

УДК 621.9:658.512

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В КОМПАКТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ**

*канд. техн. наук, доц. Д.Н. СВИРСКИЙ
(Полоцкий государственный университет);
А.Л. КЛИМЕНТЬЕВ*

(Витебский государственный технологический университет)

Рассматриваются вопросы автоматизации технологической подготовки ресурсосберегающего (компактного) производства, в частности автоматизация проектирования технологических процессов. Сформулированы основные задачи, решаемые в процессе автоматизации технологической подготовки производства, а также задачи, решаемые при автоматизации выбора метода изготовления деталей с помощью средств автоматизированных систем технологической подготовки производства. В качестве методологической основы исследований выбрана теория организации систем компактного производства. Для решения задачи выделения конструктивного инварианта продукции использован подход, основанный на реализации нейронных сетей. Представлен алгоритм построения классификатора на основе нейронных сетей. Предложен вариант программно-методического обеспечения выбора технологических методов при проектировании технологических процессов. При этом формализация решения задачи выбора основана на определении показателей применимости технологических методов с учетом требований к обеспечению заданных свойств изделия. Рассмотренное программное обеспечение позволяет осуществлять непосредственный поиск и предварительный выбор технологических методов по заданным значениям установленных критериев с использованием информационных массивов описаний различных технологических методов, применяемых в современном машиностроении, и решать ряд других практических задач.

Введение. Острая необходимость экономить ресурсы наряду с необходимостью повышать гибкость и общую эффективность производства вынуждает современные машиностроительные предприятия в той или иной степени заниматься решением комплекса задач автоматизации производства, сокращая тем самым как затраты времени, так и материальные затраты. В настоящее время существуют информационные технологии и программные продукты, позволяющие с различным успехом решать подобные задачи. Таким образом, перед каждым предприятием встает проблема рационального выбора этих продуктов и задача организации взаимодействия в едином информационном поле предприятия. Вместе с этим, как показывает практика, многие задачи, прежде всего организационно-методического характера, до сих пор окончательно не решены. Следует отметить, что в силу специфики самого дискретного производства и его организации на различных машиностроительных предприятиях универсальное решение его автоматизации предложить чрезвычайно сложно. Вследствие этого многие компании-производители программного обеспечения, как правило, предлагают некую информационную платформу, которая может быть при необходимости доработана в соответствии со спецификой конкретного предприятия. Это в меньшей степени касается конструкторской подготовки производства и в большей – технологической подготовки производства, а также учета и управления на предприятии.

Состояние проблемы и постановка задач исследования. Одно из центральных мест в технологической подготовке производства традиционно занимает проектирование технологических процессов (ТП). Независимо от того, что работы по автоматизации проектирования ТП ведутся давно, до сих пор подавляющее большинство автоматизированных систем проектирования ТП реализует диалоговый режим работы с ручным выбором проектантом необходимых операций и прочих сведений из соответствующих автоматизированных справочников. Известно несколько методов автоматизации проектирования ТП: метод повторного использования единичных технологических процессов, метод унифицированного технологического процесса, метод синтеза технологического процесса [1].

Метод повторного использования единичных технологических процессов. Наиболее детально данный метод описан В.Д. Цветковым [2]. Он основан на использовании готовых технологических решений путем заимствования их из существующих единичных технологических процессов [3]. Схема проектирования технологии при использовании рассматриваемого метода может быть представлена следующей последовательностью: деталь – деталь-аналог – техпроцесс на деталь-аналог – техпроцесс на деталь. Проектирование технологии осуществляется в два этапа: поиск аналогов и последующее преобразование процессов-аналогов. На первом этапе по заданному поисковому образцу в базе данных системы отыскиваются детали-аналоги и технологические процессы их изготовления. Поиск аналогов происходит с учетом принципа «технологического подобия обрабатываемых деталей, технологических процессов и их элементов» [2]. На втором этапе осуществляется преобразование процесса-аналога, которое состоит в

исключении или добавлении структурных элементов в технологическом процессе на основе выявленных различий между обрабатываемой деталью и операционными состояниями детали-аналога [2]. Формализация процесса проектирования в данном случае заключается, во-первых, в разработке метода формирования поискового образа деталей и технологий-аналогов и метода поиска аналогов, во-вторых, в разработке метода преобразования процессов-аналогов. Искомый образ детали или процесса состоит из набора системных характеристик и их допустимых отклонений. При этом две детали или две технологии считаются технологически подобными (т.е. аналогичными), если они обладают одним и тем же набором системных характеристик, отличающихся между собой в пределах заданных отклонений своих значений [2]. При выполнении операции «преобразования» процесса-аналога принимаются решения об исключении или добавлении структурных элементов в технологическом процессе на основе анализа технологического подобия и операционных состояний детали-аналога и обрабатываемой детали. Опыт применения данного метода в автоматизации проектирования технологий показывает, что процесс, спроектированный по аналогии с существующим, зачастую не является оптимальным, так как он во многом зависит от опыта проектировщика и основан на использовании «случайного» процесса, не всегда лучшего для конкретных условий.

