

Саратовский электроприборостроительный завод  
им. Серго Орджоникидзе  
ул. Б. Садовая, 239, Саратов, 410005, Россия  
E-mail: ialx@rambler.ru

## **ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОЧЕРЕДНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭТАПОВ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА**

Показано, что целесообразно автоматизировать этапы конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) в порядке убывания экономии времени от автоматизации данного этапа. Предложен алгоритм определения экономии времени. Алгоритм реализован в виде экспертной системы (ЭС). Приведены исходные данные и структура ЭС. Описана реализация ЭС и представлены результаты ее применения.

*Ключевые слова:* подготовка производства, поэтапная автоматизация, экономия времени, экспертная система, результаты применения.

Необходимые условия конкурентоспособности на рынке для сегодняшних промышленных предприятий – это ускорение, удешевление и повышение гибкости производства продукции (ускорение постановки на производство новых изделий и изменения существующих). Поэтому актуальна задача уменьшения времени постановки изделий на производство, т. е. времени, проходящего от окончания разработки (или доработки) изделия до начала его изготовления. Для решения задачи необходимо автоматизировать процесс постановки изделий на производство, или конструкторско-технологическую подготовку производства (КТПП). Поэтому наряду с автоматизацией собственно производства продукции автоматизация ведения КТПП на промышленных предприятиях в настоящее время приобретает все большее распространение.

Теоретически оптимальным решением проблемы автоматизации КТПП считается приобретение готового специального ПО и его единовременная полная настройка под нужды предприятия [1–4]. Однако на практике полная автоматизация КТПП «в один прием», как правило, невозможна. Поэтому актуальной является задача автоматизации КТПП поэтапно [5; 6] и определения очередности этапов.

Целесообразно установить очередность автоматизации этапов КТПП в порядке убывания экономии времени от автоматизации данного этапа. Для этого необходимо найти оптимальный алгоритм определения экономии времени от автоматизации каждого этапа, а затем реализовать найденный алгоритм в виде программного средства, позволяющего получить конкретные значения очередности в зависимости от задаваемых исходных данных.

В данной статье предлагается реализовать полученный алгоритм в виде экспертной системы (ЭС) поддержки принятия решений. Приведены исходные данные, на основе которых разработана ЭС. Приведена структура ЭС, особенности ее реализации и результаты применения.

### **Исходные данные**

КТПП может быть формально представлена как процесс последовательной разработки технологических процессов (ТП) изготовления детали или сборочной единицы. Технологический процесс здесь – совокупность технологических документов (ТД), разрабатываемых на

основе данных конструкторской спецификации, конструкторского чертежа и нормативной документации. При моделировании КТПП на Саратовском электроприборостроительном заводе имени Серго Орджоникидзе было рассмотрено 3 вида ТП (ТП механообработки, ТП изготовления деталей из пластмасс, ТП сборки) [7]. В общем случае в один ТП может входить любое количество ТД. Всего имеется 12 видов ТД.

Таким образом, целесообразно установить очередность автоматизации в порядке убывания экономии времени от автоматизации разработки данного ТД или данного ТП.

Экономия времени определяется как разность расчетного времени разработки ТД вручную и планируемого времени разработки ТД автоматизированным методом.

Суммарное время разработки ТД для КТПП изделия может быть выражено формулой

$$T^{\Sigma} = \sum_{i=1}^n c_i^{\text{ТП}} T_i^{\text{ТП}}, \quad (1)$$

где

$n = 3$  – количество видов ТП в модели ( $i = 1$  – ТП сборки,  $i = 2$  – ТП изготовления деталей из пластмасс,  $i = 3$  – ТП механообработки);

$c_i^{\text{ТП}}$  – количество ТП вида  $i$  в изделии;

$T_i^{\text{ТП}}$  – время разработки одного ТП вида  $i$  (суммарное время разработки всех ТД, входящих в ТП вида  $i$ ).

Время разработки одного ТП может быть выражено формулой

$$T_i^{\text{ТП}} = \sum_{j=1}^{n_i} c_{i,j}^{\text{Д}} T_{i,j}^{\text{Д}}, \quad (2)$$

где

$n_i$  – количество видов ТД в ТП вида  $i$ ;

$c_{i,j}^{\text{Д}}$  – количество ТД вида  $j$  в ТП вида  $i$ ;

$T_{i,j}^{\text{Д}}$  – время разработки одного ТД вида  $j$  при разработке ТП вида  $i$ .

