

УДК 620.178:678.5

**К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ БАЗЫ ДАННЫХ  
О ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ  
ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ БЫТОВЫХ МАШИН  
И ОБОРУДОВАНИЯ СЕРВИСА**

**Пашковский** Игорь Эдуардович, доктор технических наук, профессор  
кафедры технологии, конструирования и экспертизы изделий, [pashkovskiy@mail.ru](mailto:pashkovskiy@mail.ru),

**Пашковская** Татьяна Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры  
технологии, конструирования и экспертизы изделий, [tatyana.pashkovskaya.57@mail.ru](mailto:tatyana.pashkovskaya.57@mail.ru),

ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса»,

г. Москва

*В статье предложена уровневая организация базы данных о прогрессивных технологических процессах, позволяющих повысить работоспособность бытовых машин и оборудования предприятий сервиса на этапах разработки технологической документации, изготовления и ремонта. Основой для создания базы данных послужили прогрессивные технологии, разработанные в РГУТиС.*

**Ключевые слова:** бытовые машины и оборудование, прогрессивные технологические процессы, технологические решения, повышение работоспособности, база данных.

*The author offers level organisation of a database of progressive technological processes that allow increasing operability of consumer machines and equipment in servicing enterprises at the stages of design documentation preparation, their manufacture and repairs. The database is based upon the breakthrough technologies developed at the RSUT&S.*

**Keywords:** home gadgets and equipment, progressive technological processes, technological solutions, operability increase, database.

Современный уровень развития производства бытовой техники и ее сервисного обслуживания характеризуется постоянным ростом требований к качеству продукции и усложнением задач его обеспечения.

Задачи производства и сервиса усложняются, требования к качеству их решений возрастают, сроки решений сокращаются, возникает необходимость принятия эффективных решений в минимальные сроки. Особенно важно это при использовании прогрессивных технологий [2], [3], позволяющих снизить наводороживание поверхностных слоев деталей и повысить их срок службы. Удовлетворение указанных требований может быть достигнуто при автоматизации принятия технологических решений (ТР) на основе применения компьютерных технологий.

Сложность автоматизации принятия ТР зависит от его вида. Принятие аналитических и прогностических ТР может быть достаточно просто сведено к комплексу взаимосвязанных, формальных процедур и алгоритмизировано.

Принятие проектных ТР основано на применении процедур синтеза. Недостаточная разработанность этих процедур затрудняет их автоматизацию и приводит к появлению неформализуемых этапов принятия проектных ТР, выполняемых только специалистами и рассматриваемых как акты творчества. Управляющие ТР обладают многими признаками проектных решений. Отличительной особенностью управляющих решений является то, что их принимают, как правило, в реальном времени. Таким образом, общей и основной проблемой автоматизации проектных и управляющих ТР является проблема автоматизации процедур синтеза.

Известен ряд примеров систем, обеспечивающих принятие отдельных проектных ТР в автоматизированном режиме [1]. В этих системах процедура синтеза заменена процедурой выбора некоторого типового решения. Например, для снижения уровня диффузионно-активного водорода у вала, сопрягаемого с резиновым манжетным уплотнением, может быть рекомендовано применение термического старения в металлоплакирующих средах. При необходимости технолог-разработчик вправе корректировать структуру и параметры типового объекта с целью удовлетворения требований конкретной ситуации.

Анализ функций и задач технической подготовки производства (ТПП), в том числе сервисного, позволил выделить круг задач принятия ТР, возникающих при разработке и управлении процессами изготовления и восстановления деталей, автоматизация решения которых необходима в первую очередь. Большую часть рассматриваемых решений составляют проектные технологические решения, что подчеркивает их доминирующую роль при ТПП. Принятие проектного или управляющего ТР, как правило, базируется на аналитическом или прогностическом технологическом решении. Поэтому автоматизация принятия проектных и управляющих решений предполагает и автоматизацию принятия аналитических и прогностических решений. Ценность автоматизированного принятия решений заключается в возможности принятия эффективных ТР в неочевидных случаях, требующих сопоставления большого числа данных.

Обеспечение качества изготовления продукции можно рассматривать как комплекс управляющих технологических решений, принимаемых в сфере ТПП. Автоматизация принятия указанных технологических решений требует обеспечения автоматического

взаимодействия аналитических, прогностических и проектных ТР, что представляет сложную научно-техническую проблему.

