

Мартыненко Алексей Александрович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ**

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (промышленность)

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Работа выполнена на кафедре "Компьютерные технологии и системы"
ФГБОУ ВПО "Брянский государственный технический университет"

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Аверченков Андрей Владимирович

Официальные оппоненты: **Чепчуров Михаил Сергеевич**
доктор технических наук, доцент
БГТУ им. В. Г. Шухова
профессор кафедры «Технология
машиностроения»

Рыбаков Анатолий Викторович
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»,
доцент кафедры «АСОИ и У»

Ведущая организация: Волгоградский государственный
технический университет, г. Волгоград

Защита диссертации состоится «20» марта 2012г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.182.01 при ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК» по адресу: 302020, РФ, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29, ауд. 212.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК».

Автореферат разослан «17» февраля 2012г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.182.01
кандидат технических наук, доцент

В.Н. Волков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Для промышленных предприятий в условиях жесткой конкуренции актуальны задачи снижения себестоимости изготовления деталей с обеспечением заданных показателей качества. В связи с чем технологические бюро ведут постоянный поиск путей совершенствования технологических процессов механической обработки деталей с учетом возможностей, предоставляемых современным оборудованием и высокопроизводительным инструментом, информационным и программным обеспечением.

В настоящее время, ведущими мировыми производителями предлагается огромное количество высокопроизводительного инструмента для механической обработки деталей, что предоставляет технологу возможность выбора большого числа вариантов их изготовления. Как правило, подходящий инструмент и варианты обработки пользователь выбирает, в основном, на основании необъективных рекламных материалов и личного или коллективного производственного опыта (количество возможных вариантов выбора в некоторых случаях может достигать тысячи и более). Сам процесс определения набора инструментов и способов его применения называют инструментальной стратегией. С другой стороны, производителями режущего инструмента разработаны базы данных и экспертные системы для формирования инструментальной стратегии. Но они достаточно сложны в использовании и не позволяют сравнить между собой инструменты – аналоги конкурентов.

Любая деталь, производимая на современном многофункциональном оборудовании, может быть декомпозирована на ряд элементарных поверхностей, а обработка каждой элементарной поверхности может быть рассмотрена как отдельный процесс формообразования с определенной последовательностью применения инструмента.

В этой связи работа, направленная на исследование процесса автоматизированного выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей в промышленности на многофункциональном технологическом оборудовании с ЧПУ, является актуальной.

Объектом исследования в данной работе является процесс определения набора инструментов и способов его применения для механической обработки элементарных поверхностей деталей на современном технологическом оборудовании.

В качестве предмета исследования рассматриваются методики, модели и алгоритмы процесса автоматизированного выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей.

Целью исследования является повышение эффективности производства продукции в промышленности за счет автоматизации выбора инструментальных стратегий механической обработки деталей на станках с ЧПУ.

Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Анализ существующих научных подходов к автоматизации процедуры выбора инструмента для обработки элементарных поверхностей деталей.

2. Разработка математической модели для выбора инструментальных стратегий обработки деталей на станках с ЧПУ.

3. Построение алгоритмов функционирования автоматизированной системы выбора инструментальных стратегий обработки деталей на станках с ЧПУ.

4. Создание методики выбора инструментальных стратегий обработки деталей на станках с ЧПУ.

5. Разработка прототипа программного продукта - автоматизированной системы выбора инструментальных стратегий обработки элементарных поверхностей.

Методы и средства исследований. При выполнении теоретических исследований и реализации поставленной задачи использовались методы объектно-ориентированного программирования и анализа, системология инженерных знаний, теория проектирования, теория принятия решений и экспертных оценок, теория машиностроения, теория автоматизации производства и теория автоматизации технологических процессов и производства.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что получены новые научные результаты:

1. Математическая модель для выбора инструментальной стратегии механической обработки элементарных поверхностей деталей на станках с ЧПУ, основанная на методах решения многокритериальных задач в условиях определенности, отличительной особенностью применения которой является повышение эффективности производства продукции в промышленности за счет синтеза и ранжирования инструментальной стратегии обработки по заданным параметрам.

2. Алгоритм функционирования автоматизированной системы выбора инструментальной стратегии механической обработки элементарных поверхностей деталей на современном технологическом оборудовании, реализующий созданную математическую модель выбора инструментальных стратегий обработки.

3. Методика выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей, базирующаяся на созданной математической модели и алгоритмах, отличительной особенностью которой является введение в процесс технологической подготовки производства нового этапа выбора инструментальной стратегии

обработки для повышения эффективности производства продукции промышленного предприятия.

Практическую значимость работы составляют:

1. Автоматизированная система выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей на современном технологическом оборудовании, позволяющая сократить себестоимость производства продукции за счет автоматизации процедуры выбора рациональной инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей.

2. База данных режущих инструментов, включающая данные об инструментах и инструментальных системах различных производителей.

3. Результаты применения системы в условиях промышленных предприятий.

Положения выносимые на защиту:

1. Математическая модель для выбора инструментальных стратегий обработки элементарных поверхностей.

2. Алгоритм функционирования автоматизированной системы.

3. Методика выбора инструментальных стратегий обработки элементарных поверхностей.

4. Структура автоматизированной системы.

Реализация и внедрение результатов работы. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе кафедры «Компьютерные технологии и системы» ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет». Разработанный программный комплекс используется при технологической подготовке производства в ряде малых инновационных предприятий г. Брянск: ООО «ИЦ ВТМ», ООО «Ультра-Плюс», ООО «МТК».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на расширенном заседании кафедры «Компьютерные технологии и системы» ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет», а также на международных и всероссийских научных конференциях: «Единое образовательное пространство славянских государств в XXI веке: Проблемы и перспективы» (Брянск 2009), «Состояние, проблемы и перспективы автоматизации технической подготовки производства на промышленных предприятиях» (Брянск 2009), международная молодежная научная конференция «XXXVI Гагаринские чтения» (Москва 2010).