Время разработки отдельного документа вручную фактически представляет собой время заполнения вручную бланка этого документа.

Оценим время заполнения одного документа. ТД, как любой документ, в общем случае представляется состоящим из заголовка и тела документа:

$$D = (C, M), \text{ или } D = ([C_1 \dots C_n], [[M_{11} \dots M_{1m}] \dots [M_{k1} \dots M_{km}]]),$$

где заголовок  $C$  представляет собой список параметров  $C_1 \dots C_n$ ; тело  $M$  представляет собой таблицу параметров следующего вида:

$M_{11}$		$M_{k1}$
	...	
$M_{1m}$		$M_{km}$

В этом случае время заполнения документа может быть выражено суммой времени заполнения заголовка и тела документа:

$$T_{i,j}^{\text{Д}} = T_{i,j}^{\text{C}} + T_{i,j}^{\text{M}} = \sum_{x=1}^{m_{i,j}} t_{i,j}^{\text{C}x} + c_{i,j}^{\text{СТР}} \sum_{y=1}^{k_{i,j}} p_{M_y}^{i,j} t_{M_y}^{i,j}, \quad (3)$$

где

$T_{i,j}^{\text{C}}$  – время заполнения заголовка;

$T_{i,j}^{\text{M}}$  – время заполнения тела;

$m_{i,j}$  – количество параметров заголовка;

$c_{i,j}^{\text{СТР}}$  – количество строк тела;

$k_{i,j}$  – количество параметров в строке тела;

$t_{C_x}^{i,j}$  – время заполнения параметра  $C_x$  заголовка;

$t_{M_y}^{i,j}$  – время заполнения параметра  $M_y$  тела (на пересечении столбца  $y$  и строки  $i$  таблицы параметров тела);

$p_{M_y}^{i,j}$  – вероятность необходимости заполнения параметра  $M_y$  тела для документа вида  $j$  при разработке ТП вида  $i$ .

Таким образом, из (1), (2) и (3) следует, что для расчета времени разработки всей ТД на изделие следует установить значения следующих параметров:

$c_i^{\text{ТП}}$  – среднее количество ТП вида  $i$  в изделии ( $c_1^{\text{ТП}}$ ,  $c_2^{\text{ТП}}$ ,  $c_3^{\text{ТП}}$ );

$c_{i,j}^{\text{Д}}$  – среднее количество ТД вида  $j$  в ТП вида  $i$ ;

$c_{i,j}^{\text{СТР}}$  – среднее количество строк тела ТД вида  $j$  в ТП вида  $i$ ;

$t_{C_x}^{i,j}$  – среднее время заполнения параметра  $C_x$  заголовка;

$t_{M_y}^{i,j}$  – среднее время заполнения параметра  $M_y$  тела;

$p_{M_y}^{i,j}$  – вероятность необходимости заполнения параметра  $M_y$  тела.

С помощью анализа ТД установлено, что всего для проведения расчета времени разработки ТД вручную (по всем видам ТД) требуется: значений  $c_i^{\text{ТП}}$  – 3 шт.,  $c_{i,j}^{\text{Д}}$  – 23,  $c_{i,j}^{\text{СТР}}$  – 23,  $t_{C_x}^{i,j}$  – 223,  $t_{M_y}^{i,j}$  – 94,  $p_{M_y}^{i,j}$  – 94 шт. Итого: значений  $c$  – 49 шт.,  $p$  – 94,  $t$  – 317 шт.

Поскольку устанавливать большое количество средних значений времени  $t$  – весьма трудоемкая рутинная работа, то в рамках поставленной в статье задачи целесообразно снизить трудоемкость этой работы. Поэтому было принято следующее допущение: значения  $t_{C_x}^{i,j}$  и  $t_{M_y}^{i,j}$  времени заполнения поля документа в среднем одинаковы для полей, заполняемых одинаковым способом [8]. Выявлено 9 способов заполнения поля документа вручную.

1. Присвоение порядкового номера без обращения к другим документам.
2. Присвоение порядкового номера путем обращения к другому документу.
3. Переписывание значения из документа, находящегося рядом.
4. Подбор нужного значения из известного множества без обращения к другим документам.
5. Подбор нужного значения из известного множества путем обращения к другому документу.
6. Обдумывание (заполнение значения, не существующего ранее).
7. Вычисление значения.
8. Изготовление эскиза.
9. Заключительные операции (проставление фамилии, даты).

