

М 498142

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции  
и ордена Трудового Красного Знамени государственный  
технический университет имени Н.Э.Баумана

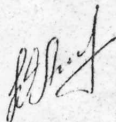
---

На правах рукописи

АНАШИН Юрий Анатольевич

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВЫБОРА ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЙ  
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ

08.00.28. - организация производства /промышленность/



АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва - 1991

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана

- |                       |                                                                                                              |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Научный руководитель  | - доктор технических наук,<br>доцент Соколов В.В.                                                            |
| Официальные оппоненты | - доктор технических наук,<br>профессор Третьяков Э.А.<br>- кандидат технических наук,<br>доцент Гудков В.В. |
| Ведущая организация   | - ОЗ ВНИИ электротермического<br>оборудования                                                                |

Защита диссертации состоится "17" октября 1991 г.  
в 10 час. на заседании специализированного совета К 053.15.  
16 в Московском государственном техническом университете им. Н.Э.  
Баумана по адресу: 107005.

С диссертацией можн  
государственного техни

Ваш отзыв на автор  
часть, просим выслать

Автореферат разосл

Ученый секретарь  
специализированного со  
к.т.н., доцент

Подп. к печати С.О.Х.Э.  
Типография МГТУ им. Н.Э.

М 498142

Актуальность исследования. В связи с общей тенденцией к уменьшению жизненного цикла изделий машиностроения возрастает необходимость сокращения сроков и затрат на этапах создания и освоения новой техники. Данные задачи успешно решаются при помощи систем автоматизированного проектирования, среди которых выделяются важностью решаемых задач и широким распространением САПР технологических процессов (ТП) обработки резанием.

Системы данного направления отличаются разнообразием подходов к решению поставленной задачи. Они могут различаться методами проектирования технологических процессов, уровнями автоматизации проектирования, возможностями оптимизации и рядом других характеристик. Системы создаются, как правило, для определенных производственных условий.

Создание новой САПР требует значительных затрат, и более предпочтительным вариантом является заимствование ранее разработанной системы, так как издержки на ее покупку и адаптацию могут быть на порядок ниже. Актуальной задачей при этом становится выбор из имеющегося разнообразия САПР ТП наиболее эффективной для предприятия. Необходимость решения данной проблемы обусловлена тем, что существующие методы выбора не учитывают всех необходимых параметров производства и САПР и не обеспечивают требуемой точности.

Цель и задачи исследования. Диссертационное исследование имеет целью создание метода выбора для условий конкретного предприятия наиболее экономически эффективной САПР ТП удовлетворяющей комплексу технологических и организационных требований.

Для достижения поставленной цели в работе рассмотрены и решены следующие задачи:

- произведен анализ САПР ТП, позволивший выявить общие закономерности в организации процессов внедрения и эксплуатации систем различных типов;
- разработана классификация САПР ТП, позволяющая определить возможность эксплуатации системы на предприятии, сформировать массив деталей, технологические процессы на которые могут быть спроектированы на системе, оценить затраты, связанные с функционированием САПР на различных заводах;

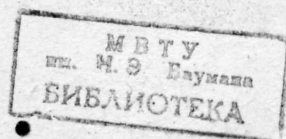
НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1498142

Анашин Ю.А. Разработка мето

I



- осуществлен анализ производственных условий предприятия, оказывающих влияние на выбор САПР ТП;

- разработка классификации деталей, позволяющая определить возможность проектирования для них технологических процессов на системах различных типов, рассчитать затраты на осуществление этой процедуры, произвести группирование деталей по общности технологических процессов;

- созданы информационно-поисковая система и экономико-математическая модель, подбирающие САПР, удовлетворяющие условиям предприятия, моделирующие для них оптимальные организационно-экономические условия эксплуатации и выбирающие наиболее экономически эффективную САПР ТП.

Методы исследования. Для решения поставленных в диссертации задач применялись методы системного анализа, группирования и типизации, математического программирования, экономико-математического моделирования.