Результаты исследования использовались при реализации следующих НИР:

- «Исследование и развитие новых механизмов интеграции научной и образовательной деятельности в рамках инновационных центров наукоемких технологий» (гос. рег. № 01 2009 54252, Федеральное агентство по образованию);

– «Разработка математических моделей, информационного и программного обеспечения для поддержки инновационных решений в области высоких технологий наукоемких производств» (гос. рег. №01 2009 64010, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», Федеральное агентство по образованию);

– грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-417.2010.8. 6 «Разработка теории и методов принятия инновационных решений при автоматизированном проектировании процессов изготовления наукоемких изделий»

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень ведущих российских рецензируемых научных журналов.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, приложений. Работа изложена на 165 страницах машинописного текста, включающего 62 рисунка, 36 таблиц, список литературы из 118 наименований, 4 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы диссертации, формулируется цель работы и задачи исследования, указываются применяемые методы исследований и научная новизна, дана краткая характеристика диссертации. Приводятся научная и практическая значимость.

В первой главе проведен анализ существующих методов подбора режущего инструмента и возможности автоматизации процесса их выбора.

Проведено ознакомление с работами, посвященными автоматизации технологической подготовки производства, технологии машиностроения, режущего инструмента и технологических приспособлений, теории резания, теории разработки информационных автоматизированных систем. В частности, следует отметить таких ученых, как Аверченков А.В., Аверченков В.И., Горанский Г. К., Горбунов Б.И., Грановский Г. И., Гречишников В. А., Иноземцев Г. Г., Капустин Н.М., Маслов А. Р., Мещеряков А. И., Митрофанов В.Г., Митрофанов С.П., Павлов В.В., Родин П.Р., Самойлов В. С., Сахаров Г.Н., Смоленцев В.П., Соломенцев Ю.М., Старостин В.Г., Цветков В. Д., Юликов М.И., Ящерицын П.И. и др.

Проанализированы рекомендации по выбору режущего инструмента и техническая документация мировых лидеров по производству современного режущего инструмента фирм: Sandvik coromant, Mitsubishi materials, IMC Group ISCAR, Seco tools и др. Рассмотрены существующие программные комплексы по выбору режущего инструмента и расчета режимов резания: Sandvik CoroGuide,

Secocut , Iscar Electronic Catalog, Omega Production, система KONCUT и выявлены их недостатки.

Научная проблема выбора инструментальной стратегии обработки возникла сравнительно недавно при появлении широкого выбора инструмента с новыми возможностями. В отечественной науке этому вопросу уделялось мало внимания по причине ограниченного выбора инструмента для выбора стратегий. Отмечается, что в работах Цветкова В.Д. и других авторов упоминается понятие «маршрут обработки поверхности (МОП)», частично схожее с предложенным понятием «инструментальная стратегия обработки». Под МОП понимается последовательность видов обработки (например: точение, шлифование, полировка), а под инструментальной стратегией обработки – определение набора инструмента и способов его применения. Поэтому, несмотря на схожесть инструментальной стратегии обработки и МОП, принято решение применять первое понятие.


Вторая глава посвящена рассмотрению вопросов математического моделирования процесса автоматизированного выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей в машиностроении на современном технологическом оборудовании.

При технологической подготовке производства изделий машиностроения одной из важных задач является выбор стратегии обработки деталей. Предпосылками проведения исследований в этой области являются:

- значительное распространение и использование многофункциональных станков с ЧПУ;
- увеличение номенклатуры деталей, которые обрабатываются за один установ;
- потребность в сокращении сроков подготовки производства деталей;
- в САПР ТП и САМ-системах отсутствует математический аппарат выбора инструментальной стратегий обработки элементарных поверхностей детали.

В табл. 1 для примера приведены только 6 инструментальных стратегий обработки конструкторско-технологических элементов (КТЭ) из нескольких десятков возможных (в сочетании).

Таблица 1. Представление об инструментальной стратегии обработки КТЭ детали.

Тип КТЭ	Размеры КТЭ	Требуемое качество поверхности	Иструментальные стратегии
Цилиндрическая внутренняя ступень(осевая) 	Ø30 H10, L=50	Ra 3,2	1. Сверление центровочным сверлом + сверление сверлом из быстрорежущей стали Ø15 + сверление сверлом из быстрорежущей стали Ø30; 2. Сверление сверлом со сменными пластинами Ø30; 3. Сверление сверлом со сменными пластинами Ø20 + растачивание сверлом со сменными пластинами; 4. Сверление центровочным сверлом + сверление сверлом из быстрорежущей стали Ø15 + расточка расточным резцом со сменными пластинами; 5. Сверление центровочным сверлом + сверление сверлом из быстрорежущей стали Ø15 + фрезерование монолитной фрезой или фрезой со сменными пластинами; 6. Фрезерование монолитной фрезой или фрезой со сменными пластинами;

Главный вопрос проводимого исследования – «какая из инструментальных стратегии механической обработки, является наиболее эффективной?»

Исходные данные ID для выбора стратегии обработки можно описать в виде набора:

$$ID = \langle TU, D \rangle, \quad (2.1)$$

где: TU – технические условия; D – параметры детали.

Технические условия TU описываем следующим образом:

$$TU = \langle TO, TI, SE, GTS \rangle, \quad (2.2)$$

где: TO – возможности технологического оборудования; TI - возможности металлообрабатывающего инструмента; SE – программа выпуска; GTS – жесткость технологической системы.

Возможности технологического оборудования TO представим в виде:

$$TO = \langle TS, OPs, P, n, Lx, Lz, Ly, Lp, ni, di, li, ti, m, a, Racire, Mhc \rangle, \quad (2.3)$$

где: TS – тип станка; OPs – операции, доступные к выполнению на станке; P – мощность станка; n – максимальная скорость шпинделя; Lx – рабочее перемещение по оси x (максимальный диаметр обработки); Lz - рабочее перемещение по оси z (максимальная длина обработки); Ly - рабочее перемещение по оси y ;

Lp – дистанция между центрами(токарная группа); ni – количество инструментальных мест; di – максимальный диаметр инструмента; li – максимальная длина инструмента; ti – типоразмеры инструмента; m – максимальная нагрузка на стол(фрезерная группа); a – точность позиционирования; $Racire$ – наличие у станка шпинделя с подводом СОЖ; Mhc – стоимость машино-часа.

