

УДК 004.8

**И.Б. СИРОДЖА, И.В. ВАРФОЛОМЕЕВА***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## **ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ БАЗ ЗНАНИЙ**

Проанализирована проблема накопления и активного использования технологических знаний на машиностроительных предприятиях с целью эффективного принятия технологических решений при технологической подготовке производства, а также предложены пути решения данной проблемы.

**принятие решений, системы поддержки принятия решений, интеллектуальные системы, инженерия знаний, базы знаний, технологическая подготовка производства, технологические решения, горячая объемная штамповка**

### **Введение**

В современных условиях, которые характеризуются возросшей конкуренцией среди производителей, появлением новых форм кооперации в виде распределенных (виртуальных) предприятий, повсеместным внедрением новых информационных технологий в сфере проектирования, производства и реализации продукции, машиностроительные предприятия (в том числе и предприятия аэрокосмической отрасли) вынуждены кардинально переосмыслить формы и способы ведения своей деятельности. Необходимо использовать новые подходы, которые позволят в полной мере реализовать возможности новых технологий и человеческих ресурсов.

### **1. Формулирование проблемы**

Качество и конкурентоспособность продукции достигаются, начиная с самых ранних этапов жизненного цикла продукции, которые в свою очередь обладают помимо специфических особенностей еще и общими закономерностями для различных предприятий.

Одним из основных этапов создания промышленных изделий является технологическая подготовка производства (ТПП) [1 – 4]. Уровень ТПП сегодня во многом определяет сроки выпуска новой продукции, ее качество и конкурентоспособность.

Поэтому особую актуальность приобретают вопросы проведения модернизации в области ТПП.

Резкое повышение эффективности ТПП может быть достигнуто за счет [2 – 4]:

- замены устаревшего оборудования и перехода на новые технологии изготовления изделий;
- комплексной автоматизации стартовых этапов создания продукции на основе новых информационных технологий.

Прогресс информационных технологий на промышленных предприятиях ведет к тому, что автоматизируются (или подвергаются информатизации) все бизнес-процессы, в частности процессы ТПП, как одни из основных процессов, от которых зависит качество и конкурентоспособность продукции. Эта задача решается с использованием информационно-коммуникационных технологий на всех уровнях [3]:

- отраслевом – проводятся фундаментальные, прикладные и технологические исследования, НИ-ОКР отраслевого характера по новым технологиям и материалам;
- корпоративном – идет совершенствование продукции и технологических процессов (ТП) в рамках научно-производственного объединения;
- на уровне предприятия – совершенствование изделий и ТП;
- на уровне цеха – разработка маршрутных и операционных ТП и управление ТП;

- на уровне гибкой производственной системы – разработка операционных ТП и управляющих программ для оборудования с ЧПУ;

- на уровне отдельного технологического модуля – локальное управление и мониторинг ТП.

Под *технологическим решением (ТР)* следует понимать любое решение, принятое при ТПП или изготовлении продукции, относящееся непосредственно к определению или изменению состояния объекта производства и направленное на обеспечение выпуска продукции [1].

Принятие ТР, в общем случае, заключается в генерировании множества вариантов решения (например, множества вариантов ТП) и выборе из этого множества вначале некоторого подмножества, а затем и оптимального варианта решения. Процесс принятия ТР, как правило, завершается выбором единственного варианта. Лицом, принимающим решение (ЛПР), является, в зависимости от решаемой задачи или выполняемой функции ТПП, ответственный разработчик-исполнитель или руководитель подразделения. Процессу принятия ТР предшествует возникновение ситуации принятия решения, которую характеризуют: определение или описание состояния некоторого объекта (операции, инструмента, процесса, станка и т.д.) или его элемента, для которого принимается решение; определение цели принятия решения.

Принятие ТР, подчиняясь общим законам, имеет и ряд особенностей:

- преобладание в предметной области технологии машиностроения описательных форм представления знаний при минимальном числе строгих аналитических зависимостей;

- сложная логика суждений, сложные взаимосвязи, взаимное влияние различных факторов и большая размерность задач;

- большая роль эмпирики и наличие скрытых объективных законов;

- необходимость взаимодействия при принятии решения мощных информационных потоков и

большого числа составных элементов, раскрывающих сущность технологии (характеристики оборудования, инструмента, оснастки; параметры режимов резания; массивы данных о материалах и т.д.);

- итеративный характер процесса принятия ТР (решение формируется путем последовательного приближения к наиболее приемлемому для данных условий варианту).