Каждому способу соответствует время  $t_k$ . Каждому  $t_{C_x}^{i,j}$  и  $t_{M_y}^{i,j}$  соответствует определенное  $t_k$ . Для решения задачи требуется 9 значений  $t_k$ .

Значения  $c_i^{\text{ТП}}$ ,  $c_{i,j}^{\text{Д}}$ ,  $c_{i,j}^{\text{СТР}}$ ,  $p_{M_y}^{i,j}$  установлены путем подбора и анализа ранее разработанных ТД соответствующих видов в составе ТП изготовления изделий. Значения  $t_k$  установлены путем опроса экспертов, в качестве которых выступили технологи предприятия, и последующей обработки результатов опроса статистическими методами.

Время разработки отдельного документа при автоматизированном формировании определяется тем же способом. При этом значения параметров  $c_i^{\text{ТП}}$ ,  $c_{i,j}^{\text{Д}}$ ,  $c_{i,j}^{\text{СТР}}$ ,  $p_{M_y}^{i,j}$  останутся без изменений (автоматизация в рамках рассматриваемой модели на них не влияет), значения же  $t_k$  изменятся. При автоматизированном формировании ТД заполнение параметров заголовка и тела документа возможно также несколькими способами. Выявлено 9 способов [8].

А. Заполнение с участием оператора:

- 1) ручной ввод числового значения;

- 2) обдумывание (заполнение значения, не существующего ранее) и ручной ввод;
- 3) выбор из списка;
- 4) изготовление эскиза, сохранение файла, указание пути файла в поле документа.

Б. Заполнение без участия оператора:

- 1) присвоение порядкового номера путем обращения к базе подобных значений;
- 2) присвоение порядкового номера записям, следующим подряд;
- 3) перенос значения из поля другого документа;
- 4) ввод значения в зависимости от значения в другом поле (после его заполнения или выбора) или ввод предопределенного значения;
- 5) заключительные операции (проставление имени пользователя, текущей даты).

Значения параметров заполнения с участием оператора установлены путем опроса экспертов, наблюдения за их работой и анализа результатов. Значения параметров заполнения без участия оператора определено опытным путем.

Экономия времени при автоматизации разработки ТД вида  $j$  для ТП вида  $i$  есть разность  $T_{i,j}^{ДΣΔ}$  значений общего времени заполнения всех экземпляров ТД вида  $j$  для ТП вида  $i$  вручную  $T_{i,j}^{ДΣP}$  и автоматически  $T_{i,j}^{ДΣA}$ :

$$T_{i,j}^{ДΣΔ} = T_{i,j}^{ДΣP} - T_{i,j}^{ДΣA}. \quad (4)$$

Этот объем данных минимально необходим для моделирования ЭС.

### Целевая функция экспертной системы

Как следует из формул (1)–(4), экономия времени зависит в итоге от множества всех значений количества  $c$ , вероятности  $p$  и времени  $t$ . Поэтому целевая функция будет иметь следующий вид:

- для установления очередности автоматизации заполнения ТД:

$$T_{i,j}^{ДА} = f_{i,j}(C, P, T); \quad (5)$$

- для установления очередности автоматизации заполнения ТП:

$$T_i^{ТПΔ} = f_i(C, P, T), \quad (6)$$

где  $C, P, T$  – множество всех значений  $c, p, t$  соответственно.

Поскольку для решения задачи интересны максимальные значения (имеющиеся значения следует расположить начиная с максимального и в этом порядке проводить автоматизацию), то заданные целевые функции должны стремиться к максимуму.

Следует указать также, что значения целевых функций  $T_{i,j}^{ДА}$  и  $T_i^{ТПΔ}$  зависят от множеств  $C, P, T$  не напрямую, а посредством промежуточных зависимостей (обозначения величин показаны без индексов):

$$T^{ТПΔ} = f(T^{ТПP}, T^{ТПA}) \text{ – аналогично (4);}$$

$$T^{ТП} = f(T^Д, C) \text{ – в соответствии с (2);}$$

$$T^{ДА} = f(T^{ДP}, T^{ДА}) \text{ – аналогично (4);}$$

$$T^Д = f(C, P, T') \text{ – в соответствии с (3);}$$

$$T' = f(T) \text{ – в соответствии с [8].}$$

Здесь  $T'$  – множество всех значений времени  $t$ .

### Структура экспертной системы

Структура ЭС определяется исходными данными и целевой функцией (составом и взаимосвязями между аргументами и функциями в (5)–(6)), а также требованием простоты реализации.