Металлообрабатывающие инструменты, применяемые в обработке, можно описать следующим набором параметров:

- инструмент для наружного точения:

$$TI = \langle Us, S, Cd, Cp, Op, K, Ra, vc, vf, ap, to \rangle, \quad (2.4)$$

где: Us – установочные размеры; S – стойкость пластины; Cd – стоимость корпуса; Cp – стоимость пластины; Op – операции; K – достигаемый квалитет точности; Ra – достигаемая шероховатость поверхности; vc – скорость резания; vf – минутная подача; ap – глубина резания; to – тип охлаждения.

- монолитные фрезы и фрезы со сменными пластинами:

$$TI = \langle Us, S, Cd, Cp, Op, K, Ra, vc, fz, n, ap, to \rangle, \quad (2.5)$$

где: Us – установочные размеры; S – стойкость пластины или монолитной фрезы; Cd – стоимость корпуса; Cp – стоимость пластины; Op – операции; K – достигаемый квалитет точности; Ra – достигаемая шероховатость поверхности; vc – скорость резания; fz – подача на зуб; n – частота вращения; ap – глубина резания; to – тип охлаждения.

- монолитные сверла и сверла со сменными пластинами:

$$TI = \langle Us, S, Cd, Cp, Op, K, Shag, vc, vf, n, ap, to \rangle, \quad (2.6)$$

где: Us – установочные размеры; S – стойкость пластины или монолитного сверла; Cd – стоимость корпуса; Cp – стоимость пластины; Op – операции; K – достигаемый квалитет точности; $Shag$ – шаг сверления; vc – скорость резания; vf – минутная подача; n – частота вращения; ap – глубина резания; to – тип охлаждения.

- резбовые резцы:

$$TI = \langle Us, S, Cd, Cp, Op, K, Rtip, Rshag, vc, vf, npr, to \rangle, \quad (2.7)$$

где: Us – установочные размеры; S – стойкость пластины; Cd – стоимость корпуса; Cp – стоимость пластины; Op – операции; Dp – допустимые параметры отклонений от правильной формы; $Rtip$ – тип резьбы; $Rshag$ – шаг резьбы; vc – скорость резания; vf – минутная подача; npr – количество проходов; to – тип охлаждения.

- резбофрезы:

$$TI = \langle Us, S, Cd, Cp, Op, Rtip, Rshag, vc, fz, vf, n, to \rangle, \quad (2.8)$$

где: Us – установочные размеры; S – стойкость пластины или монолитной фрезы; Cd – стоимость корпуса; Cp – стоимость пластины; Op – операции; $Rtip$ – тип резьбы; $Rshag$ – шаг резьбы; vc – скорость резания; fz – подача на зуб; vf – минутная подача; n – частота вращения; to – тип охлаждения.

- метчики:

$$TI = \langle Us, S, Cd, Op, Rtip, Rshag, vc, vf, n, to \rangle, \quad (2.9)$$

где: Us – установочные размеры; S – стойкость метчика; Cd – стоимость корпуса; Op – операции; $Rtip$ – тип резьбы; $Rshag$ – шаг резьбы; $Shag$ – шаг сверления; vc – скорость резания; vf – минутная подача; n – частота вращения; to – тип охлаждения.

Жесткость технологической системы GTS может принимать следующие значения:

$$GTS = \{\text{жесткая, средняя, не жесткая}\}, \quad (2.11)$$

Параметры детали D описываем следующим образом:

$$D = \langle M, Zg \rangle, \quad (2.12)$$

где: M – модель детали; Zg – параметры заготовки.

Модель детали M , как и любая модель, включает две основные компоненты: множество объектов и множество отношений между ними:

$$M = \langle N, O \rangle, \quad (2.13)$$

где: N - множество КТЭ (конструкторско-технологических элементов);

O - множество отношений между ними.

Параметры заготовки Zg описываем с помощью следующих объектов:

$$Zg = \langle Mt, Tpz, Lz \rangle, \quad (2.14)$$

где: Mt – материал заготовки; Tpz – точность получения заготовки, Lz – размер заготовки.

Также, в работе показано, что на основе полученных исходных данных возможно вычислить параметры стратегий обработки SO , которые можно описать в виде набора:

$$SO = \langle Tm, Tp, Cii, Ci, Cs \rangle, \quad (2.15)$$

где: Tm – машинное время; Tp – время смены инструмента; Cii – затраты на инструмент в перерасчете на одну элементарную поверхность; Ci – затраты на инструмент; Cs – стоимость работы станка.

Расчетные формулы затрат:

Машинное время (Tm):

$$Tm = \frac{l_{обр.}}{n \cdot fo} \cdot i, \quad (2.16)$$

где: $l_{обр.}$ – длина обработки; n - частота вращения шпинделя; fo - подача на оборот; i - количество проходов.

Затраты на инструмент (Ci):

$$Ci = \frac{Tc}{S} \cdot Cp + Cd, \quad (2.17)$$

где: Tc – время обработки; S – стойкость пластины (монокристаллических фрез или сверла); Cp – стоимость пластины (монокристаллических фрез или сверла); Cd – стоимость корпуса (учитывается только на металлорежущие инструменты с пластинами).

Затраты на инструмент в перерасчете на один КТЭ (C_{ii}):

$$C_{ii} = \frac{C_i}{ie}, \quad (2.18)$$

где: C_i – затраты на инструмент; ie – количество КТЭ.

Стоимость работы станка (C_s):

$$C_s = \left(\sum_{j=1}^{in} T_{c_j} + T_i \cdot in \right) \cdot Mhc \cdot ie, \quad (2.19)$$

где: T_c – время обработки; T_i – время смены инструмента; in – количество применяемых инструментов при обработке; Mhc – стоимость машино-часа; ie – количество КТЭ.

Для выбора инструментальной стратегии механической обработки КТЭ имеет смысл применить математический аппарат решения многокритериальной задачи в условиях определенности и в качестве критериев определяются: общие затраты на обработку элементарной поверхности (C_o) и время на обработку элементарной поверхности при данной стратегии обработки (T_i).

$$C_o = \sum_{z=1}^m (C_{ii_z} + \frac{C_{s_z}}{ie}) \rightarrow \min \quad (2.20)$$

$$T_i = \sum_{z=1}^m (T_{m_z} + T_{p_z}) \rightarrow \min, \quad (2.21)$$

где суммирование ведется по всем элементарным поверхностям.