Метод унифицированного технологического процесса. Основы автоматизации проектирования технологий на базе метода унифицированного технологического процесса (УТП) наиболее полно изложены в трудах Г.К. Горанского, Н.М. Капустина, С.П. Митрофанова. Унифицированный технологический процесс представляет собой типовой или групповой технологический процесс, содержащий готовые технологические решения, которые принимаются при разработке технологий для конкретных деталей. Схема проектирования технологии с использованием данного метода может быть представлена следующей последовательностью: деталь – УТП – рабочий технологический процесс [3]. Под технологическими решениями, содержащимися в УТП в виде ряда его неизменных элементов, понимаются сведения о заготовке, маршруте (плане) обработки, применяемом оборудовании, приспособлениях, инструменте. Они являются общими для всех деталей данного типа или группы [4]. Унифицированный технологический процесс создается на каждую комплексную деталь-представитель группы после классификации и группирования деталей по признакам конструктивно-технологического подобия. Отличительной чертой комплексной детали является то, что она содержит в себе геометрические образы всех деталей группы. Любую деталь данной группы можно получить из комплексной путем «отсечения» элементов, не принадлежащих рассматриваемой детали. Таким образом, технологический процесс изготовления реальной детали создается в результате последовательной выборки операций и переходов из УТП в соответствии с особенностями ее геометрического образа. В зависимости от степени конструктивно-технологического подобия деталей группы УТП может быть типовым или групповым. Групповой технологический процесс по всем показателям совпадает с типовым. Однако для конкретной детали группы он может содержать избыточную информацию, которая не включается в реальный технологический процесс [4]. Формализм данного метода состоит в том, что конкретные технологические решения выбираются по заданным критериям или приоритетам из множества решений, допустимых в конкретной ситуации, которое предварительно формируется из множества всевозможных технологических решений, содержащихся в УТП [3]. Системы автоматизированного проектирования ТП, построенные на основе данного метода, имеют высокую степень автоматизации труда технолога. Однако с помощью подобных систем возможно проектировать технологические процессы только на детали, которые по своим конструктивно-технологическим признакам относятся к группам, охватываемым этими системами.

Метод синтеза технологического процесса. Метод синтеза технологического процесса [2] основан на исследовании многоуровневой декомпозиции процессов технологического проектирования и типизации технологических решений на уровне перехода. Для каждой поверхности детали производится типовое разделение на промежуточные состояния, и выбираются методы их достижения. Проектирование технологии происходит на основе анализа размерных связей элементов детали, структурных связей в заготовке и детали, синтеза схем базирования и структуры операции [2, 3]. Автоматизированное проектирование технологических процессов, основанное на данном методе, в общем случае происходит в четыре этапа. На первом этапе синтезируется принципиальная схема технологического процесса. Для этого решаются следующие задачи: назначение заготовительного этапа технологического процесса; формирование черновых и чистовых этапов обработки детали. На втором этапе – синтез технологического маршрута – решаются задачи: расчленение множества методов обработки поверхностей детали на укрупненные операции; упорядочение укрупненных операций; разбиение укрупненных операций на простые; выбор оборудования для каждой простой операции; выбор технологических баз и схем базирования детали; определение последовательности операций. На третьем этапе синтезируются технологические операции. Для этого выполняется: определение межоперационных размеров; расчленение операций на переходы; выбор средств технологического оснащения; определение режимов резания и норм времени; вы-

бор оптимального варианта операций. При необходимости осуществляется четвертый этап разработки технологического процесса – синтез управляющих программ для станков с ЧПУ [2].