Разработка систем автоматизированного принятия технологических решений возможна на основе методологии инженерии знаний. Инженерия знаний ориентирована на создание компьютерных систем, целью которых является извлечение знаний, которыми располагают специалисты, и наиболее эффективное их использование при автоматизированном формировании решений. Методы инженерии знаний нашли свое воплощение в создании экспертных технологических систем.

Экспертная система представляет собой реализованный на ЭВМ программный комплекс – интеллектуальный автомат, обладающий способностью воспринимать, представлять, обрабатывать и объяснять профессиональные знания на основе формального логического вывода. Решения, формируемые с помощью этих систем, могут соответствовать уровню, достижение которого человеком требует продолжительного образования и значительного опыта.

В качестве экспертных систем могут также выступать отдельные специалисты и группы специалистов. Экспертные системы в технологической предметной области используются для решения следующих задач: прогноза качества, формируемого в ходе технологического процесса или отдельной технологической операции, в рассматриваемой области – прогнозирования ресурса; определения причин брака, возникающего в ходе технологической операции, например, при некачественном нанесении защитного покрытия методом ФАБО, и поиска путей его ликвидации; поиска нового продолжения технологического процесса при изменении производственной ситуации, например, при выходе из строя лазерной установки, поиск наиболее эффективного метода нанесения защитного покрытия.

Экспертную систему принято разделять на базу знаний и машину логического вывода (совокупность всех программ, обеспечивающих формирование логического вывода). Задачей ученых-исследователей и технологов является разработка баз знаний. Базы знаний экспертных систем содержат: описания объектов, характеризующих предметную область системы; описания вопросов, задаваемых пользователю системой в ходе консультации (система может формулировать вопросы и самостоятельно), правила формирования логических выводов.

Предметная область в целом описывается с помощью значительного числа понятий. Предметная область любой экспертной технологической системы представляет собой лишь часть области и должна определяться с помощью минимально необходимого

числа понятий, которое можно определить путем графического представления связей между необходимыми понятиями. Такое представление, кроме выявления необходимых понятий, устанавливает в абстрактном виде смысловую связь между ними и называется семантической сетью. База знаний экспертной системы символического типа включает совокупность продукционных правил, связывающих ее объекты предметной области с учетом разрешенных значений, которые они могут принимать в ходе консультации. Нахождение этих эвристик, раскрывающих сущность связей понятий предметной области технологии, является основной задачей ученых-исследователей и технологов-разработчиков базы знаний экспертной системы.

Экспертная система в ходе консультации оперирует фактами и представляет результат консультации в виде фактов. Вывод консультации может быть альтернативным, т.е. содержать несколько фактов, относящихся к объекту консультации. В этом случае окончательное решение принимает пользователь. Для облегчения процесса принятия окончательного решения каждый альтернативный вывод может иметь соответствующий коэффициент доверия, определяемый системой. Базу знаний можно рассматривать как логико-эвристическую модель технологического объекта. В ходе консультации последовательность правил, образующая цепь логического вывода, следующая: среди множества правил базы знаний выбираются правила, правая часть которых содержит ответ на запрос к экспертной системе; для этих правил определяются условия, соответствующие их левой части; выбираются правила, правая часть которых соответствует найденным условиям. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут найдены правила, значения объектов, в левой части которых соответствуют условиям запроса. После этого для полученных цепей правил совершается обратный ход – от условий запроса к ответу на запрос.

Чтобы цепь логического вывода не обрывалась, для любого факта, не являющегося объектом консультации и полученного из некоторого правила, должно быть найдено правило, в котором данный факт находится в условии. Консультация пользователя с экспертной системой завершается получением ответа на запрос либо, если база знаний системы не обеспечивает принятия решения, выдачей на интерфейс пользователя соответствующего сообщения. Экспертные системы являются эффективным средством преодоления формализуемых этапов принятия решения, позволяют принимать технологические решения в условиях неопределенности.

Экспертная компонента в составе системы автоматического выбора решений используется как средство решения трудноформализуемых задач, требующих приложения

специализированного интеллекта. Специализированный программный комплекс должен выполнить действия, необходимые при принятии технологических решений. Пользователь получает ответ на запрос либо на экране терминала ввода – вывода, либо путем вывода на печать. Если удовлетворение запроса невозможно, то выдается соответствующее сообщение.