В результате получим набор критериев SI :

$$SI = \langle C_o, T_i \rangle \quad (2.22)$$

SI – множество альтернатив, которыми является сводное множество вариантов инструментальных стратегий обработки КТЭ; Y – множество исходов (всевозможных вариантов), рассматриваемых стратегий обработки SI .

Дальнейшей задачей является ранжирование множества альтернатив $x \in SI$ по определенным критериям. Нами выбран наиболее известный метод линейной свертки критериев. Значимость альтернативы $J(x)$ определяется на основе следующей зависимости:

$$J(x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i f_i(x); \alpha \geq 0, \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1, \quad (2.23)$$

где $f_i(x)$ – критерии рассматриваемых стратегий обработки из SI ;

α_i – весовой коэффициент критерия $f_i(x)$; m – число критериев множества SI .

Рассмотрим пример применения математической модели для решения конкретных задач:

При подборе альтернатив только по времени обработки $T_i \rightarrow \min$, при подборе альтернатив только по стоимости обработки $C_o \rightarrow \min$. Для составления свертки приведем переменные к единой безразмерной шкале: $\frac{C_o}{C_{o_{max}}}$ получим значения в

диапазоне от 0 до 1, аналогично для: $\frac{Ti}{Ti_{max}}$ получаем значения в диапазоне от 0 до 1.

После этого выполняем линейную свертку:

$$\alpha_1 \frac{Co}{Co_{max}} + \alpha_2 \frac{Ti}{Ti_{max}} \rightarrow \min \quad (2.24)$$

Но $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$, поэтому обозначим их α и $1 - \alpha$. Получаем:

$$J(Co, Ti) = \alpha \frac{Co}{Co_{max}} + (1 - \alpha) \frac{Ti}{Ti_{max}} \rightarrow \min \quad (2.25)$$

Если задано $\alpha = 0$, то стоимость не влияет, а минимизируется время, а если $\alpha = 1$, то время не влияет, а минимизируется стоимость. Если же $\alpha \in (0;1)$, то минимизируется именно свертка.

Например, если для ЛПП 30% важности составляет стоимость, а 70% - время, то получаем свертку:

$$J = 0,3 \frac{Co}{Co_{max}} + 0,7 \frac{Ti}{Ti_{max}} \rightarrow \min \quad (2.26)$$

Получив значимость альтернатив и проранжировав их, получаем рекомендации по выбору инструментальной стратегии обработки.

Третья глава посвящена разработке структурной схемы программного комплекса и алгоритмов работы модулей системы.

Выявлено место разрабатываемой автоматизированной системы в информационном пространстве конструкторско-технологической подготовки производства предприятия (рис. 1).

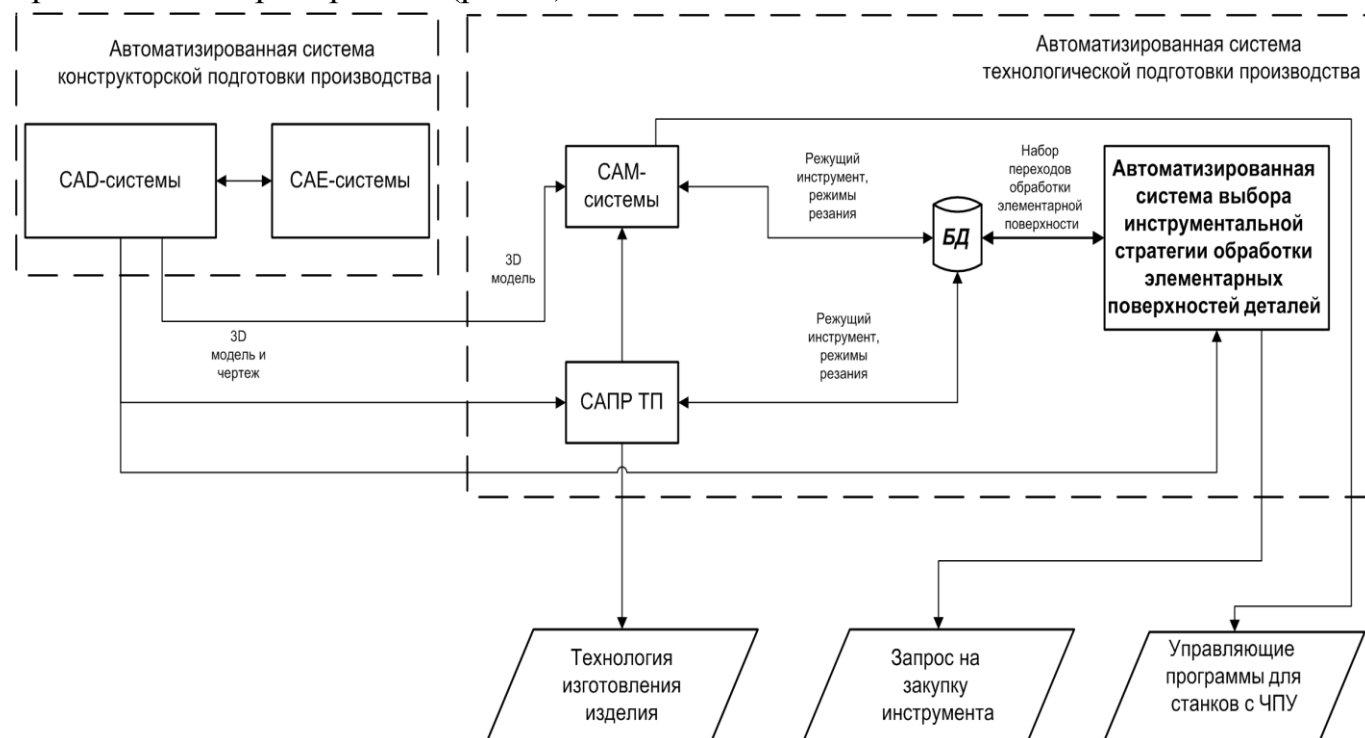


Рисунок 1 - Место автоматизированной системы в информационном пространстве конструкторско-технологической подготовки производства предприятия.