Системы автоматизированного проектирования ТП, реализующие рассмотренный метод, имеют высокую степень автоматизации труда технолога. Однако опыт создания и внедрения подобных систем показал, что разработка алгоритмов и программ, реализующих синтез технологического маршрута и операций, затруднена сложностью синтеза; снижение количества синтезируемых вариантов технологических процессов с целью сокращения времени и стоимости их разработки приводит к высокой доле типовых решений, учитывающих специфику конкретного предприятия [3]. В настоящее время на практике при автоматизированном проектировании чаще всего используются метод повторного использования единичных технологических процессов и метод унифицированного технологического процесса. Использование метода синтеза технологических процессов в существующих САПР ТП ограничивается рамками фактически ручного проектирования с использованием автоматизированных справочников на основе диалогового режима работы.

Одним из опорных моментов при проектировании ТП является выбор технологического метода, как на всех этапах обработки, так и на этапе получения заготовки. В современных условиях многие не крупные машиностроительные предприятия фактически отказались от практики содержания собственного заготовительного производства, и практикуют заказы на специализированных производствах. Кроме того, расширяется практика производства продукции и выполнения отдельных операций по кооперации. Все это позволяет технологу оперировать большим числом технологических методов и является хорошим фактором для снижения себестоимости продукции. Однако в большинстве современных автоматизированных систем технологической подготовки производства функционала, связанного с автоматизированным поиском применимых технологических методов, не предусмотрено. Подобные решения не распространены и в виде самостоятельных программных продуктов. Данное обстоятельство существенно влияет на качество технологической подготовки производства и, следовательно, должно быть устранено.

На практике при автоматизированном проектировании технологических процессов осуществляется лишь выбор в диалоговом режиме конкретного вида заготовки из соответствующего справочника. При этом система автоматизированного проектирования никак не предопределяет и не облегчает этот выбор, поскольку отсутствуют какие-либо формальные правила этого выбора. В дальнейшем же реализуются некоторые алгоритмы фильтрации данных справочников на основании выбранного вида заготовки. Но, тем не менее, выбор целиком опирается на опыт проектанта. Данное обстоятельство вкупе с неясными правилами и процедурами взаимодействия между отдельными подсистемами при зачастую нерегламентированной ответственности за принятые решения в состоянии свести на нет все или почти все эффекты автоматизации.

Таким образом, основной научно-технической проблемой можно считать обеспечение эффективного внедрения современных информационных технологий в процедуры автоматизации производства вообще и процедуры технологической подготовки производства в частности. В рамках решения данной проблемы могут быть сформулированы следующие задачи:

- 1) выбор рационального подхода к организации эффективного производства и его компьютеризированной подготовки;
- 2) разработка концепции эффективной автоматизации технологической подготовки производства;
- 3) создание алгоритмизированной методики технологического проектирования;
- 4) предложение вариантов средств реализации разрабатываемого алгоритма.

В рамках сформулированных общих задач можно выделить следующие частные задачи:

- 1) создание алгоритмизированной методики выбора технологических методов на различных стадиях технологического проектирования;
- 2) предложение вариантов средств реализации разработанного алгоритма.

Используемая методология. Внедрение технологий технологического проектирования, по нашему мнению, будет наиболее эффективным в условиях компьютерно-интегрированного цикла «проектирование/изготовление продукции», так называемого «компактного интеллектуального производства» [5]. Поэтому в качестве методологической основы настоящего исследования была выбрана теория организации систем компактного производства [6]. Проектирование компактной производственной системы (КПС) – организационно-технического комплекса, сочетающего свернутость в пространстве и времени с минимально необходимым уровнем функционально-ресурсной избыточности и поддерживаемого средствами компьютерного проектирования, мониторинга и управления – трехэтапный процесс [7]. Первый этап *макроструктурирования* завершается формированием производственной программы КПС – основы ее технологического проектирования, которое происходит в начале второго этапа проектных работ – *структурно-параметрического синтеза* КПС. Разработка структуры обобщенного технологического процесса КПС связана с поиском типовых технологических процессов изготовления отдельных видов продукции и выделением в них инвариантных компонентов. Ранее было показано [7], что в КПС существует тесная «ге-

нетическая» связь между технологическим и конструктивным инвариантом продукции. Конструктивный инвариант прежде всего определяется служебным назначением изделий и представляет собой существенно общее для всех них сочетание конструктивных элементов (исполнительных поверхностей, рис. 1). Ему соответствует определенный технологический инвариант в виде одной или нескольких операций.