Научная новизна выносимых на защиту результатов исследования состоит в следующем:

- предложен и реализован метод выбора наиболее экономической эффективной САПР ТП, который отличается от существующих высокой точностью и научной обоснованностью принимаемых решений благодаря комплексному учету условий технологической подготовки и производства осваиваемой продукции;

- создана информационно-поисковая система, базирующаяся на классификаторах САПР ТП и деталей, обеспечивающая подбор систем, отвечающих условиям предприятия и особенностям изготавливаемых деталей;

- разработана экономико-математическая модель, позволяющая определить для сравниваемых САПР ТП оптимальную номенклатуру деталей, охватываемых автоматизированным проектированием, и выбрать систему, обеспечивающую наибольшую эффективность процессов подготовки производства и изготовление выпускаемой продукции.

Практическая значимость работы. Использование разработанного метода выбора САПР ТП обеспечивает точное прогнозирование затрат на проектирование технологических процессов и изготовление деталей благодаря комплексному учету особенностей производства и характеристик систем.

Данный метод реализован в виде автоматизированной системы и позволяет оперативно подобрать для предприятия САПР, обеспечивающую максимальный экономический эффект при ее эксплуатации. Результатом расчета является так же рекомендации по оптимальному охвату номенклатуры деталей автоматизированным проектированием, что позволяет обоснованно оценить трудоемкость работ на адаптацию САПР и на проектирование технологических процессов.

Реализация работы. Разработанная система выбора использовалась на Свердловском заводе транспортного машиностроения им.Я.М.Свердлова для экономического обоснования выбора наиболее экономически эффективной САПР III для данного предприятия. Полученные результаты расчетов легли в основу выбора САПР и организации процесса внедрения системы.

Использование предлагаемого метода обеспечивает экономический эффект за расчетный период эксплуатации САПР, составляющий 296 тыс.рублей.

Апробация работы. Разработанные в диссертации теоретические положения и результаты исследования докладывались на научно-технической конференции молодых ученых и специалистов факультета "Робототехника и комплексная автоматизация" МГТУ им.Н.Э.Баумана (г.Москва, 1989 г.), на Всесоюзной научной конференции "Управление эффективностью производства с применением экономико-математических методов и АСУ" (г.Москва, 1989 г.), на кафедре "Экономика и организация производства" МГТУ им.Н.Э.Баумана.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 4-х печатных работах.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 97 наименований, приложения. Работа содержит 141 страницу машинописного текста, в т.ч. 14 рисунков и 29 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цели и задачи исследования, основные научные положения защищаемые автором, приводится структура диссертационной работы.

В первой главе - "Анализ систем автоматизированного проектирования технологических процессов обработки резанием" - обоснована перспективность широкого применения САПР ТП, особенно в области проектирования технологических процессов обработки резанием. Проведен анализ и доказана объективность причин, вызывающих разнообразие САПР ТП. Рассмотрены существующие методы выбора систем и обоснована потребность в новых подходах к решению задачи.

Большое разнообразие САПР ТП определяется двумя группами факторов. Во-первых, системы могут быть ориентированы на определенные производственные условия: тип производства, виды используемых металлорежущих станков, наличие определенного типа вычислительной техники, использование ТП с различной степенью детализации изложения. Соответствие названных характеристик системы имеющимся производственным условиям однозначно определяет ее выбор. Во-вторых, для проектирования аналогичных технологических процессов могут быть использованы САПР различающиеся методами проектирования, заложенными в основу алгоритмов, уровнями автоматизации технологического проектирования, возможностями оптимизации ТП и т.д. Поэтому задача решается разнообразными способами, с различными затратами средств и времени на проектирование ТП и изготовление деталей. Следовательно, для выбора САПР отличных данными характеристиками необходимо технико-экономическое обоснование.

Оценке экономической эффективности САПР посвящен ряд работ, общим недостатком которых является то, что они используются для расчета эффекта от уже действующей системы, не весьма ограничено и неточно могут применяться для прогнозирования, так как не полностью учитывают производственные условия предприятия, для которого выбирается система.

Большое влияние на эффективность САПР оказывает номенклатура деталей, на которые будут проектироваться ТП. В существующих работах учитывается только их количество и сложность, но не конструктивно-технологическое разнообразие. Без учета данного фактора невозможно достоверно определить единовременные и текущие затраты на проектирование ТП.

Единовременные затраты на САПР состоят из затрат на технические средства, на оплату материалов по типовой САПР и на ее адаптацию. Последняя группа затрат подразделяется на две состав-

вляющих – на привязку САПР в целом и на адаптацию каждой из технологически однородных групп деталей, включаемых в систему.