Предложена схема автоматизированной системы, работающая по модульному принципу (рис. 2).

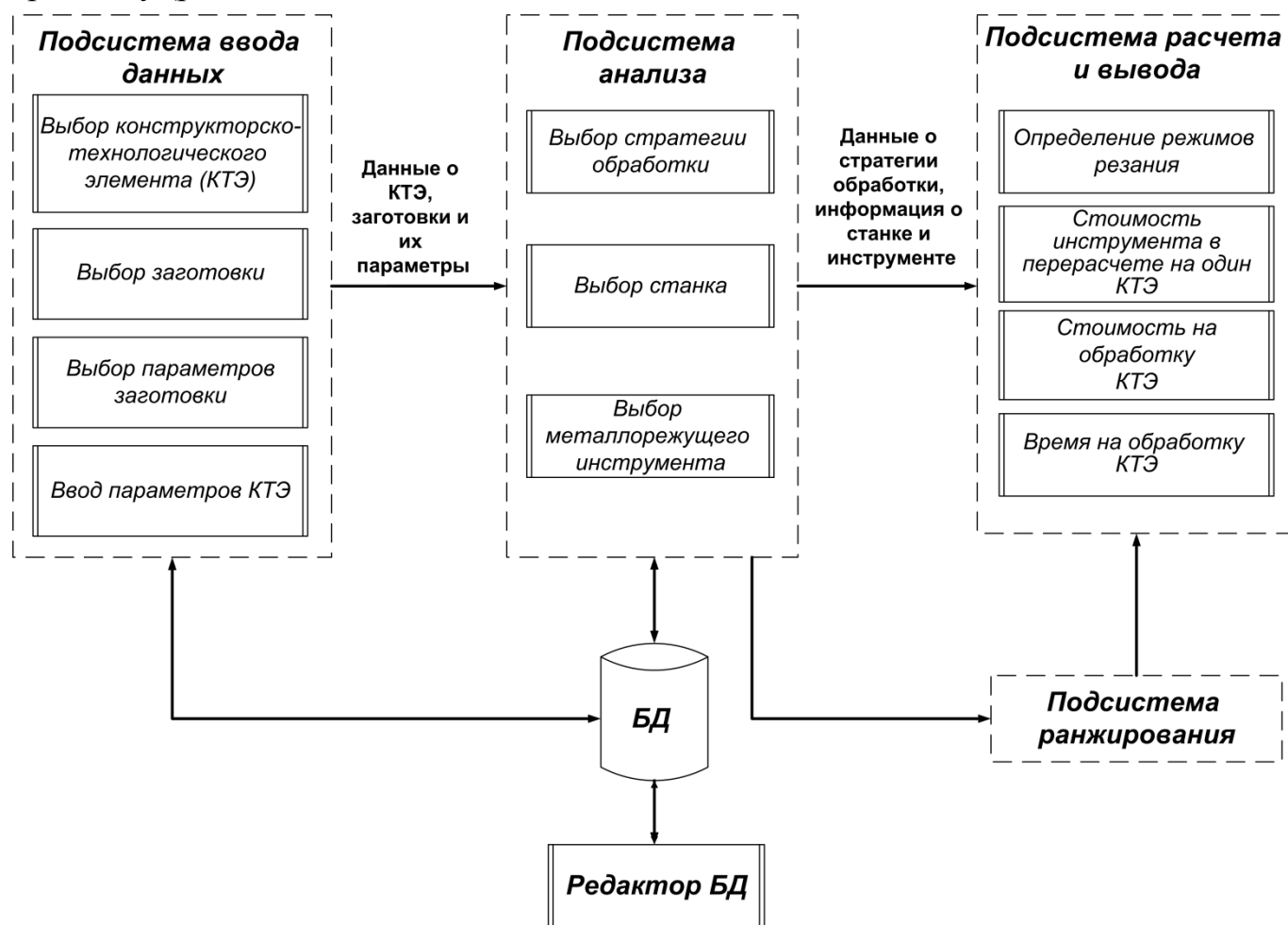


Рисунок 2 - Схема автоматизированной системы.

Схема автоматизированной системы - включает в себя следующие подсистемы. Подсистема ввода данных отвечает за корректный ввод оценок экспертов, взаимосвязей и построение запроса пользователем. В подсистеме анализа реализованы математические модели и алгоритмы обработки экспертных оценок. В подсистеме расчета и выводов формируются запросы для подсистемы анализа, далее подготавливаются данные для вывода и формируются отчеты для предоставления пользователю.

В исследование разработан алгоритм работы автоматизированной системы выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей (рис. 3).