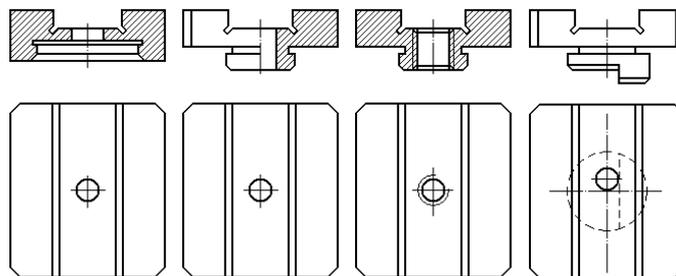


Рис. 1. Иллюстрация конструктивного инварианта группы деталей: направляющего паза с фиксирующим отверстием

Автоматизацию перехода от конструктивного инварианта к технологическому целесообразно осуществлять методом трансформации описаний, используя соответственно их геометрический и технологический образы. Тензорная модель такого перехода представлена на рисунке 2.

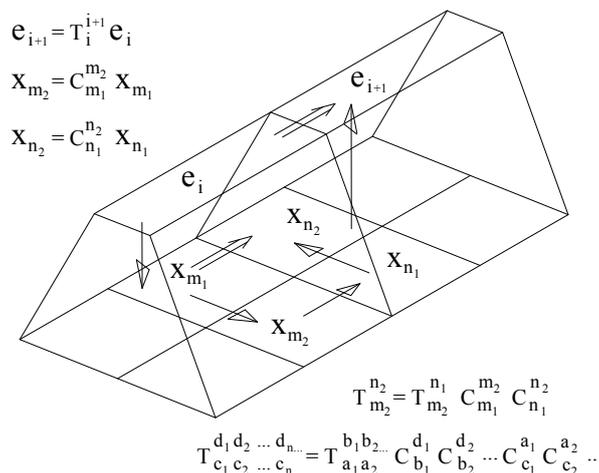


Рис. 2. Схема тензорного преобразования описаний (информационных пространств)

Тензорный подход к моделированию и организации информационного обеспечения процесса проектирования позволяет осуществлять как непосредственный переход от одного описания (пространства) к другому, так и использовать «обходной» путь через компоненты тензорной базы данных более низкого уровня, т.е. с любой степенью детализации. Наиболее ответственной процедурой технологического проектирования КПС является выделение конструктивного инварианта продукции. Методологически она может быть трактована как формальная задача классификации (или шире – распознавания образов). Известно, что мощным средством автоматизации решения подобных задач являются искусственные нейронные сети (НС), в которых используются явления, аналогичные явлениям, происходящим в нейронах живых организмов. Их важнейшей особенностью является возможность параллельной обработки информации всеми звеньями. Большое количество межнейронных связей позволяет значительно ускорить процесс обработки информации и сделать возможным преобразование сигналов в реальном времени. Оно же обеспечивает устойчивость НС к ошибкам: в этом случае функции поврежденных связей берут на себя исправные линии, и деятельность сети не претерпевает существенных возмущений. Нейронные сети способны к обучению и обобщению накопленных знаний, они обладают чертами искусственного интеллекта, в частности, в обобщении полученной информации и в показании хороших результатов на не использовавшихся в процессе обучения данных. Основу каждой НС составляют относительно простые, в большинстве случаев – однотипные, элементы (ячейки), имитирующие работу нейронов мозга. Под нейроном подразумевается искусственный нейрон, т.е. ячейка НС. Он обладает группой синапсов – однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов, а также имеет аксон – выходную связь данного

нейрона. Каждый синапс характеризуется величиной связи или ее весом w_i . Выход нейрона есть функция его состояния – «функция активации», или «передаточная функция» нейрона. Одним из важных факторов является способ обучения сети. Выделяют два подхода: обучение с учителем и обучение без учителя. При обучении с учителем предполагается, что, помимо входных сигналов, составляющих вектор \mathbf{X} , известны также и ожидаемые выходные сигналы нейрона, составляющие вектор \mathbf{Y} . Если такой подход невозможен, следует выбрать стратегию обучения без учителя.

В настоящее время известно более 200 разновидностей НС. На структурной схеме НС прямого распространения – многослойного персептрона (рис. 3) – вершинами обозначены элементарные преобразователи информации – нейроны, а дугами – связи между ними, имеющие разную «силу» (веса синаптических связей). Рассматриваемый персептрон имеет несколько слоев нейронов:

- входной слой, на который подается набор входных сигналов X ;
- один или более «скрытых» (промежуточных) слоев;
- выходной слой, с которого снимается набор выходных сигналов Y .