Трудоемкость работ по адаптации группы деталей (к ним относятся работы, необходимые для осуществления возможности проектирования ТП на детали данной группы – учет в программном и математическом обеспечении САПР особенностей маршрута деталей, схем базирования и т.д.) зависит от свойств конкретной САПР ТП, а так же от сложности деталей. Например, для систем на базе ТП – аналогов она выше, для систем синтеза – ниже. Величина затрат, определяемая данными работами, может достигать тысяч рублей, поэтому необходимо оценивать экономическую целесообразность включения каждой группы деталей в систему (часть групп останутся для неавтоматизированного проектирования ТП). Иначе говоря, при выборе САПР необходимо определять оптимальный охват деталей автоматизированным проектированием для каждой из анализируемых систем. Это позволит сравнить системы в оптимальных для них условиях эксплуатации. Кроме того, учитывается сложность деталей, среднее количество ежегодно проектируемых ТП, объемы выпуска деталей, затраты на их обработку.

Наряду с характеристиками номенклатуры деталей, в предлагаемом методе выбора учитываются требования к организации процессов технологической подготовки производства и процессам изготовления деталей, что позволяет обеспечить проектирование ТП с минимальными затратами на проектирование ТП и изготовление деталей при соблюдении сроков проектирования, ограничений по наличию машинного времени и т.д.

Таким образом, существующие методы выбора САПР ТП не полностью учитывают производственные условия предприятия, что снижает точность технико-экономического обоснования.

Целью диссертации является создание метода выбора в условиях конкретного предприятия наиболее экономически эффективной САПР ТП, удовлетворяющей комплексу технических и организационных требований.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать классификацию САПР ТП, позволяющую определить возможность эксплуатации системы на предприятии, сформировать

массивы деталей, ТП на которые могут быть спроектированы на системе, оценить затраты, связанные с функционированием САПР на различных предприятиях;

- создать классификацию деталей для обеспечения разделения номенклатуры деталей по конструктивно-технологическим группам и выявления возможности разработки ТП на детали на различных САПР ТП;

- разработать информационно-поисковую систему, базирующуюся на классификаторах САПР ТП и деталей, для подбора систем, отвечающих условиям предприятия и номенклатуры деталей, технологические процессы для которых могут быть спроектированы на сравниваемых системах;

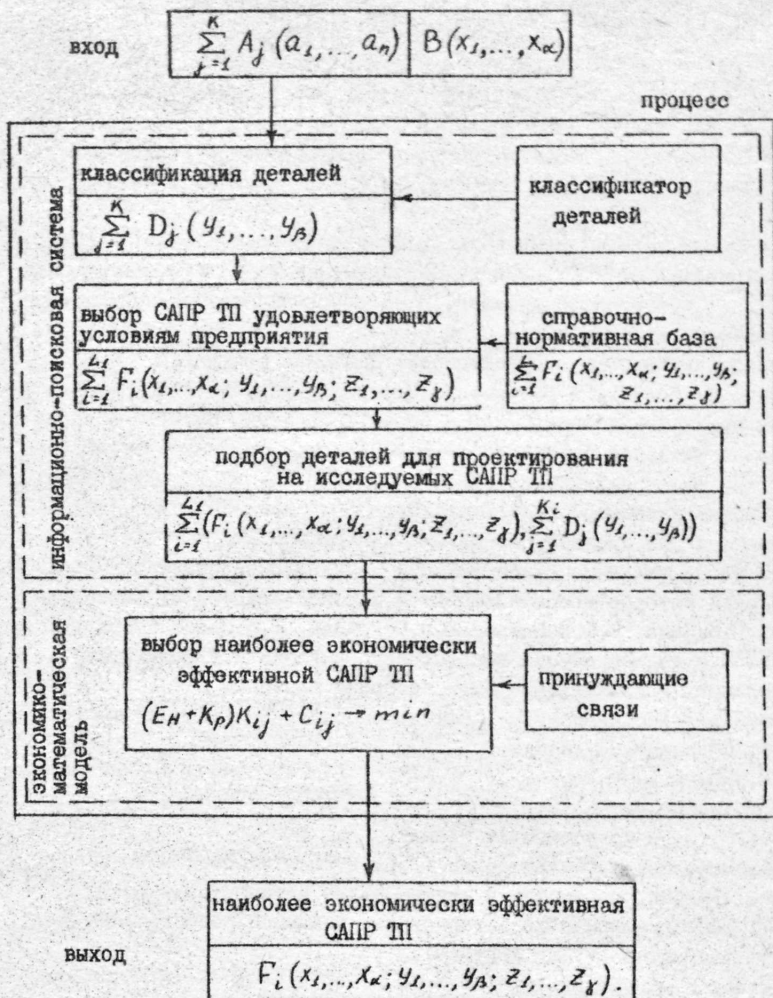
- разработать экономико-математическую модель, позволяющую определить для сравниваемых САПР оптимальную номенклатуру деталей, охватываемых автоматизированным проектированием и выбрать систему, обеспечивающую наибольшую эффективность процессов подготовки производства и изготовления выпускаемой продукции.