В работе [1] рассмотрены основные виды технологических решений: аналитические, проектные, прогностические, управляющие, а также выделен круг задач принятия ТР, возникающих при разработке и управлении процессами изготовления деталей, автоматизация решения которых желательна в первую очередь. Большую часть рассматриваемых решений составляют проектные ТР, что подчеркивает их доминирующую роль при ТПП. Принятие проектного, или управляющего ТП, как правило, базируется на аналитическом или прогностическом ТР. Поэтому автоматизация принятия проектных и управляющих решений предполагает и автоматизацию принятия аналитических и прогностических решений.

Особый интерес авторов привлекают процессы автоматизации принятия технологических решений на цеховом уровне, т.е. при разработке маршрутных и операционных ТП.

В работе [5] проанализированы интеллектуальные возможности современных САПР ТП и сделан вывод о недостаточности рассматриваемой составляющей в системах данного класса, в результате чего данные системы не могут обеспечить поддержку технолога в процессе принятия технологических решений при разработке ТП.

## 2. Постановка задачи

*Цель статьи* состоит в анализе проблемы накопления и активного использования технологических знаний предприятий с целью эффективного принятия технологических решений при ТПП на цеховом уровне.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать проблему накопления и активного использования технологических знаний на машиностроительных предприятиях;
- предложить пути решения вышеописанной проблемы.

### **3. Общая характеристика проблемы накопления и активного использования технологических знаний предприятий**

Капитал практически любого современного предприятия нематериален [6]. Стоимость нематериальных (интеллектуальных) активов предприятия может быть рассчитан как разница между рыночной стоимостью предприятия и стоимостью его материальных активов. В биржевой стоимости высокотехнологичных предприятий до 95% выпадает именно на, так называемую, виртуальную часть активов. Сегодня лишь только в добывающей промышленности и в тяжелом машиностроении стоимость основных фондов можно сравнить с величиной интеллектуального капитала. Таким образом, интеллектуальные активы предприятий являются «необозримым» их достоянием, которое способно приносить и приносит предприятию реальную прибыль.

В связи с новой экономической ситуацией в Украине и странах СНГ, которая характеризуется глобальной конкуренцией и сокращением «жизненного» цикла продукции, именно знания предприятий являются их силой и главным оружием в борьбе с конкурентами. Таким образом, знания превращаются в важнейший фактор выживания и экономического успеха предприятия в условиях информационного общества; знания – это богатство предприятия, которое должно накапливаться, обрабатываться и распространяться.

Следует отметить, что процесс становления человека, обладающего бесценными знаниями в некоторой профессиональной области, т.е. эксперта, является достаточно длительным. Установлено, что требуется не менее 10 лет, чтобы при благоприятных условиях

стать экспертом в какой-либо профессиональной области [7]. Этот факт является универсальным: он справедлив для разных областей. Таким образом, эксперты являются уникальными людьми, которые обладают бесценными знаниями, и что самое главное, умеют эффективно их использовать при решении сложных задач.

Различают несколько видов знаний:

- неявные знания (это знания, которые трудно выразить: они часто заключены в интуиции, а также опыте, навыках и привычках);
- явные знания (это знания, которые человек записал на бумаге, вставил в какой-то электронный документ – это рабочие записки, которые имеют мало смысла для другого человека);
- отчужденные знания – формализованные знания.

Считается, что примерно 40% знаний предприятия находится только в головах его сотрудников и от них зависит, станут ли эти знания доступны другим или нет [6].

Для предприятий машиностроения особенно важно сохранять опыт прошлых успешных проектов. Если в организации не накапливается и не сохраняется информация, плохо налажены коммуникации и несовершенен обмен знаниями, может происходить дублирование действий, источников информации, работники ощущают информационный голод, снижаются качество и эффективность труда. Передовые производственные коллективы, как правило, дорожат своими технологическими знаниями. Управление знаниями в процессе ТПП должно использоваться для достижения нескольких целей, в частности для улучшения взаимодействия между подразделениями, накопления положительного опыта, сохранения знаний сотрудников, улучшения производственных показателей, расширения инноваций, улучшения качества, более эффективного принятия решений, а чаще всего для параллельного проектирования, решения одновременно нескольких задач.

В настоящее время на отечественных предприятиях накопилось большое количество технологической документации на бумажных носителях. Использование и исправление технологических знаний в виде бумажных документов является достаточно сложным процессом. А если с предприятия уходит высококвалифицированный специалист, то потеря ценных знаний и опыта зачастую оказываются невозможными для предприятия.

Уточним понятие «технологические знания». Под технологическими знаниями будем понимать интеграцию идей, опыта, интуиции, мастерства по разработке технологических процессов, которые обеспечивают получение качественного результата реализации технологического процесса.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что накопление технологических знаний с помощью информационных компьютерных технологий, которые обеспечат их распространение и повторное использование, является актуальной задачей для современных предприятий. Следует отметить, что главной задачей накопления знаний является именно их востребованность и повторное использование с целью эффективного принятия технологических решений.