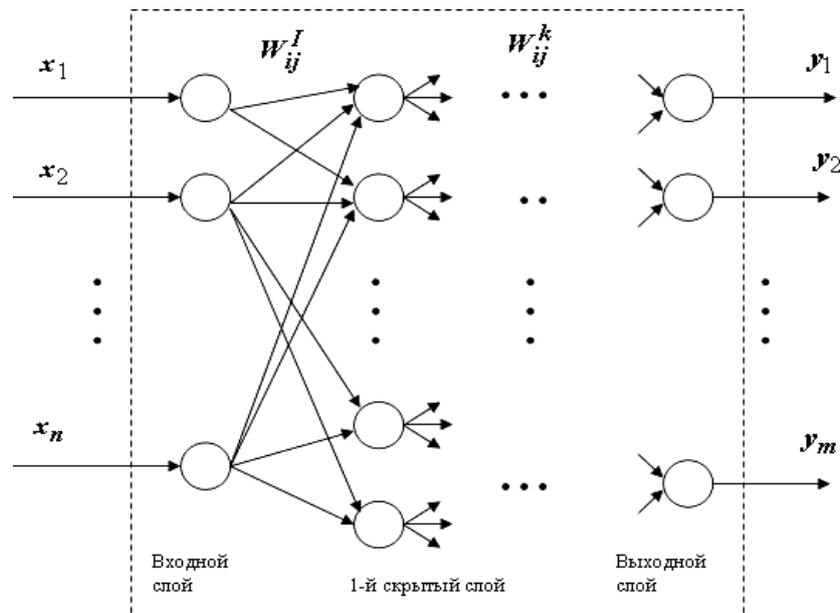


Рис. 3. Структурная схема НС в виде многослойного персептрона

Активация сумматора i -го элемента персептрона (нейрона) представляет собой дискретную функцию ступенчатого типа, поэтому выходной сигнал y_i (u_i) может принимать только два значения:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } u_i \geq 0; \\ 0, & \text{если } u_i < 0, \end{cases}$$

где выходной сигнал сумматора u_i составляет:

$$u_i = \sum_{j=0}^N w_{ij} x_j .$$

При решении задач идентификации и классификации нейросеть представляет собой нелинейную модель этого процесса, обеспечивающую выработку соответствующего решения. Входными сигналами являются коды признаков элементов геометрического образа изделий.

Алгоритм построения классификатора на основе нейронных сетей включает следующие этапы и процедуры.

1. Работа с данными:
 - 1) составить базу данных из примеров, характерных для данной задачи;
 - 2) разбить всю совокупность данных на два множества: обучающее и тестовое (возможно разбиение на 3 множества: обучающее, тестовое и подтверждающее).
2. Предварительная обработка:

1) выбрать систему признаков, характерных для данной задачи, и преобразовать данные соответствующим образом для подачи на вход сети (нормировка, стандартизация и т. д.). В результате желательнее получить линейно отделяемое пространство множества образцов;

2) выбрать систему кодирования выходных значений (классическое кодирование, 2 на 2 кодирование и т. д.).

3. Конструирование, обучение и оценка качества сети:

1) выбрать топологию сети: количество слоев, число нейронов в слоях и т.д.;

2) выбрать функцию активации нейронов (например «сигмоида»);

3) выбрать алгоритм обучения сети;

4) оценить качество работы сети на основе подтверждающего множества или другому критерию, оптимизировать архитектуру (уменьшение весов, прореживание пространства признаков);

5) остановиться на варианте сети, который обеспечивает наилучшую способность к обобщению, и оценить качество работы по тестовому множеству.

4. Использование и диагностика:

1) выяснить степень влияния различных факторов на принимаемое решение (эвристический подход);

2) убедиться, что сеть дает требуемую точность классификации (число неправильно распознанных примеров мало);

3) при необходимости вернуться на этап 2, изменив способ представления образцов или изменив базу данных;

4) практически использовать сеть для решения задачи.