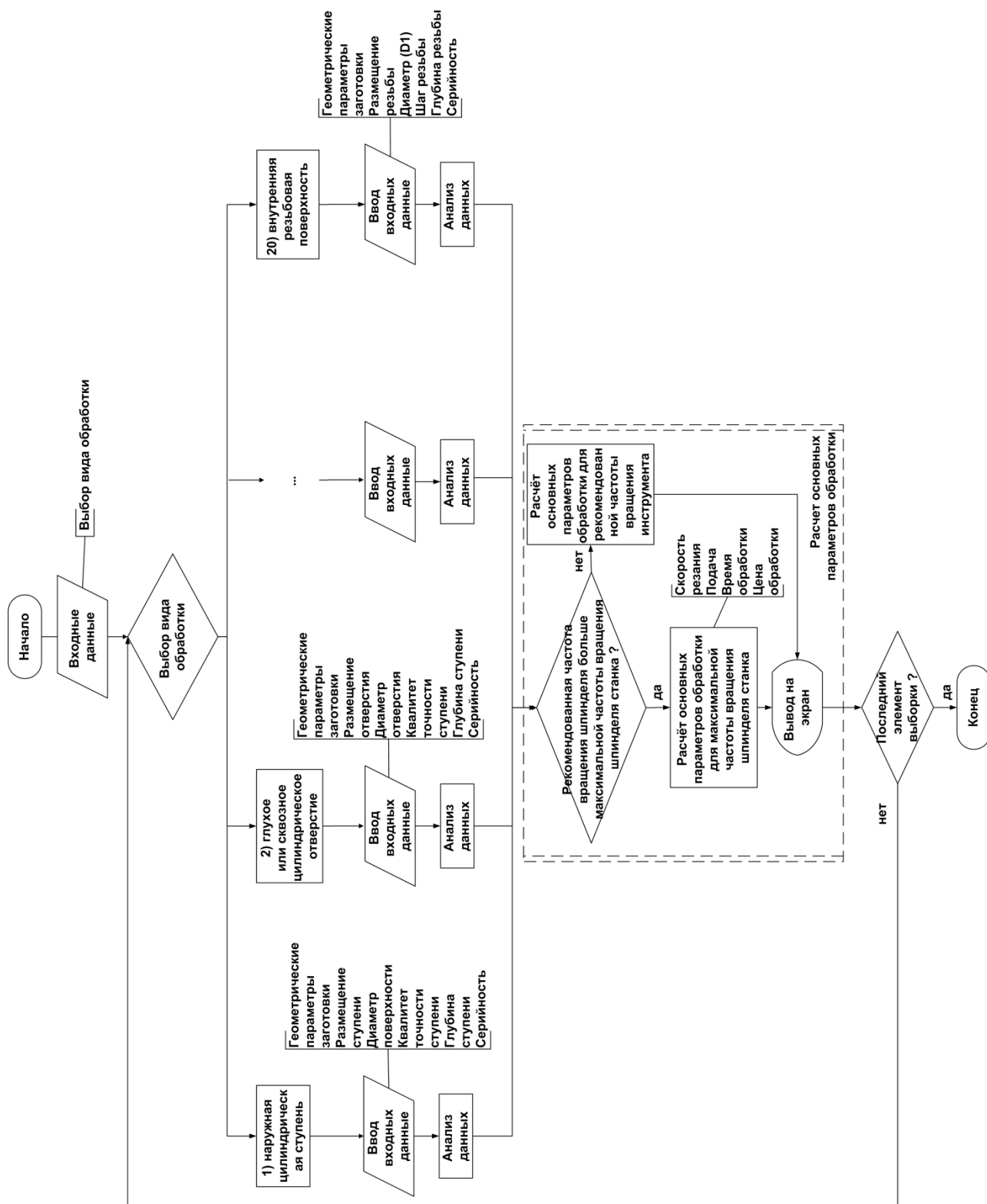


Рисунок 3 - Алгоритм работы автоматизированной системы.

В исследовании на основе математической модели и алгоритмов разработана методика выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей, состоящая из следующих этапов:

1. Выбор конструкторско-технологического элемента(КТЭ).
2. Определение параметров КТЭ.
3. Выбор заготовки и определение ее параметров.
4. Выбор многофункционального технологического оборудования с ЧПУ.
5. Синтез множества возможных инструментальных стратегий обработки.
6. Расчет критериев для каждой инструментальной стратегии из синтезированного множества.
7. Ранжирование множества инструментальных стратегий обработки в соответствии с требованиями, заданными ЛПП.
8. Вывод результатов в БД и на экран.

Четвертая глава посвящена выбору программного, технического и лингвистического обеспечения автоматизированной системы, а также разработке информационного обеспечения и программного комплекса автоматизированной системы выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей в промышленности на многофункциональном технологическом оборудовании с ЧПУ.

В качестве лингвистического обеспечения системы обоснован выбор инструментария RAD. Среди RAD-систем наибольшее распространение получил Borland Delphi, который был выбран инструментарием для разработки автоматизированной системы.

Автоматизированная система для выбора стратегии элементарных поверхностей детали – тел вращения включает в себя БД, состоящую из 58 таблиц, реализованную на платформе MS SQL server 2000, которые различным образом взаимодействуют между собой. Условно все таблицы можно разделить на 5 групп: таблицы станков, таблицы материала заготовки, таблицы параметров резьбы, таблицы режущего инструмента, таблицы обработки конструкторско-технологических элементов.

Перед началом работы с системой возможно ознакомление с подробным руководством пользователя (рис. 4). В процессе работы с системой для выбора альтернатив необходимо выбрать тип обработки. Для этого в правой части главного окна системы выбираем КТЭ (рис. 4).

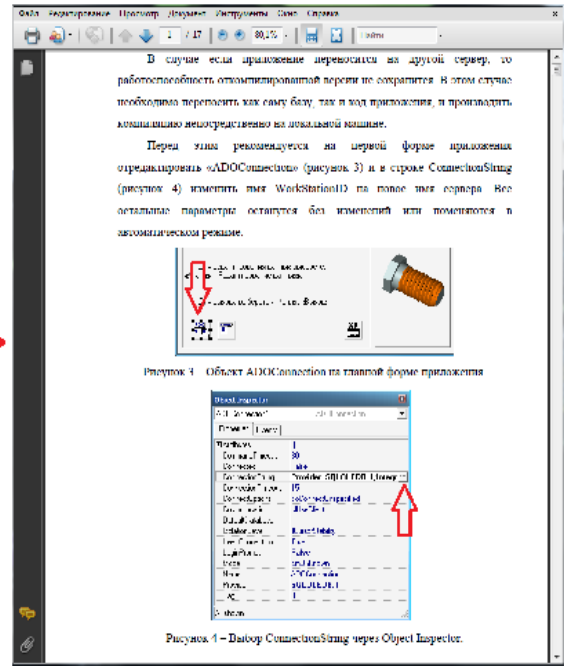
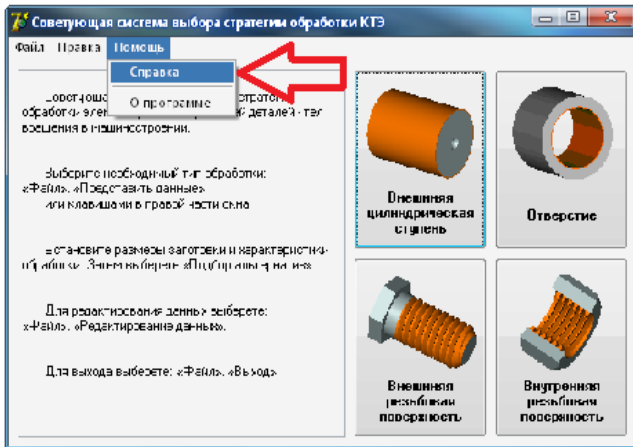


Рисунок 4 - Выбор типа обработки, открытие подробного руководства пользователя.