Вторая глава - "Теоретические основы выбора наиболее экономической эффективной САПР ТП" посвящена решению поставленных задач.

С использованием методически системного анализа и определялась последовательность и состав действий, необходимых для достижения сформулированной в диссертации цели. Для устранения недостатков существующих методов, предложена система выбора САПР ТП, состоящая из информационно-поисковой системы (ИПС) и экономико-математической модели (рис. I).

Входом системы является информация о конструктивно-технологических и организационно-экономических свойствах деталей, технологические процессы на которые будут разработаны в течение года  $\sum_{j=1}^n A_j(a_1, \dots, a_n)$ , организационно-технические характеристики предприятия  $B(X_1, \dots, X_n)$ .

В ИПС детали классифицируются и кодируются на основе разработанных классификаторов деталей. Из справочно-нормативной базы, содержащей коды различных САПР, выбираются системы, удовлетворяющие организационно-техническим характеристикам предприятия. Для каждой из подобранных САПР ТП определяется массив кодов деталей, для которых могут быть спроектированы технологические процессы, исходя из технических возможностей



экономико-математическая модель

выбор наиболее экономически эффективной САПР ТП  
 $(E_n + K_p)K_{ij} + C_{ij} \rightarrow \min$

принуждающие связи

 наиболее экономически эффективная САПР ТП  
 $F_i(x_1, \dots, x_\alpha; y_1, \dots, y_\beta; z_1, \dots, z_\gamma)$ 

Рис. I Схема системы выбора САПР ТП

системы.

ЭММ позволяет определить для сравниваемых САПР ТП экономически оптимальную номенклатуру деталей охватываемых автоматизированным проектированием и выбрать систему, обеспечивающую минимальные затраты на проектирование ТП и изготовление деталей. Принуждающими связями являются: необходимость проектирования ТП в определенный промежуток времени, ограниченность машинного времени и т.д.

В схеме (рис.1) используются следующие обозначения:  $A_j$  - совокупность конструктивно-технологических свойств  $j$ -й детали;  $K$  - общее число деталей;  $B$  - совокупность организационно-технических характеристик предприятия;  $\chi_1, \dots, \chi_\alpha$  - характеристики предприятия;  $D_j$  - совокупность значений признаков  $j$ -й детали, выделенных в результате классификации;  $\psi_1, \dots, \psi_\beta$  - значения признаков детали;  $L$  - общее количество САПР ТП в справочно-нормативной базе;  $F_i$  - совокупность признаков  $i$ -й САПР ТП;  $L_i$  - количество отобранных САПР ТП;  $z_1, \dots, z_\gamma$  - экономические характеристики САПР ТП;  $K_i$  - количество деталей, отобранных для проектирования на  $i$ -й САПР ТП.

При составлении классификации деталей были исследованы работы ряда авторов и организаций: А.П.Соколовского, С.П.Митрофанова, Г.Б.Каца, В.В.Бойцова, Е.В.Соколова, В.Б.Протопопова, ВНИИНМАШ и др. На основе выполненного анализа и в результате проделанных исследований были отобраны признаки деталей, необходимые для исследования эффективности использования САПР ТП:

1. Обозначение детали.
2. Объем выпуска.
3. Группа сложности.
4. Затраты на обработку детали.
5. Основная геометрическая форма детали(класс)
6. Функции, параметры и наименование детали (подкласс).
7. Конструктивная характеристика, взаимное расположение элементов детали (группа).
- 8.Метод обработки детали.
9. Размерная характеристика.
- 10.Вид исходной заготовки.
- 11.Группа материала.
- 12.Характеристика термообработки.
- 13.Степень точности.