Программно-методическое обеспечение. Разработка элементов программно-методического обеспечения, реализующих методы нейронных сетей, возможна путем разработки оригинальных программных продуктов либо путем использования существующих программных продуктов, обладающих нужной функциональностью и позволяющих реализовать описанные подходы. Здесь следует отметить оригинальный программный продукт Neural Network Wizard (разработчик BaseGroup Lab, www.basegroup.ru), позволяющий провести исследования с целью выбора оптимальной для решаемой задачи конфигурации нейронной сети. Кроме того, этот же разработчик предлагает библиотеку компонентов NeuralBase, позволяющую достаточно быстро реализовать нейронную сеть. При этом, как отмечают сами разработчики, основным назначением библиотеки является интеграция нейронных сетей в информационные системы, для расширения аналитических возможностей систем. Реализация нейронных сетей в виде компонентов, наличие открытого кода позволяет легко встраивать в другие программы. Объектно-ориентированное исполнение придает особую гибкость, достаточно переписать пару методов и можно получить компонент, оптимизированный под конкретные решаемые задачи. В то же время в качестве простого варианта элемента программно-методического обеспечения выбора технологических методов при проектировании ТП может выступать разработанный авторами программный продукт. Данный программный продукт предназначен для автоматизации поиска технологических методов формообразования по некоторой совокупности показателей, а также хранения и редактирования в реферативном виде информации по различным технологическим методам. Таким образом, функциональное назначение программного продукта:

1) поиск технологических методов по заданным значениям установленных критериев;

2) работа с реферативными описаниями технологических методов;

3) работа со справочниками.

Работа с поисковой формой (рис. 4) достаточно проста. Первоначально осуществляет выбор тех показателей, которые будут являться критериями выбора. При этом в данной версии программного продукта все критерии выбора независимы друг от друга, что позволяет в зависимости от решаемой задачи заполнять только необходимые. В качестве критериев выбрано несколько наиболее важных качественных характеристик, определяющих выбор технологических методов, и ряд количественных характеристик, ограничивающих этот выбор.

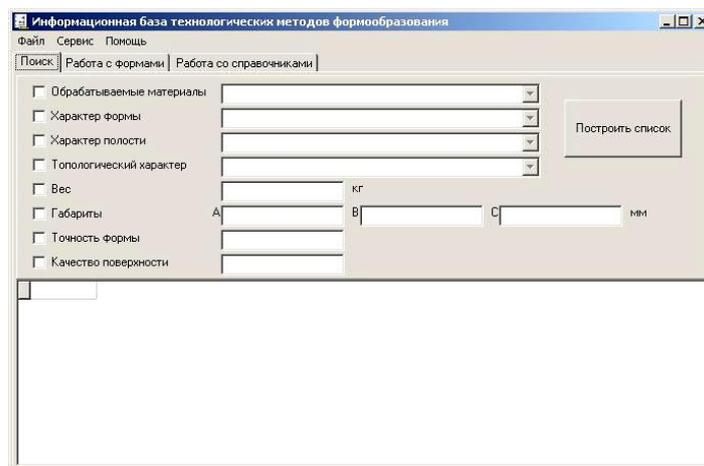


Рис. 4. Окно поисковой формы технологического метода

Для заполнения качественных характеристик предусмотрен выбор данных из соответствующих справочников: обрабатываемые материал, характер геометрической формы, характер полости (при ее наличии) и общий топологический характер. Для количественных характеристик предусмотрен прямой ввод необходимых данных в соответствующие поля формы: масса (кг), габаритные размеры (мм), степень (квалитет) точности (IT) и значение показателя качества поверхности (Ra , мкм). После заполнения необходимых полей поисковой формы осуществляется построение списка возможных технологических методов изготовления. Информация о каждом из возможных методов может быть просмотрена в окне реферативного описания этого технологического метода.

Для полноценного функционирования подсистемы поиска технологических методов необходим массив единообразных описаний различных технологических методов. Эти описания технологических методов имеют четкую структуру с полями различных типов (числовыми, перечисляемыми, текстовыми и пр.). В соответствии с этим структура описания технологических методов построена в табличном виде приближенно к фреймовой модели представления и имеет установленный перечень полей (слотов), отражающих основные свойства технологических методов. Основное окно (рис. 5) работы с реферативными описаниями технологических методов разбито на несколько разделов (зон) в соответствии с группированием представляемых данных. В данной форме также ряд полей содержит сведения из вспомогательных справочников, а ряд полей – текстовую или цифровую информацию, записываемую в естественной форме. Полнота и адекватность описания технологических методов влияет на степень достоверности получаемых результатов при поиске технологических методов.