Далее в открывшемся окне необходимо выбрать параметры заготовки и характеристики обработки. Выбрав один из вариантов подбора альтернатив, получим результат работы программы (рис. 5 и 6).

Станок	Стратегия обработки	vc (м/мин)	vf (мм/мин)	f (мм/об)	n (мин-1)	ap (мм)	ti (мм)	СОЖ
16K20Ф3	сверление MSP0300SB + ЯРМАК1500	79.98	510	0,2999	1698	3	16	внешнее
Victor VturnX200	сверление MSP0300SB + ЯРМАК1500	79.98	510	0,2999	1698	3	16	внешнее
Takisawa 308	сверление MSP0300SB + ЯРМАК1500	79.98	510	0,2999	1698	3	16	внешнее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAW/SH1500S20 с 1 пластин. TAWN1500H	59.96	191	0,1499	1273	3	20	внутреннее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAFS1500F20 с 2 пластин. GPM1500U1	119.96	204	0,08	2547	2	20	внутреннее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAFS1500F20 с 2 пластин. GPM1500U2	119.96	255	0,1	2547	2	20	внутреннее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAFS1500F20 с 2 пластин. GPM1500U3	119.96	255	0,1	2547	2	20	внутреннее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAFM1500F20 с 2 пластин. GPM1500U1	119.96	204	0,08	2547	3	20	внутреннее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAFM1500F20 с 2 пластин. GPM1500U2	119.96	255	0,1	2547	3	20	внутреннее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAFM1500F20 с 2 пластин. GPM1500U3	119.96	255	0,1	2547	3	20	внутреннее
Victor VturnX200	сверление MSP0300SB + MPS.MSL1500	119.96	764	0,2999	2547	3	16	внутреннее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAFL1500F20 с 2 пластин. GPM1500U1	119.96	204	0,08	2547	4	20	внутреннее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAFL1500F20 с 2 пластин. GPM1500U2	119.96	255	0,1	2547	4	20	внутреннее
Victor VturnX200	сверление сверлом TAFL1500F20 с 2 пластин. GPM1500U3	119.96	255	0,1	2547	4	20	внутреннее

Рисунок 5 - Фрагмент результатов работы программы отражающий инструментальную и станочную часть.

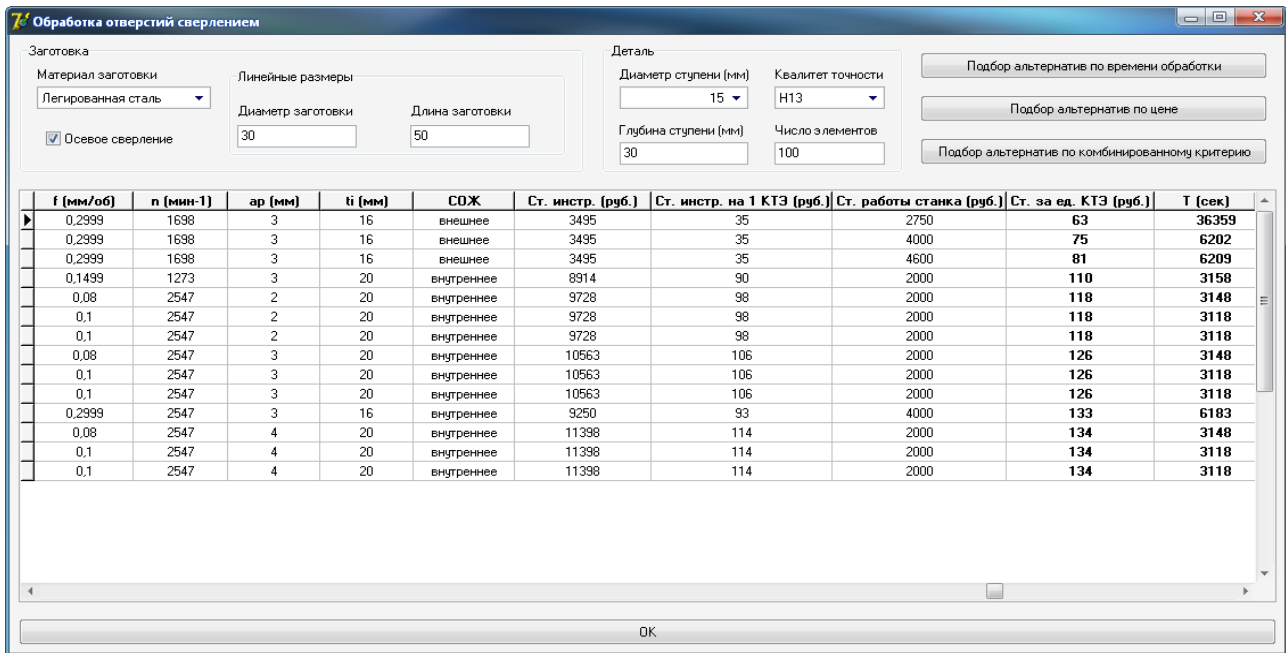


Рисунок 6 - Фрагмент результатов работы программы отражающий экономическую часть.

Результатом работы автоматизированной системы являются рекомендации, содержащие необходимые данные об инструментальной стратегии обработки КТЭ, рекомендуемых инструментах, рекомендуемых режимах резания, а также предварительный расчет времени и стоимости обработки.

Для редактирования данных необходимо во вкладке «Файл», выбрать «Редактирование данных» и выбрать интересующую область данных (рис. 7).