#### **4. Системы поддержки принятия решений**

По мере совершенствования систем, ориентированных на хранение, расширение, обработку и использование данных и знаний, стали создаваться системы, в которых результаты принятия решений приближались по качеству к решениям, принятым человеком, а по скорости получения решений существенно превышали время реакции человека (особенно в непредсказуемых и непредвиденных ситуациях). Такие системы называют интеллектуальными системами поддержки принятия решений (ИСППР) [7, 8].

Круг проблем, которые решаются с помощью ИСППР, включает неструктурированные и слабоструктурированные проблемы. Неструктурированные проблемы имеют лишь качественное описание, осно-

ванное на суждениях лица, принимающего решение, а количественные зависимости между основными характеристиками задачи неизвестны. В хорошо структурированных задачах существенные зависимости могут быть выражены количественно. Промежуточное положение занимают слабоструктурированные задачи, «сочетающие количественные и качественные зависимости, причём малоизвестные и неопределённые стороны задачи имеют тенденцию доминировать».

Следует отметить, что система поддержки принятия решений не заменяет ЛПР, автоматизируя процесс принятия решений, а оказывает ему помощь в ходе своевременного и качественного решения поставленной задачи.

Среди факторов, определяющих качество принимаемых решений, одним из основных является интеллект ЛПР. Под интеллектом следует понимать весь интеллектуальный потенциал ЛПР в целом: данные природой способности творческого мышления, знания, приобретенные в ходе обучения, практики, жизненного опыта и др. Для принятия обоснованных решений необходимо обладать нужной информацией. Однако это только необходимое, но недостаточное условие принятия правильных решений. Принять правильное решение можно только обладая достаточным объемом знаний эксперта в данной области, а во многих случаях и группы экспертов.

#### **5. Интеллектуальная система поддержки принятия технологических решений – компьютерный помощник технологу**

Современные системы поддержки принятия решений строятся обязательно с применением новейших достижений в области искусственного интеллекта, в частности, в области инженерии знаний. Перспективным направлением разработки систем автоматизированного принятия ТР является использование методологии инженерии знаний [9]. Инженерия знаний ориентирована на создание компьютерных систем, целью которых является: извлечение

знаний, которыми располагают специалисты, и наиболее эффективное их использование при автоматизированном формировании решений.

При решении слабоструктурированных задач технологу необходим советчик, который мог бы подсказать правильное решение. Обычно на предприятиях в качестве такого советчика выступают опытные технологи, проработавшие на предприятии не одно десятилетие, и накопившие за долгие годы работы бесценный опыт, который они и передают молодому поколению технологов.

Заманчивой идеей является создание искусственного помощника (компьютерной информационной технологии), который бы обладал совокуп-

ностью необходимых технологических знаний и мог бы в диалоговом режиме помочь технологу принять сложные для него решения. При этом не только должно выдаваться решение поставленной задачи, но и рассказан ход решения данной задачи. Для того чтобы такая система могла выступать в качестве советчика для технолога, она должна обладать совокупностью знаний по разработке технологических процессов изготовления исходных заготовок, термической обработки, механической (и другой) обработки заготовок, сборки изделий, а также иметь возможность обучения (внесения новых знаний), переобучения (корректировки внесенных знаний) и удаления устаревших знаний.