Редактирование формы	
Литье	Наименование способа Литьев в песчано-глинистые формы
Определение	
Физическая сущность	Физ.состояние материала в момент формирования жидкое
Основной рабочий процесс	
Вид энерг.возд.	тепловое Рабочая среда Газ (воздух)
Обрабатываемые материалы	
Топологические характеристики	
Хар.формы	Хар.полости
Топологич. х-р	Взаим.ФЗЗ и Ом
Описание	
ФЗЗ	
Метрические характеристики	
Качество поверхности	min 1,25 max 40
Габаритные размеры	A 15000 B 15000 C 15000 мм Вес min max 1000000 кг
Толщина стенки	min max мм Точность формы min 7 max 21
Технологические характеристики	
Серийность	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Первичность синтеза
Производительность	
Энергоемкость	
Экологичность	
Примечание	
<input type="button" value="Печать"/> <input type="button" value="Литература"/> <input type="button" value="Запомнить"/> <input type="button" value="Справочник F2"/> <input type="button" value="Отменить"/>	

Рис. 5. Основное окно редактирования реферативного описания технологических методов

В отдельном окне (рис. 6) предусмотрена возможность работы со справочниками с целью редактирования, дополнения или исключения сведений в них хранящихся. Каждый из справочников, а равно и реферативные описания технологических методов, представляют собой самостоятельные модули, что в совокупности с их открытостью позволяет легко поддерживать хранимые данные в актуальном состоянии. Основными объектами приложения являются: таблицы (хранимые данные); запросы (данные, получаемые из хранимых путем применения правил вывода); формы (объекты через которые осуществляется взаимодействие с пользователем); отчеты (средство представления выходной информации); модули (реализуют программную логику приложения). Рассмотренная программная реализация формального выбора технологических методов позволяет осуществлять обоснованный поиск альтернативных вариантов технологических методов изготовления, просмотр и при необходимости редактирование описаний различных технологических методов и работу с интегрированными справочниками. Помимо непосредственного подбора эффективного технологического метода могут также решаться задачи по выбору материала изделия для конкретного технологического метода или подбору перспективных изделий для конкретных материалов и технологических методов. А также кроме прямых эффектов применения описанная программная реализация может выступать в качестве автоматизированного средства обучения для соответствующих технических специальностей.

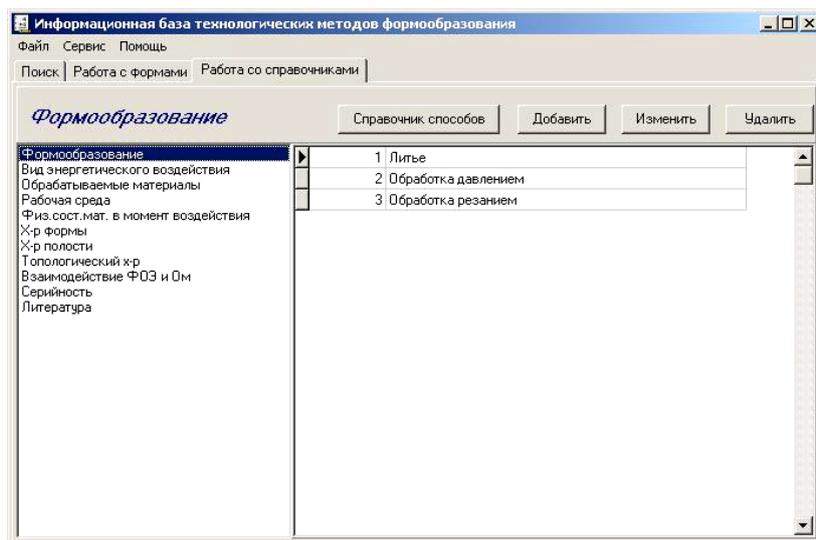


Рис. 6. Основное окно работы со справочниками

Данные, хранимые в реферативных описаниях технологических методов, могут быть проанализированы также и другими программными продуктами. В частности некоторый интерес представляет программная платформа Deductor (BaseGroup Lab), представляющая собой аналитическую платформу для создания законченных прикладных решений в области анализа данных. В данной программной платформе реализованы такие подходы к анализу данных, как OnLine Analytical Processing (OLAP), Knowledge Discovery in Database (KDD) и Data Mining (DM). Интерес к данной платформе вызван в первую очередь тем, что источниками данных могут служить текстовые файлы с разделителями, dbf-таблицы, файлы в офисные системы (MS Access, MS Excel), базы данных (Oracle, MS SQL, Firebird, Sybase...), к которым осуществляется прямой доступ, базы данных, для которых поддерживается доступ через драйверы ADO и ODBC, бизнес-приложения IC: Предприятие и, наконец, хранилища данных как традиционные, так и виртуальные. Тем самым снимается ключевая проблема использования различных программных средств, связанная с необходимостью повторного ввода данных.