Первые четыре признака несут информацию для экономических расчетов. Признаки с пятого по тринадцатый позволяют определить принадлежность деталей к определенным конструктивно-технологическим группам, для которых можно использовать аналогичные технологические процессы, а так же сделать заключение о возможности проектирования технологического процесса на деталь на определенной САПР ТП.

Для достижения целей, поставленных в диссертации, предлагается система классификации САПР ТП, состоящая из следующих признаков:

1. Обозначение САПР ТП.
2. Тип производства.
3. Степень детализации изложения ТП.
4. Вид оборудования.
5. Используемая вычислительная техника.
6. Класс деталей.
7. Подкласс деталей.
8. Метод обработки деталей.
9. Размерная характеристика деталей.
10. Вид исходной заготовки д. талей.
11. Группа материала деталей.
12. Группа сложности деталей.
- 13-24. Экономические признаки САПР ТП.

Признаки с 1 по 5 относятся к группе организационных. Совпадение значений этих признаков системы (кроме первого) с соответствующими параметрами производства указывает на возможность ее использования на данном предприятии.

Технологические признаки САПР (с 6 по 12) указывают на возможность проектирования ТП на определенные группы деталей. Совпадение данных признаков с аналогичными признаками деталей указывает на техническую возможность проектирования ТП на данной САПР.

Экономические признаки (с 13 по 24) содержат данные о САПР, необходимые для определения затрат на проектирование ТП и обработку деталей при помощи экономико-математической модели. Они включают такие характеристики, как: затраты на приобретение САПР ТП, затраты на привязку САПР ТП к условиям предприятия (независимые от номенклатуры деталей), затраты на включение в

САПР конструктивно-технологической группы деталей, машинное время на проектирование ТП по группам сложности деталей и др.

Разработанные классификаторы деталей и САПР ТП позволяют реализовать первую подсистему системы выбора САПР (ИПС). В ИПС формируются исходные данные для второй подсистемы (ЭММ): коды альтернативных САПР, которые могут быть использованы на данном предприятии, причем каждой из данных систем поставлен в соответствие массив деталей, для которых она способна проектировать технологические процессы.

В предлагаемой системе (рис.1) выбор наиболее экономически эффективной для заданных условий производства САПР ТП выполняется на основе экономико-математической модели:

$$H_{ij} + (E_n + K_r) K_{ij} \rightarrow \min$$

$$T_{рф\,ij} \leq T_{рд}$$

$$i = 1, 2, \dots, L; \quad j = 1, 2, \dots, M$$

где:  $H_{ij}$  - годовые текущие издержки на проектирование ТП и обработку деталей на  $i$ -й САПР ТП;  $K_{ij}$  - единовременные затраты на проектирование ТП при использовании  $i$ -й САПР ТП;  $T_{рф\,ij}$  - фактическая трудоемкость ручных работ технологов при проектировании ТП на  $i$ -й САПР ТП;  $T_{рд}$  - директивная трудоемкость ручных работ;  $L$  - количество сравниваемых САПР ТП;  $M$  - общее число КТП деталей.

Целевой функцией модели является минимум затрат на проектирование ТП и обработку деталей. Использование данной зависимости возможно потому, что в серийном производстве при частой смене продукции затраты на проектирование ТП по годам можно считать постоянными. Единовременные затраты на внедрение типовой САПР обычно производятся в течение одного года.

Ограничением служит необходимость проектировать ТП в определенные сроки, что определяется количеством технологов, занятых этой задачей, которые должны выполнить в течение года определенный объем ручных работ по проектированию ТП ( $T_{рф\,ij}$ ).

Представим более подробно составляющие целевой функции:

$$K_{ij} = K_{0i} + \sum_{j=1}^N K_{rij}$$

$$H_{ij} = \sum_{j=1}^N (H_{rij} + H_{mij} + H_{na_{ij}} + H_{o_{ij}}) + H_{0i} + \sum_{j=N}^M (H_{na_{ij}} + H_{ina_{ij}})$$