Для построения ЭС необходима база данных и база знаний. Как следует из исходных данных, необходимо задать 3 вида данных типа «вещественное число»:

- 1) значения количества  $c$ ;

2) значения вероятности  $p_{M_y}^{i,j}$ ;

3) значения времени  $t$ ,

а также следующие знания:

1) знание о способе получения значений времени  $t_{C_x}^{i,j}$  и  $t_{M_y}^{i,j}$  из значений времени  $t_k$ ;

2) знание о способе получения времени разработки одного документа  $T_{i,j}^D$  из соответствующих значений  $t_{C_x}^{i,j}$ ,  $t_{M_y}^{i,j}$ ,  $p_{M_y}^{i,j}$ ,  $c_{i,j}^{CTP}$ ;

3) знание о способе получения времени разработки одного ТП  $T_i^{TP}$  из соответствующих значений  $T_{i,j}^D$ ,  $c_{i,j}^D$ ;

4) знание о способе получения значения экономии времени при автоматизации разработки одного документа;

5) знание о способе получения значения экономии времени при автоматизации разработки одного ТП,

а также два дополнительных знания для отображения результата в целом:

1) знание о способе получения суммарного времени разработки ТД для КТПП изделия  $T^\Sigma$  из соответствующих значений  $T_i^{TP}$ ,  $c_i^{TP}$ ,

2) знание о способе получения значения суммарной экономии времени при автоматизации разработки всей КТПП (всех ТП).

Знание 1 целесообразнее всего реализовать с помощью фактов вида  $t_{C_x}^{i,j} := t_k$ ,  $t_{M_y}^{i,j} := t_k$ , определив отдельным фактом каждое из имеющихся  $t$ .

Знания 2, 3, 6 целесообразнее всего реализовать с помощью алгоритма, выполняющего перебор определенных (индексы которых соответствуют заданным)  $t_{C_x}^{i,j}$ ,  $t_{M_y}^{i,j}$  ( $T_{i,j}^D$ ,  $T_i^{TP}$ ) и сложение их значений с учетом соответствующих  $p_{M_y}^{i,j}$  и  $c_{i,j}^{CTP}$  ( $c_{i,j}^D$ ,  $c_i^{TP}$ ) в соответствии с формулами (1), (2), (3).

Знания 4, 5, 7 целесообразнее всего реализовать с помощью алгоритма, вычисляющего экономию времени как разность времени выполнения соответствующей работы вручную и автоматически.

Из наиболее распространенных моделей ЭС (производственные, логические, семантические и фреймовые) [9; 10] в полной мере требованию простоты реализации соответствуют производственная и логическая модели, достоинства же семантических и фреймовых моделей в рассматриваемом случае не востребованы. И производственная, и логическая модели в равной степени позволяют использование фактов для представления данных. С другой стороны, алгоритмы перебора и вычислений для знаний 2–7 легче реализовать на основе логики предикатов, нежели на основе логики продукций. Поэтому используется логическая модель.

Полученная ЭС представлена на рис. 1, 2. Описанные факты и правила, а также задаваемые оператором цели см. на рис. 1, а взаимодействие базы целей, базы правил и базы фактов в процессе достижения результата (выбранной оператором цели) – на рис. 2. Как видно, ЭС содержит лишь минимально необходимые составные части.

### Реализация экспертной системы. Описание полученной экспертной системы

Для моделируемой ЭС используется логическая модель представления данных, поэтому для ее реализации использован язык Пролог (Visual Prolog 5.2) [11].

Код программы на Прологе включает следующие разделы: домены (domains), факты (facts), предикаты (predicates), правила (clauses), цели (goal).

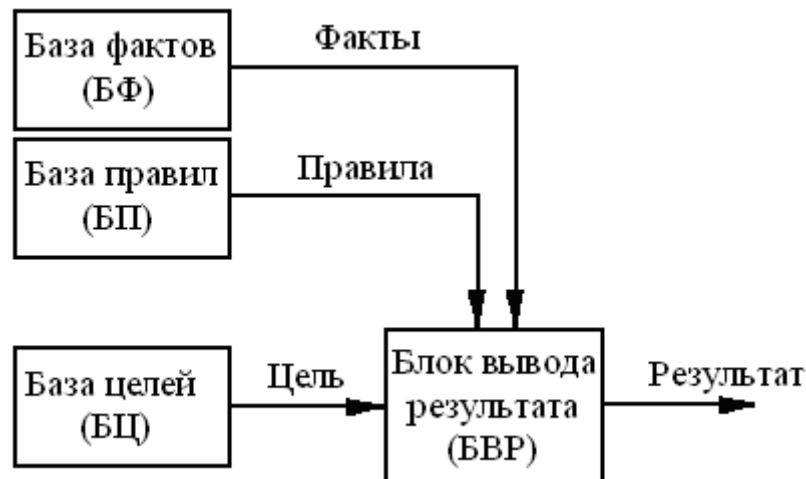
Согласно структурной схеме (см. рис. 1) и функциональной схеме (см. рис. 2), для реализации данной системы на Прологе следует:

- задать данные БД (значения  $C$ ,  $P$ ,  $T$ );
- задать знания БЗ. Как показано на структурной схеме (см. рис. 1), БД и БЗ в совокупности представляют собой базу фактов (БФ) и базу правил (БП);



\* – для работы ЭС БЦ должна содержать минимум одну цель, дополнительные цели являются необязательными.

Рис. 1. Структурная схема ЭС (факты, правила, цели)



Блок вывода результатов обеспечивает достижение цели, выбранной оператором из базы целей, с использованием правил из базы правил и фактов из базы фактов, и выдачу результата оператору.

Рис. 2. Функциональная схема ЭС

- задать цели БЦ;
- выбирая цели из БЦ в блок вывода результата, получать результат.

Данные заданы следующим образом. Чтобы задать факты, каждое  $c$  получает определенное значение, в разделе предикатов (*predicates*) объявлен предикат  $c(\text{kind}, \text{number\_doc}, r)$  с тремя аргументами:  $\text{kind}$  – вид,  $\text{number\_doc}$  – номер ТП/документа/строки;  $r$  – значение, после чего каждое из значений  $c$  задано фактом вида  $c(\text{tp}, 1, 44.00)$  в разделе *clauses*. При этом в разделе *domains* определен тип используемых аргументов. Аналогично заданы значения  $p$  и  $t$ .

Знания заданы следующим образом. Знание 1 задано совокупностью фактов, что значение каждого  $t_{i,j}$  соответствует значению определенного  $t_k$ :

$$\text{time\_of\_action}(11, \text{manually}, \text{head}, 1, X):-\text{tau}(d1, X),$$

где

11 – параметр, содержащий в себе двойной индекс документа ( $i, j$ );

manually / automatically – для заполнения вручную / автоматически;

head / body – параметр заголовка / тела документа;

1 – порядковый номер значения  $t$  для документа с индексом 11;

$X$  – переменная, которая получает значение  $d1$ , заранее присвоенное с помощью предиката  $\text{tau}(d1, 11.43)$ .

Знания (правила) 2–7 реализованы при помощи предикатов  $\text{time\_of\_doc}$ ,  $\text{time\_of\_tp}$ ,  $\text{time\_of\_doc\_ekon}$ ,  $\text{time\_of\_tp\_ekon}$ ,  $\text{time\_of\_all}$ ,  $\text{time\_of\_all\_ekon}$  соответственно.

Предикаты  $\text{time\_of\_doc}$ ,  $\text{time\_of\_tp}$ ,  $\text{time\_of\_all}$  выполняют перебор и суммирование подходящих значений согласно формулам (3), (2), (1) для получения результата по правилам 2, 3, 6 соответственно. При этом правило 6 оперирует результатами выполнения правила 3, правило 3 – результатами выполнения правила 2, и только правило 2 представляет собой результат обращения к фактам знания 1.

Предикаты же  $\text{time\_of\_doc\_ekon}$ ,  $\text{time\_of\_tp\_ekon}$ ,  $\text{time\_of\_all\_ekon}$  выполняют подсчет алгебраической разности для получения результата по правилам 4, 5, 7 соответственно.

Каждая цель задана в виде отдельного предиката  $\text{print\_res1}$ ,  $\text{print\_res2}$  и т. д. Примеры цели: рассчитать и вывести на экран значение  $T_i^{\text{ТПД}}$  для заданных  $i, C, P, T$ ; рассчитать и вывести на экран значение  $T_{i,j}^{\text{ДА}}$  для заданных  $i, j, C, P, T$ ; и т. д.

Блок вывода результата реализован в коде программы в виде раздела цели (*goal*). Оператор указывает в разделе цели нужный предикат из имеющихся и запускает программу на исполнение.