Реализация OLAP (оперативной аналитической обработки данных) как способа анализа и визуализации многомерных данных в виде многомерных кубов позволяет обеспечить наглядное отображение взаимосвязей, существующих не только между технологическими методами и показателями свойств изделий (посредством анализа технологических возможностей методов), но и между самими показателями.

Заключение. Задача автоматизации технологической подготовки производства в настоящее время продиктована острой необходимостью сокращения сроков проектирования и снижения производственных затрат. В настоящее время существуют разнообразные информационные технологии и программные продукты, позволяющие решать задачи автоматизации. Тем не менее многие вопросы до сих пор не имеют окончательного решения. Основной проблемой можно считать обеспечение эффективного внедрения современных информационных технологий в процедуры автоматизации производства и автоматизации технологической подготовки производства. В качестве методологической основы может быть выбрана теория организации систем компактного производства. При этом должна быть решена задача выделения конструктивных инвариантов продукции и определения связи между технологическими и конструктивными инвариантами. Одним из эффективнейших средств выделения конструктивных вариантов является использование нейронных сетей. Разработанный алгоритм классификатора на основе нейронных сетей позволяет решать задачи выделения конструктивных инвариантов продукции. Одной из задач, решаемых при автоматизации технологической подготовки, является задача автоматизации выбора технологического метода изготовления, как на этапах обработки, так и на этапе получения заготовки. В большинстве современных автоматизированных систем технологической подготовки производства функционала связанного с автоматизированным выбором технологических методов не предусмотрено.

Разработанная программная реализация выбора технологических методов позволяет осуществлять обоснованный формальный поиск альтернативных вариантов технологических методов изготовления, просмотр и при необходимости редактирование описаний различных технологических методов и работу с интегрированными справочниками. Помимо прямого подбора эффективного технологического метода могут также решаться задачи выбора материала изделия для конкретного технологического метода или подбору перспективных изделий для прогрессивных материалов и технологических методов. Кроме пря-

мых эффектов применения описанная программная реализация может выступать в качестве средства обучения студентов высших учебных заведений соответствующих технических специальностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голоденко, П.А. САПР в мелкосерийном производстве / П.А. Голоденко, В.П. Смоленцев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. – 124 с.
2. Цветков, В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов / В.Д. Цветков. – Минск: Наука и техника, 1979. – 264 с.
3. Применение ЭВМ в технологической подготовке серийного производства / С.П. Митрофанов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1981. – 288 с.
4. Автоматизированные системы технологической подготовки производства / Б.Е. Челищев [и др.]; под ред. Г.К. Горанского. – М.: Энергия, 1976. – 136 с.
5. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / М.Л. Хейфец [и др.]; под общ. ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.
6. Свирский, Д.Н. Организация и технология компактного производства. Теория и практика / Д.Н. Свирский, Б.Н. Сухиненко. – Витебск: ВГТУ, 2008. – 200 с.
7. Свирский, Д.Н. Компактная производственная система как объект автоматизированного проектирования / Д.Н. Свирский. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – 48 с.

Поступила 26.01.2010

TECHNOLOGICAL DECISIONS MAKING AUTOMATION IN COMPACT MANUFACTURE OF MACHINE-BUILDING PRODUCTION

D. SVIRSKY, A. KLIMENTJEV

The tasks of lean (compact) manufacture technological maintenance automation, in particular, the technological processes planning automation are examined. The main problems must be solved during a manufacture technological preparation automation are formulated, as well as the task of automation of a choice of a method for the details manufacturing. The theory of the compact manufacture systems organization is chosen as a research methodological basis. The approach based on neural networks realization is used for the decision of a problem of the production constructive invariant allocation. The algorithm on the neural networks base for the qualifier construction is offered. The variant of the program and methodical maintenance for the technological methods choice during the technological processes planning is offered. Thus formalization of the choice is based on the technological methods applicability parameters determination in view of requirements to the product properties set maintenance. The considered software allows to carry out a direct search and a preliminary choice of technological methods on preset values of the established criteria with use of information files of descriptions of the various technological methods introduced in modern mechanical engineering. Besides the given software allows to solve a number of other practical tasks.