

УДК: 621.396.6.002

## **Экспертная система технологического процесса для единичного и мелкосерийного производства РЭА.**

Н.Л. Дембицкий, Т.Ю. Васильева.

*Статья о внедрении экспертных систем управления технологическим процессом на производстве РЭА. В ней рассмотрены основные направления исследований - изучение методологии автоматизированного проектирования технологической документации и развитие новых методов организации и разработки экспертных систем технологического проектирования.*

Современный уровень разработок автоматизированных систем позволяет поставить вопрос исследования сущности и возможности создания экспертных систем (ЭС) технологического назначения, которые должны обладать по крайней мере тремя особенностями[1]:

- Способностью к накоплению и корректировке знаний на основе активного восприятия технологической информации, в том числе обобщенного опыта технологии проектирования и результатов технологических исследований.
- Способностью к целенаправленному поведению на основе накопленных знаний.
- Способностью к объяснению и обучению.

В период радикальных структурных изменений промышленности в последние годы наблюдаются эволюции существовавших ранее четких систем управления технологическим процессом производства, что создает определенные трудности в изготовлении изделий:

- Предприятия, работающие по устаревшим методикам, постоянно вносят коррективы в технологический процесс.
- Ощущается недостаточное количество специалистов-экспертов, работающих в области технологии производства радиоэлектронного оборудования.
- Имеются существенные трудности в передаче опыта от кадровых работников молодым специалистам.

В этих условиях одним из способов решения перечисленных проблем может быть внедрение экспертных систем управления технологическим процессом на производстве. При их разработке можно выделить два основных направления исследований:

- Изучение методологии автоматизированного проектирования.
- Развитие новых методов организации и разработки экспертных систем технологического проектирования (ЭСП).

Наиболее характерной формой для решения технологических задач являются продукционные системы, где знания представлены совокупностью правил вида “ЕСЛИ – ТО”. Эти системы бывают двух диаметрально противоположных типов – с прямыми и обратными выводами.

В системе продукций с обратными выводами с помощью правил строится дерево И/ИЛИ, связывающее в единое целое факты и заключения; оценка этого дерева на основании фактов, имеющихся в базе данных, и есть логический вывод, который бывает прямым, обратным и двунаправленным. При прямом выводе отправной точкой служат предоставленные данные, процесс оценки приостанавливается в узлах с отрицанием, причем в качестве заключения (если не все дерево пройдено) используется гипотеза, соответствующая самому верхнему уровню дерева (корню). Преимущество обратных выводов в том, что оцениваются только те части дерева, которые имеют отношение к заключению, однако если отрицание или утверждение невозможны, то порождение дерева лишено смысла. В двунаправленных выводах сначала оценивается небольшой объем полученных данных и выбирается гипотеза (по примеру прямых выводов), а затем запрашиваются данные, необходимые для принятия решения о пригодности данной гипотезы. На основе этих выводов можно реализовать гибкую систему.

Эта система включает три компонента:

- Базу правил, состоящую из набора продукций (правил вывода).
- Базу данных, содержащую множество фактов.
- Интерпретатор для получения логического вывода на основании этих знаний.

База правил и база данных образуют базу знаний, а интерпретатор соответствует механизму логического вывода. Вывод выполняется в виде цикла “понимание – выполнение”, причем в каждом цикле выполняемая часть выбранного правила обновляет базу данных. В результате содержимое базы данных преобразуется от первоначального к целевому, т.е. целевая система синтезируется в базе данных. Иначе говоря, для системы продукций характерен простой цикл выбора и выполнения (или оценки) правил.

Основные преимущества данной системы:

- Простота пополнения, модификации и аннулирования.
- Простота механизма логического вывода.

Для реализации экспертной системы использована программная оболочка FUZZYCLIPS 6.04, которая относится к числу наиболее доступных программ, свободно распространяемых через INTERNET, что выгодно для предприятия мелкосерийного и единичного производства РЭА. Именно эта версия из множества оболочек, созданных для экспертных систем является продукционной системой, использующей вывод от фактов к цели.

Известно, что основным фактором для выбора того или иного параметра является соотношение цены и качества, то есть, экономическая эффективность каждой конкретной операции. Опираясь

на эту основу, поставлена задача для экспертной системы, которая заключается в выполнении следующих этапов:

- Анализ существующих вариантов.
- Расчет экономической эффективности каждого варианта.
- Выбор наиболее выгодного варианта.
- Выдача рекомендаций по применению наиболее выгодного варианта и пояснение своего выбора с точки зрения экономической эффективности.

Процесс работы пользователя с оболочкой FUZZYCLIPS 6.04 достаточно прост, требуется произвести ввод нескольких параметров – загрузка файла, команд (reset) и (run), ответить на запросы системы только введением у или n и посмотреть результат в окне Facts (Main).

Внедрение в производство экспертной системы (ЭС) позволяет при наименьших затратах и с максимальной выгодой для предприятия повысить экономическую эффективность научной организации труда и ускорить сроки оперативно – производственного и сетевого планирования при организации управления технологическим процессом при опытном и мелкосерийном производстве.

Возможности создания ЭС на основе оболочки FUZZYCLIPS 6.04 были исследованы на примерах выбора структуры и параметров технологических операций изготовления отверстий в рупорном отражателе. Варианты технологического процесса показаны в табл.1.

Таблица 1.