где:  $K_{0i}$  - единовременные затраты на  $i$ -ю САПР ТП, независимые от номенклатуры деталей (они включают затраты на приобретение типовой САПР, на адаптацию информационного и математического обеспечения системы, независимого от ТП на группы деталей, стоимость технических средств САПР);  $K_{rij}$  - единовременные затраты на включение в  $i$ -ю САПР  $j$ -й КТГ деталей (содержат затраты на адаптацию информационного и математического обеспечения, связанного с проектированием ТП для  $j$ -й группы деталей, а также долю на единовременные затраты в технические средства системы, пропорциональную затратам машинного времени на данную группу деталей);  $N$  - число КТГ деталей, включенных в САПР ТП;  $H_{rij}$  - текущие издержки на ручные работы при проектировании ТП на детали  $j$ -й КТГ на  $i$ -й САПР ТП;  $H_{mij}$  - текущие издержки на эксплуатацию ЭВМ для  $j$ -й КТГ деталей;  $H_{o_{ij}}$  - текущие издержки на обслуживание  $i$ -й САПР ТП, определяемые  $j$ -й КТГ деталей;  $H_{0i}$  - текущие издержки на обслуживание  $i$ -й САПР ТП, независимые от номенклатуры деталей;  $H_{na_{ij}}$  - текущие издержки на неавтоматизированное проектирование ТП на детали  $j$ -й КТГ;  $H_{ina_{ij}}$  - затраты на обработку деталей  $j$ -й КТГ, ТП на которые спроектированы автоматизированно на  $i$ -й САПР ТП;  $H_{ina_{ij}}$  - затраты на обработку деталей  $j$ -й КТГ, ТП на которые спроектированы неавтоматизированно.

Рассмотрим принцип функционирования ЭИМ. Имеется массив деталей, разбитый на  $M$  ( $j = 1, 2, \dots, M$ ) конструктивно-технологических групп. Существует ряд САПР ТП, удовлетворяющих своим технологическими характеристиками производственным условиям предприятия ( $i = 1, 2, \dots, L_1$ ). Необходимо выбрать систему обеспечивающую своевременное проектирование технологических процессов с минимальными затратами на их разработку и обработку деталей.

Функционирование алгоритма экономико-математического моделирования (рис.2) подразделяется на следующие этапы:

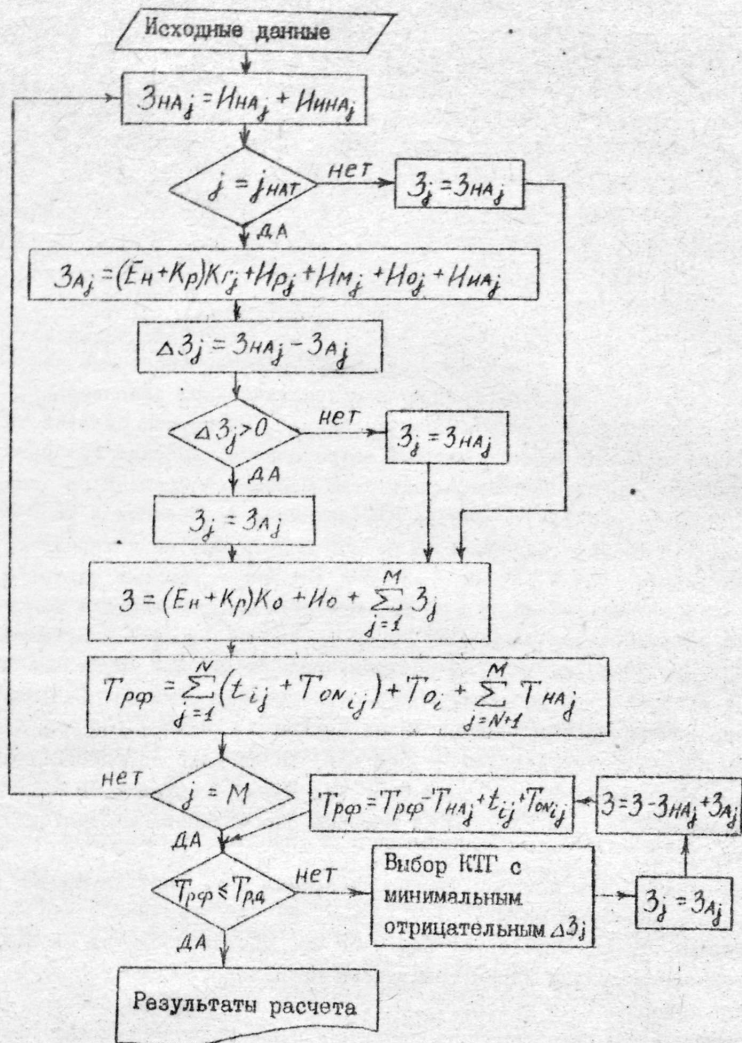


Рис.2. Схема алгоритма экономико-математического моделирования

1. Рассчитываются затраты на неавтоматизированное проектирование  $\Pi$  и обработку деталей  $j$ -ой КТГ по неоптимизированной технологии ( $3_{наj}$ ).