Кроме этого, в разделе *facts* объявлены факты  $\text{count}$ ,  $\text{sum1}$ ,  $\text{sum2}$ ,  $\text{sum3}$ , в ходе выполнения программы имеющие в каждый момент времени одно и только одно значение (*single*) и предназначенные для хранения текущих значений переменных. В разделе *domains* объявлены типы используемых аргументов предикатов.

Полученная ЭС обладает следующими характеристиками:

- по характеру решаемых задач – система интерпретации данных;
- по связи с реальным временем – статическая;
- по степени интеграции – автономная (негибридная);
- по типу используемых данных – с четкими данными.

Система является локальной, поскольку для ее работы не требуется более одного ПК на предприятии, а обмен данных между предприятиями с помощью системы не предусматривается.

Используемая база данных, знаний, фактов, правил, целей находится в коде программы. При необходимости данные изменяются вручную перед компиляцией. Это позволяет не использовать дополнительные СУБД и поэтому в условиях редкого использования системы является преимуществом.

### Результаты применения экспертной системы

С помощью разработанной ЭС получены следующие данные:

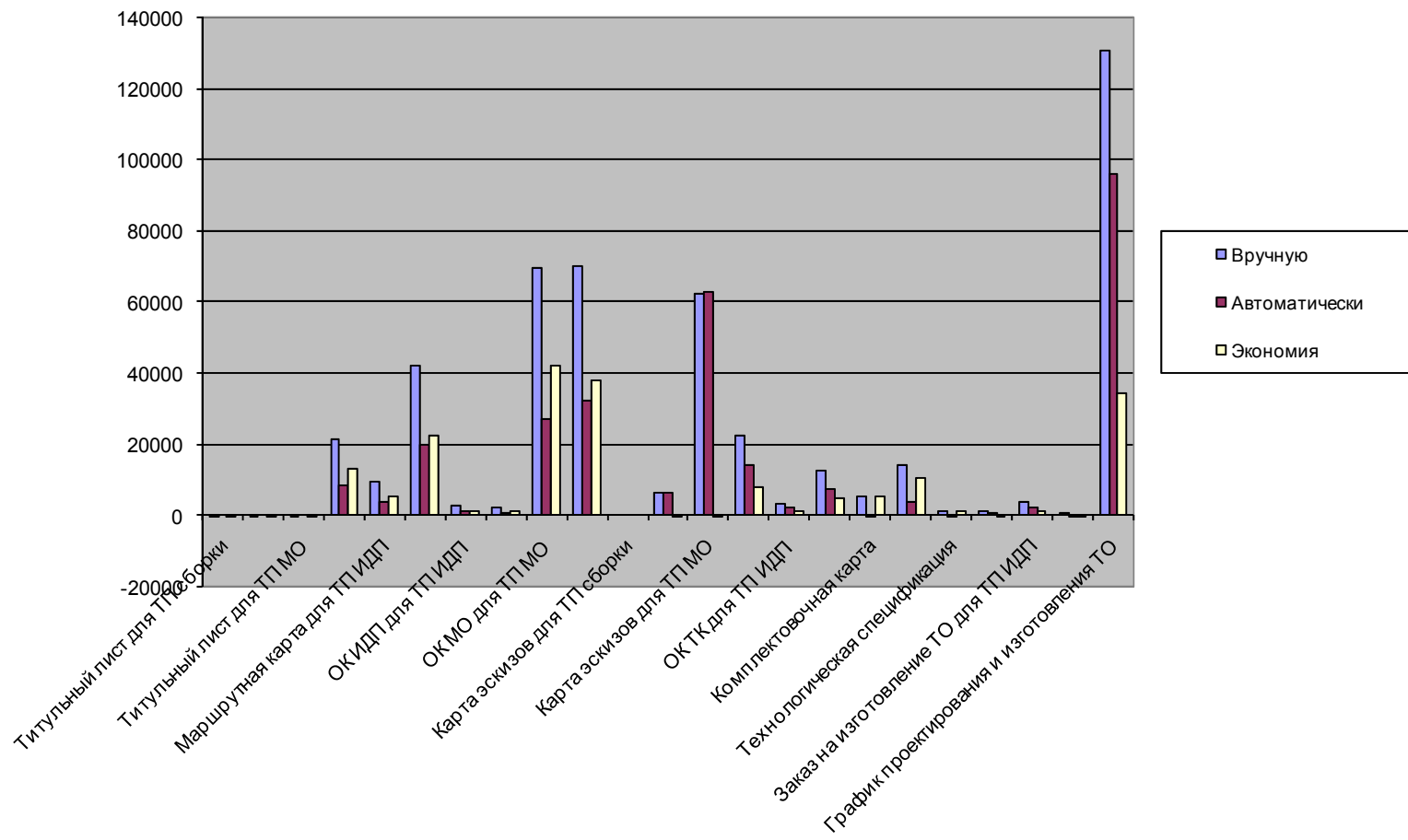


Рис. 3. Время разработки всех ТД (приведено для всех ТП), с



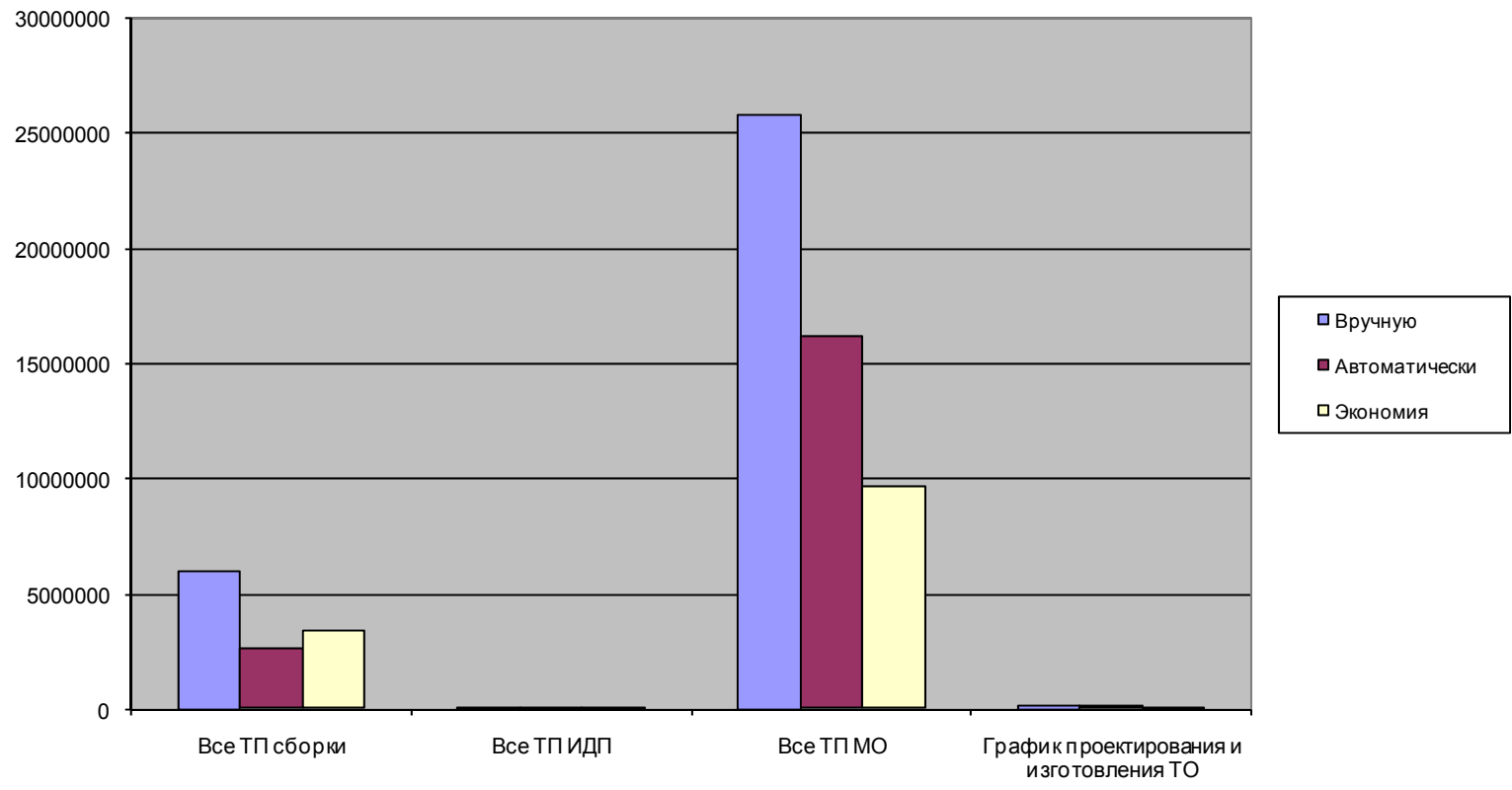


Рис. 4. Время разработки всех ТП и графика проектирования и разработки ТО, с

- среднее время разработки каждого ТД вручную и автоматически;
- экономия времени при автоматизации разработки каждого ТД;
- среднее время разработки каждого ТП вручную и автоматически;
- экономия времени при автоматизации разработки каждого ТП;
- среднее время разработки всей ТД на изделие;
- экономия времени при автоматизации разработки всей ТД на изделие.