Работа современных систем принятия ТР основана на использовании технологических знаний, основной формой хранения которых является литературная (текстовая) форма, которая, будучи фактически единственной в течение всего предшествующего развития науки и техники, обладает рядом недостатков, важнейшими из которых являются [1]:

- рассредоточенность знаний, как по источникам, так и во времени и вследствие этого их сравнительно малая доступность;
- непроверенность знаний; возможность вытеснения более истинного знания менее истинным, но энергично пропагандируемым;
- невозможность быстрого использования знаний без соответствующих преобразований специалистом.

Текстовую форму можно считать пассивной формой представления и хранения знаний. Разработка концепции активного использования технологических знаний, в основу которой положена идея активизации знаний, заключающаяся в выделении из текстовой научной и технологической информации основных компонент знаний и хранений их в виде, обеспечивающем готовность к немедленному использованию, является актуальной задачей. Особенно важно это при использовании научных знаний, полученных разными учеными-исследователями и разрозненных по различным литературным источникам, в том числе научным статьям, описаниям патентов, тезисам научных докладов и др.

Главным путем реализации указанной идеи является создание базы данных о прогрессивных технологических процессах повышения работоспособности (БДПТП), охватывающей основные переделы производства бытовых машин и их сервиса. БДПТП – реализованная на базе ЭВМ система, обеспечивающая контроль истинности, классификацию, накопление, хранение и выдачу знаний и технологических решений по запросу пользователя.

Принципиальным отличием БДПТП от существующих автоматизированных систем хранения и выдачи технологических данных, например, банков данных, является его способность предлагать пользователю новые, неизвестные до сих пор ТР, которые не

хранятся в нем в виде, пригодном для моментального использования, но могут быть получены в результате взаимодействия имеющихся в банке знаний. Указанные технологические решения формируются для конкретных условий, указанных пользователем. При необходимости пользователю могут быть предоставлены (переданы по каналам связи) специализированные программные компоненты, не входящие в базовое программное обеспечение банка технологических знаний. В этом случае пользователь самостоятельно формирует технологические решения, используя указанные программные компоненты как инструментальное средство.

БДПТП может обеспечивать выдачу, например, следующей информации:

- описания современных технологических мероприятий и процессов, обеспечивающих снижение уровня диффузионно-активного водорода (и общего содержания) в поверхностных слоях деталей и повышение ресурса бытовых машин;

- описания последних научных достижений в области повышения срока службы деталей машин, приборов и технологического оборудования (по различным отраслям);

- данные о любых современных материалах, используемых при изготовлении бытовых машин, и методах их обработки (с необходимой коммерческой информацией), о современном оборудовании и состоянии его рынка, об оптимальных для пользователя режимах обработки конкретного материала и необходимом инструменте;

- описания новейших технологических процессов изготовления изделий интересующих пользователя классов и типоразмеров, адаптированных к конкретным условиям, с необходимой документацией и коммерческой информацией об отечественных и зарубежных предприятиях, выпускающих аналогичную продукцию;

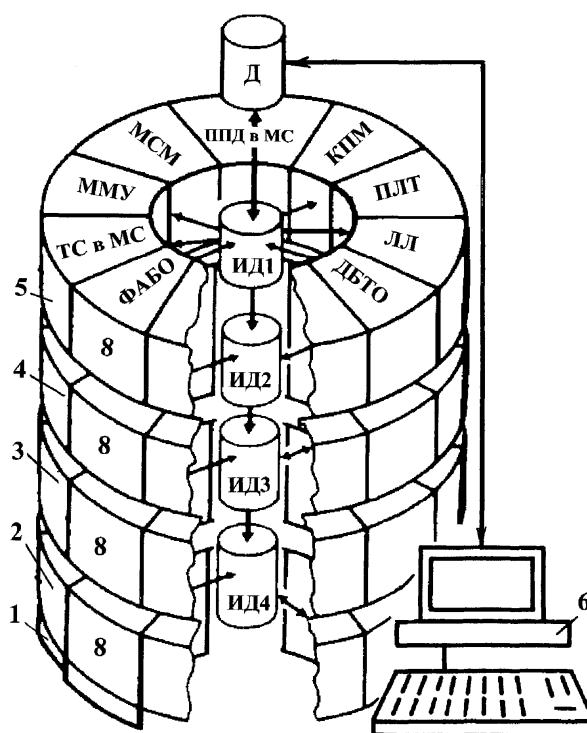
- специализированные программные продукты для выполнения необходимых технологических расчетов (в загрузочных модулях).