2. Оценивается, могут ли быть  $\Pi$  на детали  $j$ -ой КТГ спроектированы на  $i$ -ой САПР, исходя из ее технических характеристик и характеристик деталей. Если не могут ( $j = j_{нат}$ ), то затраты по этой группе:  $3_j = 3_{наj}$ . Если могут ( $j \neq j_{нат}$ ) - производится анализ экономической целесообразности автоматизации технологического проектирования деталей данной КТГ.

3. Рассчитываются затраты на автоматизированное проектирование  $\Pi$  и изготовление деталей по технологии разработанной САПР  $\Pi$  ( $3_{aj}$ ).

4. Определяется разница между затратами на проектирование  $\Pi$  и изготовление деталей  $j$ -ой КТГ при неавтоматизированном и автоматизированном вариантах проектирования ( $\Delta 3_j$ ).

5. Если  $\Delta 3_j > 0$ , то детали  $j$ -ой КТГ экономически целесообразно включить в систему автоматизированного проектирования, следовательно:  $3_j = 3_{aj}$ . Если  $\Delta 3_j \leq 0$ , то детали этой группы включать в систему невыгодно ( $\Pi$  будут разрабатываться вручную):  $3_j = 3_{наj}$ .

6. На следующем этапе суммируются затраты по  $j$ -ой КТГ деталей ( $3_j$ ), с затратами на систему в целом ( $K_0$  и  $И_0$ ) (т.е. начинает вычисляться искомая величина  $З$ ).

7. Определяется фактическая трудоемкость ручных работ на проектирование техпроцессов ( $Т_{рф}$ ). В нее войдет трудоемкость, определяемая деталями  $j$ -ой КТГ.

8. Определяется, обчислены ли все КТГ деталей (условие  $j=M$ ), если нет, то цикл повторяется. После перебора всех групп деталей будут полностью определены  $З$  и  $Т_{рф}$ .

9. Производится проверка выполнения ограничения по трудоемкости. Если фактическая трудоемкость ручных работ на проектирование  $\Pi$  меньше или равна директивной ( $Т_{рф} \leq Т_{рд}$ ), то ограничение соблюдено и расчет закончен, если нет, то из КТГ деталей, которые невыгодно экономически включать в САПР, выбирается группа, включение которой в систему дает наименьшие убытки. Эта группа войдет в САПР и  $3_j = 3_{aj}$ . Пересчитываются  $З$  и  $Т_{рф}$  ( $З$  несколько увеличится,  $Т_{рф}$  уменьшится). Далее снова производится проверка на соблюдение ограничений (цикл повто-

руется).

Результатом расчета является величина затрат на проектирование ТП и изготовление деталей для  $i$ -ой САПР ТП и ряд вспомогательных характеристик, рассмотренных ниже.

Третья глава называется "Реализация системы выбора и ее эффективность".

Рассматривается справочно-нормативная база системы и методика ее формирования, особое внимание уделяется классификации и кодированию САПР ТП.

В разделе "Алгоритм выбора САПР ТП" описаны особенности формирования исходных данных для системы выбора - массив кодов деталей и кодов производственных условий предприятия. Подробно исследуется работа ИИС и ЭММ, промежуточные массивы информации. Отмечено, что в исходной информации недостаточно отразить только обозначение выбранной САПР имеющей минимальные затраты. Возможны варианты, когда несколько систем имеют близкое значение этой величины. В этом случае целесообразно работу системы выбора дополнить экспертной оценкой ряда дополнительных характеристик: величины единовременных затрат на САПР, затрат минимального времени на проектирование ТП за год, затрат на проектирование ТП и др. Для организации работ по внедрению и эксплуатации САПР указываются индексы групп деталей, подлежащих автоматизированному и неавтоматизированному проектированию. Данная информация образует массив организационно-экономических характеристик технологической подготовки и изготовления деталей при использовании САПР ТП, необходимый для окончательного выбора САПР ТП в условиях машиностроительного предприятия.