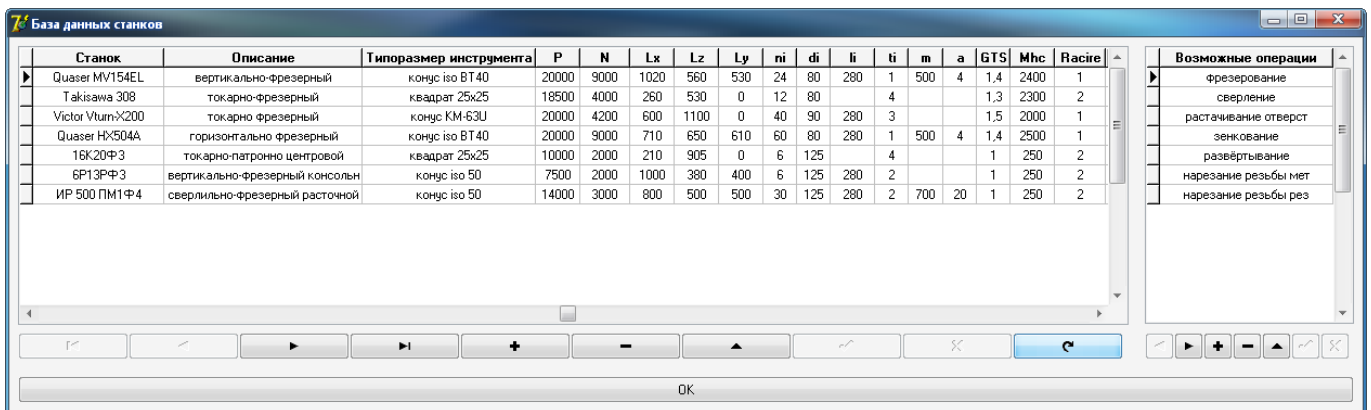


Рисунок 7 - Диалоговое окно редактирования базы данных станков.

Проведенные исследования показали, что использование предложенной в диссертационном исследовании автоматизированной системы повышает эффективность производства машиностроительной продукции за счет автоматизации выбора наилучшей инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей, что подтверждается актами и справками о внедрении на предприятиях и это говорит об успешном достижении цели исследования.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ:

1. Исследованы возможности автоматизации процедуры определения набора инструмента и способов его применения для механической обработки элементарных поверхностей деталей и сделан вывод, что в условиях современной российской промышленности существует необходимость создания новых методов, алгоритмов и автоматизированных систем, учитывающих новые возможности высокотехнологического оборудования и инструмента.

2. Предложена математическая модель выбора инструментальной стратегии механической обработки элементарных поверхностей деталей на станках с ЧПУ, основанная на методах решения многокритериальных задач в условиях определенности, которая нашла применение при создании автоматизированных систем принятия решений в технологической подготовке производства промышленных предприятий.

3. Разработана методика автоматизации выбора инструментальной стратегии механической обработки элементарных поверхностей деталей на основе анализа и ранжирования синтезированного множества наборов металлорежущего инструмента с учетом заданных предпочтений.

4. Разработаны алгоритмы, реализующие предложенную методику и математическую модель выбора инструментальной стратегии механической обработки элементарных поверхностей деталей в промышленности на современном технологическом оборудовании.

5. Создана база данных режущих инструментов, включающая данные об инструментах и инструментальных системах различных производителей, отвечающая требованиям для ее использования в автоматизированной системе выбора инструментальной стратегии механической обработки элементарных поверхностей деталей.

6. Создан прототип автоматизированной системы выбора инструментальной стратегии механической обработки элементарных поверхностей деталей в промышленности на современном технологическом оборудовании, позволяющий сократить себестоимость производства продукции за счет анализа и ранжирования инструментальных стратегий обработки элементарных поверхностей деталей, рекомендуемый к применению в промышленности.

Основные публикаций по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Аверченков, А.В. Автоматизация выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей [Текст] / Терехов М.В., Аверченков А.В., Мартыненко А.А. // Вестник Брянского государственного технического университета. – Брянск: БГТУ, 2011.- №2 (30). – С. 86 – 92. *(Личное участие 70%)*

2. Аверченков, А.В. Математическое обеспечение процедуры выбора оптимального режущего инструмента [Текст]/ Аверченков А.В., Мартыненко А.А.Терехов М.В. //Информационные системы и технологии. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2011.- №5 (67).-С. 5-10. *(Личное участие 40%)*

3. Аверченков, А.В., Малые инновационные предприятия в сфере наукоемкого машиностроительного производства [Текст]/Аверченков А.В., Терехов М.В., Мартыненко А.А.// Справочник. Инженерный журнал. – Москва: Издательский дом "Спектр", 2011. - №11, - С. 54-56. *(Личное участие 30%)*

Публикации в других изданиях, включая труды международных научно-технических конференций:

4. Мартыненко, А.А. Использование советующей системы для решения проблемы выбора стратегий обработки элементарных поверхностей в интегрированных САПР[Текст] /Мартыненко А.А. ,Аверченков А.В. // Материалы III Международной научно-практической конференции: Единое образовательное пространство славянских государств в XXI веке: Проблемы и перспективы / под ред. В.И. Аверченкова. – Брянск: БГТУ, СГА, 2009. – Т.2. – С. 165-167.*(Личное участие 50%)*

5. Аверченков, В.И. Проблемы выбора стратегий обработки элементарных поверхностей в интегрированных САПР [Текст]/Аверченков В.И., Мартыненко А.А.,Аверченков А.В. // Материалы 9-й Международной научно-технической конференции:Инженерия поверхности и реновация изделия. – Киев: АТМ Украины, 2009. – С.3-5. *(Личное участие 30%)*

6. Мартыненко, А.А. Разработка автоматизированной советующей системы выбора стратегий обработки элементарных поверхностей на современном технологическом оборудовании[Текст] /Мартыненко А.А.// Материалы Международной научно-практической конференции: «Состояние, проблемы и перспективы автоматизации технической подготовки производства на промышленных предприятиях». – Брянск: БГТУ, 2009. – С. 60-61. *(Личное участие 100%)*

7. Аверченков, В.И. Проблемы выбора стратегии обработки элементарных поверхностей [Текст] / Аверченков В.И., Аверченков А.В., Мартыненко А.А.// Материалы Международной научно-практической конференции: Наука и производство.– Брянск: БГТУ, 2009. – Ч.2. – С.103-104. *(Личное участие 30%)*

Лицензия №020381 от 24.04.97. Подписано в печать 14.02.12. Формат 60x84 1/16.
Бумага типографическая №2. Офсетная печать. Печ. л. 1. Уч. – изд. л. 1. Т. 100 экз.

Брянский государственный технический университет,
241035, г. Брянск, б-р 50-летия Октября, д.7.
Лаборатория оперативной полиграфии БГТУ, ул. Институтская, 16.