Разработанная БДПТП должна обеспечивать максимальный охват всех компонент знаний, в заданной предметной области, выполнять оценку истинности знаний, поступающих на хранение, а также обеспечивать удовлетворение информационных потребностей пользователя как по форме, так и по содержанию.

БДПТП организуется в виде уровневой структуры (рис. 1). Каждый из четырех уровней банка аккумулирует знания, определяющие соответственно-физические явления и эффекты, лежащие в основе технологий изготовления бытовых машин; технологические методы обработки деталей бытовых машин; технологические процессы изготовления

бытовых машин и технологического оборудования сервиса; производственные процессы при изготовлении бытовых машин.

Знания, аккумулированные в уровнях БДППП, объединены в блоки [2], соответствующие основным технологическим методам повышения работоспособности бытовых машин (рисунок 1): финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО); термическое старение в металлоплакирующих средах (ТС в МС); применение металлоплакирующих смазочных материалов (МСМ); поверхностное пластическое деформирование в металлоплакирующих средах (ППД в МС); металлоплакирующие материалы для уплотнительных элементов (ММУ); композиционные полимерные материалы (КПМ); покрытия, получаемые лазерными технологиями (ПЛТ); лазерное легирование поверхностей деталей бытовых машин (ЛЛ); для проведения сравнительного анализа здесь же может быть рассмотрен блок, соответствующий деталям бытовых машин, не подвергаемым воздействию прогрессивных технологий – без применения технологических обработок (ДБТО) [2], [3].



*Рис. 1. Уровневая организация базы данных о прогрессивных технологических процессах повышения работоспособности машин и оборудования сервиса (БДППП):*

*1 – блок ТС в МС; 2 – 5 – уровни «производственный процесс», «технологический процесс», «технологический метод», «физические явления и эффекты»; 6 – терминал ввода-вывода; 7 – блок ЛЛ; 8 – сегменты*

Элемент БДПТП находящийся на пересечении уровня и блока, представляет собой автономную подсистему – сегмент БДПТП, имеющую все основные элементы для обеспечения информационных потребностей пользователя.

Обращение пользователя к БДПТП и получение ответа на запрос осуществляется через терминалы ввода – вывода, а управление БДПТП как системой – диспетчерским программным модулем (Д).

Взаимосвязь сегментов БДПТП в пределах одного уровня и между уровнями выполняют интерфейсно-диспетчерские модули (ИД1–ИД4). Такой принцип построения обеспечивает высокую гибкость банка при формировании решений по запросу пользователя.

Организация знаний должна позволить в рамках БДПТП обеспечить проверку их истинности, а также общей непротиворечивости полученных технологических решений, что тоже принципиально отличает БДПТП от других систем удовлетворения информационных потребностей.

Создание БДПТП связано с решением ряда сложных задач, основными из которых являются: разработка универсального понятийного аппарата для описания предметной области изготовления бытовых машин и оборудования сервиса; выбор рационального представления знаний, создание методов и средств формирования баз технологических знаний; разработка программного и информационного обеспечения БДПТП.

Полноценная реализация концепции активного использования технологических знаний резко увеличит эффективность их использования в современном производстве и сервисном обслуживании бытовых машин, позволит накапливать истинные знания, эффективно использовать апробированные ТР и синтезировать на их основе новые.

#### Литература

1. Основы выбора и принятия технологических решений. В кн.: Технология машиностроения. Том 1 / под ред. А.М. Дальского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. С. 200–259.
2. Пашковский И.Э. Технологические методы защиты деталей бытовых машин и оборудования сервиса от водородного изнашивания: монография. ГОУВПО «МГУС». М., 2004. 234 с.
3. Пашковский И.Э., Пашковская Т.И. Теоретические и прикладные основы разработки металлоплакирующих композиционных материалов: монография. ГОУВПО «МГУС». М., 2003. 160 с.