Экономический эффект от предлагаемой системы выбора обусловлен, во-первых, точностью оценки альтернативных вариантов (при использовании существующих методов возможна рекомендация для предприятия САПР, не обеспечивающей максимального экономического эффекта). Вторым фактором является определение оптимального охвата номенклатуры деталей автоматизированным проектированием. Данную процедуру можно повторять в случае существенного изменения номенклатуры, это позволяет использовать САПР ТП с максимальным эффектом за весь срок ее эксплуатации.

Экономический эффект от системы выбора ( $\mathcal{E}_{TC}$ ) определяется по формуле:  $\mathcal{E}_{TC} = \mathcal{E}_{T_1} - \mathcal{E}_{T_2}$ ,

где:  $\mathcal{E}_{T_1}$  — экономический эффект от САПР ТП, выбранной предлагаемым методом;  $\mathcal{E}_{T_2}$  — экономический эффект от САПР ТП выбранной традиционными методами.

Возможно, что при использовании различных методов выбора будет предложена одна и та же САПР ТП. Экономический эффект в этом случае может быть получен за счет оптимального охвата деталей автоматизированным проектированием. Пример такого расчета представлен в диссертационной работе.

## ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ САПР технологических процессов обработки резанием, показавший наличие систем решающих аналогичные задачи, но отличающихся методами решения и затратами, что делает актуальной проблему организационно-экономического обоснования выбора САПР.

2. Проанализированы созданные ранее методы оценки экономической эффективности САПР и доказана ограниченная возможность их применения при выборе системы из-за того, что они не принимают во внимание всего комплекса производственных условий предприятий.

3. Предложена и реализована система выбора наиболее экономической эффективной САПР ТП, которая в отличие от существующих, в результате установления зависимостей между организационно-техническими особенностями предприятий, конструктивно-технологическими параметрами изготавливаемых на них деталей и объемом и структурой информационного, математического и технического обеспечений САПР ТП, позволяет достичь высокой точности определения единовременных и текущих затрат на автоматизированное проектирование, что значительно повышает обоснованность выбора, сокращает сроки и затраты на ТПП.

4. Создана информационно-поисковая система, базирующаяся на классификаторах САПР ТП и деталей, обеспечивающая подбор систем проектирования, отвечающих условиям предприятия, и номенклатуры деталей, технологические процессы на которые могут быть спроектированы на этих САПР.

5. Разработана экономико-математическая модель, позволяющая определить для сравниваемых САПР ТП оптимальную номенклатуру деталей, охватываемых автоматизированным проектированием,

и выбрать систему<sup>е</sup> обеспечивающую наибольшую эффективность процессов подготовки производства и изготовления выпускаемой продукции.

6. Предлагаемая система<sup>е</sup> выбора САПР ТП, основу которой составляют ИПС и ЭММ, применяется для:

- выбора для условий исследуемого предприятия наиболее экономически эффективной САПР ТП, отвечающей техническим и организационным требованиям;

- определения массива деталей для автоматизированного проектирования, при котором САПР обеспечивает максимальный экономический эффект.

7. Апробирование предлагаемого метода на Свердловском заводе транспортного машиностроения им. Я. М. Свердлова (ПО "Уралтрансмаш") обеспечивает экономический эффект за расчетный период, составляющий 296000 рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Соколов Е. В., Анашин Ю. А., Печорский В. С. Выбор экономически эффективной САПР ТП // Известия вузов. Машиностроение. - 1988. - № 3. - С. 147-149

2. Формирование оснащения технологических операций обработки резанием. Р50-29-87 / Е. В. Соколов, Ю. А. Анашин, Ю. Ф. Бутрин и др. - М.: Издательство стандартов, 1988. - 34 с.

3. Анашин Ю. А. Выбор экономически эффективной САПР ТП на базе ИПС // Управление эффективностью производства и применением экономико-математических методов и АСУ: Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции. - М., 1989. - С. 40.

4. Анашин Ю. А. Выбор экономически эффективной САПР ТП. Аннотация докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов факультета "Робототехника и комплексная автоматизация" МВТУ им. Н. Э. Баумана // Известия вузов. Машиностроение. - 1989. - № 1. - С. 159.