На основе полученных данных был сделан ряд выводов.

1. Из данных рис. 3 следует, что если рассматривать каждый ТД отдельно, то их следует автоматизировать в следующем порядке:

- операционная карта (ОК) механообработки для ТП механообработки,
- ОК слесарных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ для ТП сборки,
- график проектирования и изготовления технологического оснащения,
- маршрутная карта для ТП механообработки,
- маршрутная карта для ТП сборки,

и т. д. (в порядке убывания параметра «экономия»).

2. Из данных рис. 4 следует, что если рассматривать ТД в составе ТП, то ТП следует автоматизировать в порядке:

- ТП механообработки;
- ТП сборки;
- график проектирования и изготовления ТО;
- ТП изготовления деталей из пластмасс,

и в рамках каждого ТП устанавливать очередность автоматизации ТД в соответствии с данными рис. 3 (см. таблицу).

#### Предполагаемая очередность автоматизации ТД в отдельных ТП

№	В ТП МО	В ТП сборки	В ТП ИДП
1	ОК МО	ОК СЭР	Маршрутная карта
2	Маршрутная карта	Маршрутная карта	ОК ИДП
3	ОК ТК	Ведомость материалов	ОК МО
4	Заказ на изготовление ТО	ОК ТК	Заказ на изготовление ТО
5	Титульный лист	Комплектовочная карта	ОК ТК
6	Карта эскизов	Технологическая спецификация	Титульный лист
7		Заказ на изготовление ТО	Карта эскизов
8		Титульный лист	

#### Список литературы

1. Андриченко А., Щербаков Н. Справочные данные и знания в управлении производством // САПР и графика. 2009. № 7. С. 58.
2. Борозденков Н. В. Плюсы и минусы комплексного подхода к автоматизации производства // Автоматизация в промышленности. 2005. № 3. С. 41.
3. Колчин А. Ф., Овсянников М. В., Стрекалов А. Ф., Сумароков С. В. Управление жизненным циклом продукции. М.: Анахарсис, 2002. 304 с.
4. Кочан И. T-Flex DOCs 2010 – выгодное решение для комплексной автоматизации // САПР и графика. 2009. № 9. С. 39.
5. Засимович А. В. Как запустить в промышленную эксплуатацию систему управления производством // Автоматизация в промышленности. 2006. № 1. С. 49.
6. Пузанов А. В., Куванов К. Е., Часовских А. Н. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства в ОАО «СКБ ПА» // САПР и графика. 2009. № 11. С. 25.

7. Бобов А. В. Методика и результаты расчета времени, необходимого для ручной и автоматизированной разработки различных видов технологических документов // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2010. Т. 8, вып. 4. С. 106–122.

8. Бобов А. В. Уменьшение количества параметров времени заполнения полей технологических документов путем их группирования по способу заполнения // Современные проблемы науки: Сб. материалов I Междунар. науч.-практ. конф. 27–28 марта 2008. Тамбов: Изд-во «Тамбовпринт», 2008. С. 157–161.

9. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование: 4-е изд., пер. с англ. М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2007. 1152 с.

10. Попов Э. В., Фоминых И. Б., Кисель Е. Б., Шанот М. Д. Статические и динамические экспертные системы: Учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 1996. 320 с.

11. Адаменко А., Кучуков А. Логическое программирование и Visual Prolog. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

*Материал поступил в редколлегию 04.10.2004*

**A. V. Bobov**

**THE EXPERT SYSTEM OF SUPPORT OF ACCEPTANCE OF THE DECISIONS  
BY DEFINITION OF SEQUENCE OF AUTOMATION  
OF STAGES OF PREPARATION OF MANUFACTURE**

In clause is shown, that it is expedient to automate stages of design-technological preparation of manufacture (DTPM) in decreasing order of economy of time from automation of the given stage. The algorithm of definition of economy of time is offered. The algorithm is realized as expert system (ES). The initial data and structure ES are given. The realization ES is described and the results of its application are given.

*Keywords:* preparation of manufacture, automation on stages, economy of time, expert system, results of application.