат інженерії квантів знань, що дозволяє формалізувати нечіткі поняття і відносини, запропоновані експертом.

Ключові слова: системне моделювання, інженерія квантів знань, автоматизація, ТПП, штучний інтелект.

DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEM AT TECHNOLOGICAL PRODUCTIONS ON THE BASIS OF KNOWLEDGE QUANTES ENGINEERING WITH METHODS OF SYSTEM MODELLING

G.A. Frolova, I.B. Sirodza, I.E. Rossoha

The process of technological preproduction is analysed: its maintenance, performers, resources, necessary for its functioning. In paper the problem of designing systems Decision Support System at development of technological productions and problem of accumulation and active use of technological knowledge's. Methods of system modelling are proposed for the description of technological productions and the effective analysis of necessity development Decision Support System. The mathematical apparatus of knowledge quant's engineering makes it possible to formalize fuzzy concept and the relations given by the expert.

Key words: System modelling, knowledge quant's engineering, artificial intelligence, automation, technological productions

Фролова Галина Александровна – аспірант кафедри інженерії програмного забезпечення Національного аэрокосмічного університету ім. Н.Е. Жуковського «ХАИ», Харків, Україна, e-mail: Frolova.Galka@gmail.com.

Сіроджа Ігорь Борисович – д-р техн. наук, проф., проф. кафедри інженерії програмного забезпечення Національного аэрокосмічного університету ім. Н.Е. Жуковського «ХАИ», Харків, Україна.

Россоха Ірина Євгенівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри дизайну інтерактивних засобів візуальних комунікацій Харківської державної академії дизайну і мистецтв (ХГАДИ), Харків, Україна, e-mail: iren.rossokha@gmail.com.