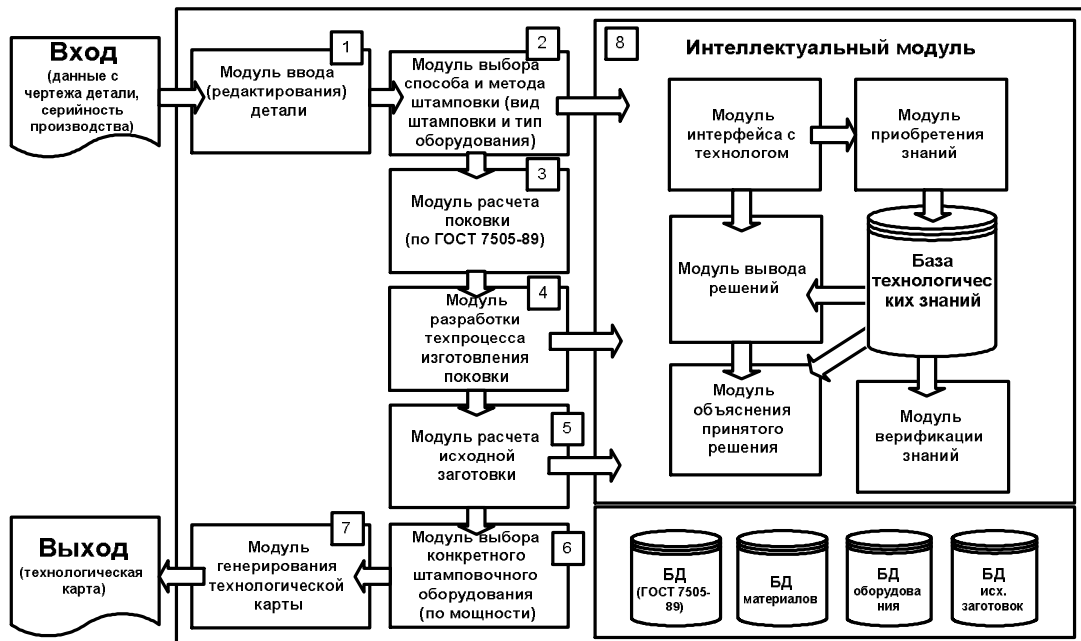


Рис. 1. Архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия технологических решений при технологической подготовке горячештамповочного производства

Архитектурная схема предложенной интеллектуальной технологии на базе квантовой инженерии знаний [10] для поддержки технолога в процессе разработки технологических процессов изготовления деталей горячей объемной штамповкой приведена на рис.1.

Предполагается функционирование системы в следующих двух режимах:

- формирование технологических баз знаний (БЗ), которое может осуществляться как в процессе обучения интеллектуальной компоненты подсисте-

мы технологом или инженером по знаниям с помощью сценарных примеров обучающих знаний (СПОЗ), так и в процессе обучения системы по обучающей выборке (таблице эмпирических данных);

- разработка ТП конкретной детали на базе сформированных технологических БЗ с выдачей технологической карты.

Выделенные модули (рис. 1) реализуют следующие функции: *модуль 1*: ввод размеров исходной (чистой) детали, шероховатостей поверхностей, материала

исходной детали и типа производства для данной детали; *модуль 2*: выбор с выдачей объяснения типа штампа для получения поковки (штамп открытый, закрытый или с разъемными матрицами), типа штамповочного оборудования (молот, пресс, ГKM и др.), способа штамповки поковки (поперек или вдоль оси заготовки); *модуль 3*: расчет группы сложности поковки; выбор класса точности, группы стали поковки, конфигурации плоскости разреза штампа; расчет исходного индекса поковки, припусков на размеры поковки, размеров поковки и допускаемых отклонений на размеры, параметров заусенечной канавки (для открытого штампа); *модуль 4*: выбор с выдачей объяснения (или проверка выбранных технологом) переходов штамповки; *модуль 5*: выбор с выдачей объяснения профиля сечения исходной заготовки; расчет параметров исходной заготовки; *модуль 6*: расчет мощности штамповочного оборудования и подбор конкретной его модели; *модуль 7*: генерация технологической карты ТП с автоматическим заполнением ее полей; *модуль 8*: ввод СПОЗ (для процесса обучения) и таблицы эмпирических данных (для процесса самообучения) интеллектуальной компоненты подсистемы; построение БЗ в виде квантовой сети вывода решений (результат процесса обучения) и имплицитивной или функциональной БЗ (результат процесса самообучения); верификация (проверка корректности) БЗ; ввод исходных данных для принятия проектных решений; вывод на основе БЗ прогнозных или идентификационных решений; объяснение выведенного решения.

### Заключение

Таким образом, предложена архитектурная схема интеллектуальной информационной технологии поддержки принятия технологических решений на базе квантовой инженерии знаний, которая обеспечит повышение эффективности технологической подготовки горячештамповочного производства за счет: 1) повышения качества разработки ТП; 2) сокращения сроков разработки ТП; 3) снижения затрат на разработку ТП.

### Литература

1. Технология машиностроения: В 2 т. Т.1. Основы технологии машиностроения / В.М. Бурцев, А.С. Васильев и др. – М.: МГТУ, 2001. – 564 с.
2. Король В.Н. Качество технологической подготовки производства авиационной техники Украины // Открытые информационные и компьютерные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2000. – Вып. 6. – С. 70 – 79.
3. Трегубов Г.П. Тенденция развития технологической подготовки производства на промышленных предприятиях // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2003. – № 4. – С. 3 – 7.
4. Бычков И.В., Ващук Ю.В. Информационное сопровождение технологической подготовки производства на машиностроительных предприятиях // Открытые информационные и компьютерные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2003. – Вып. 21. – С. 35 – 46.
5. Варфоломеева И.В. Анализ интеллектуальных возможностей современных отечественных САПР ТП // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2003. – Вып. 21. – С. 127 – 132.
6. Daniel E. O’Leary. Enterprise Knowledge Management // IEEE Computer. – 1998. – №3. – P. 54 – 61.
7. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
8. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
9. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – С.-Пб.: Питер, 2000. – 384 с.
10. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. – К.: Наук. думка, 2002. – 427 с.

*Поступила в редакцию 13.10.2004*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Э.Г. Петров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.