№	Способ создания	Специалист	Оборудование	Время	Стоимость
---	-----------------	------------	--------------	-------	-----------

способа	отверстия	т		работы, мин.	работы, усл. Ед.
1	Высверливание.	Слесарь 3 разряда.	Настольно – сверлильный станок.	8	2
2	Высверливание.	Слесарь 3 разряда.	Ручная электродрель.	15	5
3	Штамповка (вырубка).	Слесарь 3 разряда.	Пресс (штамп)	10	0,75
4	Выпиливание напильником.	Слесарь 4 разряда	Тиски	25	1,5
5	Фрезерование.	Фрезеров- щик 3 разряда	Фрезерный станок	5	3
6	Вырезание лазером.	Инженер 1 категории	Лазерное оборудование	1	10

Для организации выполнения работы потребуется дополнительно выбрать:

А. Приспособления и вспомогательные инструменты.

- Напильник.
- Сверло требуемого диаметра.
- Ножницы слесарные для резки металла.
- Машина пневматическая ручная.
- Развальцовка.
- Фреза концевая.
- Молоток.

Б. Измерительные инструменты.

- Штангенциркуль.
- Калибр.
- Шаблон радиусный.
- Штангенрейсмас.
- Угольник поверочный.

Далее производим выбор вариантов согласно критериям:

- Время, требуемое для производства операции.
- Стоимость проведения операции.

- Точность изготовления отверстия выбранным оборудованием.

Максимальный показатель каждого критерия соответствует величине, обратно пропорциональной числовому значению каждого критерия.

Таблица 2.

	Мах показатель:	Критерии:		
		1 - Время	2 – Стоимость	3 - Точность
1	Мах	Вырезание лазером.- 1с.	Штамповка (вырубка). Пресс (штамп) – 0,75	Вырезание лазером – $\pm 0,001$ мм
2		Фрезерование.- 5мин.	Выпиливание напильником. Тиски – 1,5	Фрезерование - $\pm 0,1$ мм
3		Высверливание. Настольно – сверлильный станок.-8 мин.	Высверливание. Настольно – сверлильный станок.-2.	Высверливание. Настольно – сверлильный станок – $\pm 0,3$ мм
4		Штамповка (вырубка). Пресс (штамп) – 10 мин	Фрезерование –3.	Штамповка (вырубка). Пресс (штамп) – $\pm 0,5$ мм.
5		Высверливание. Ручная электродрель. –15 мин.	Высверливание. Ручная электродрель. –5.	Высверливание. Ручная электродрель. – $\pm 1$ мм.
6		Выпиливание напильником. Верстак слесарный – 25 мин.		Выпиливание напильником. Тиски – $\pm 3$ мм.
	Min			

Далее определяем критерии, исходя из чертежа и требований заказчика:

- Время – не требуется высокого быстродействия.
- Стоимость – до 3 у.е.
- Точность -  $\pm 0,2$  мм.

Анализируя имеющиеся данные, приходим к выводу, что наиболее подходящий вариант для изготовления отверстий в отражателе - высверливание настольно – сверлильным станком, так как:

- Точность изготовления отверстия -  $\pm 0,2$ мм.
- Стоимость изготовления отверстия – не более 2 у.е.
- Не требуется высокого быстродействия при выполнении работы.
- Количество отверстий – 4.

Штамповка дает менее точный результат.

Вырубание и выпиливание – варианты не применимы для отверстий малого диаметра.

Высверливание электродрелью – не дает требуемого качества.

Также, в случае необходимости, можно допустить фрезерование и штамповку, как наиболее близкие к выбранному варианту по сочетанию критериев способы изготовления отверстий.

Представленные данные заносятся в базу знаний системы в виде фактов, целей, критериев и условий на языке CLIPS. В результате логического вывода выбирается способ изготовления и проверки качества отверстий, технологическое оборудование при условии оптимизации параметров время-стоимость.

Эта информация заносится в соответствующие графы МКТП [2, 3].

В экспертной системе реализованы правила, которые в зависимости от поставленных критериев задают вопросы пользователю, и получают ответ в строго заданной форме. Эти ответы формируют описание текущей ситуации с помощью фактов и эмпирических правил.

Программа организована следующим образом:

- Определены вспомогательные функции ask-question и yes-or-no-p, которые организуют работу с пользователем в диалоговом режиме, т.е. в зависимости от ответа пользователя определяет дальнейшие свои действия по перебору правил.
- Правила выбора способа изготовления отверстия по критерию точности, стоимости, времени.
- Правила для выбора необходимого оборудования в соответствии с уже выбранным способом изготовления отверстия.
- Правило по determine в случае, если не одно из правил не дает результата, т.е. дается рекомендация о необходимости обращения к опытному специалисту.
- Правило для вывода на экран сообщения о результате работы экспертной системы.
- Правило system – banner, которое выводит на экран название экспертной системы при каждом новом запуске программы.

В результате работы с экспертной системой получим информацию, которая заполняется в графы маршрутной карты.

Экспериментальная проверка разработанной программы показала, что ЭС выполняет свою основную задачу по анализу существующих вариантов и выдает рекомендации по применению наиболее выгодного, оптимального варианта, пояснив свой выбор с точки зрения экономической эффективности. В настоящее время выполняются работы по расширению базы знаний ЭС путем формализации на языке CLIPS типовых технологических процессов механической обработки деталей РЭА.

#### Список литературы.

1. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS-СПб. БХВ – Петербург, 2003. 687 с.
2. Государственные стандарты СССР. ЕСТД - Единые правила оформления, выполнения, комплектации и обращения технологической документации в зависимости от типа и характера производства. ГОСТ 3.1001-81.- М.: Издательство стандартов, 1988. 344с
3. Э.Т. Романычева и др. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА. М.: Радио и связь, 1984. 364 с.

---

#### Сведения об авторах.

Дембицкий Николай Леонидович, доцент кафедры конструирования и технологии производства радиотехнических систем Московского авиационного института (государственного технического университета), к.т.н.

Васильева Татьяна Юрьевна, аспирант кафедры конструирования и технологии производства радиотехнических систем Московского авиационного института (государственного технического университета).