

1547468

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

На правах рукописи

БОНДАРЕВ ГРИГОРИЙ СЕМЕНОВИЧ

РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И ТЕХНИКО-
ЭКОНОМИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МЕТАЛЛА
В УСЛОВИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

08.00.28 - организация производства
(промышленность)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва - 1995

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Колобов А.А.

Официальные оппоненты: доктор экономических наук,
профессор Ковалев А.П.
кандидат технических наук,
доцент Шалимов Б.С.

Ведущая организация: Научно-производственное
объединение ТЕХНОМАШ, г.Москва

Защита состоится "18" мая 199 5 г. в 10 час.
на заседании специализированного Совета К 053.15.16 в Московском
Государственном техническом университете им.Н.Э.Баумана по адресу:
107005, г.Москва, 2-ая Бауманская уд., дом.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского
Государственного технического университета им.Н.Э.Баумана.

Ваш отзыв на автореферат в 1-ом экземпляре, заверенный
печатью, просим направ...

Желающие присутс
известить Совет пись
председателя Совета.

Автореферат разс

Ученый секретари
специализированного с
д.т.н., профессор

Подп. к печати 14.04
Типография МГТУ им.Б

1547468

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана



1547468

Бондарев Г.С. Разработка с

Актуальность исследования. Важнейшим направлением научно-технического прогресса в машиностроении является рациональное использование ресурсов, сокращение их расхода при одновременном увеличении выпуска продукции.

Рациональное потребление металла подразумевает выполнение следующих условий:

- использование металла и металлопродукции необходимого качества, а также заменителей металла;
- внедрение в практику конструирования, в качестве обязательного элемента расчетов на прочность, моделирования при широком использовании упрочняющих обработок и покрытий;
- определение и поддержание оптимального с народнохозяйственной точки зрения соотношения между чистой и черной массой продукции.

Третье условие относится к технологической материалоемкости продукции. Соотношение между чистой и черной массой, называемое коэффициентом использования металла ($K_{им}$), характеризует величину отходов и потерь, определяет трудоемкость и длительность механической обработки изделий и зависит от выбора методов и способов получения заготовок, осуществляемых на ранних стадиях технологической подготовки производства.

Задача определения оптимального значения $K_{им}$ рассматривается в диссертации на различных иерархических уровнях: на уровне детали, изделия, предприятия и отрасли.

Как известно, номенклатура деталей, входящих в изделие станкостроения, велика, поэтому оптимизация величины $K_{им}$ на уровне изделия и выше не может быть выполнена оперативно традиционными (ручными) способами без использования средств вычислительной техники.

В данной работе решается задача создания методики автоматизированного выбора рациональных методов получения заготовок.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей диссертационной работы является разработка организационных и технико-экономических методов автоматизированного выбора рациональных технологических процессов получения заготовки и разработка основных элементов системы автоматизированного проектирования (САПР) "ЗАГОТОВКА", которая функционирует в качестве подсистемы САПР технологической подготовки производства. Для достижения поставленной цели в дис-



сертации решаются следующие задачи:

- формирование информационных моделей деталей и алгоритмов выбора альтернативных вариантов заготовки;
- формирование экономико-математических моделей и алгоритмов определения коэффициента использования металла ($K_{им}$) альтернативных вариантов;
- разработка экономико-математической модели оптимизации $K_{им}$;
- разработка информационного, математического и программного обеспечения САПР "ЗАГОТОВКА";
- разработка методики определения технико-экономической эффективности применения САПР "ЗАГОТОВКА" в конкретных производственных условиях.

Предметом исследования в настоящей работе являются вопросы теории, практики и методологии определения коэффициента использования металла, а также вопросы применения прогрессивных методов получения заготовок в конкретных производственных условиях. В качестве объекта исследования выбрана одна из ведущих отраслей машиностроения - станкостроительная промышленность (производство металлорежущих станков).

Методы исследования. Для решения поставленных в диссертации задач использовались принципы математического программирования и системно-кибернетического анализа, принципы и методы построения экономико-математических моделей, а также разработанный метод выбора оптимального коэффициента использования металла.

Научная новизна проведенного исследования состоит в следующем:

1. Предложен и обоснован системный подход при формировании информационных моделей деталей и алгоритмов выбора альтернативных вариантов заготовок.

2. На основе использования аппарата математической статистики впервые выделены и обоснованы корреляционные зависимости, положенные в основу создания экономико-математических моделей определения коэффициента использования металла ($K_{им}$) альтернативных вариантов.

3. Сформулирована и решена задача оптимизации $K_{им}$ в постановке задачи линейного программирования.

4. Разработан и научно обоснован комплекс основных элементов САПР "ЗАГОТОВКА".

Практическая ценность выполненного исследования заключается

в разработке руководящего материала по технико-экономическому обоснованию (РТМ2-Н07-2-85) выбора рационального варианта получения машиностроительных заготовок. Разработано и внедрено программно-математическое обеспечение с целью практической реализации САПР "ЗАГОТОВКА", что позволяет предприятию:

- повысить эффективность использования металла;
- сократить длительность технической подготовки производства;
- оптимизировать коэффициент использования металла для конкретных видов заготовок;
- сократить трудоемкость механической обработки;
- научно обосновывать применение прогрессивных методов получения заготовок.

Апробация и реализация результатов исследования. Основные теоретические и методические положения диссертационной работы были доложены и положительно отмечены на заседаниях кафедры "Экономика и организация производства" МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Результаты исследований, проведенных в диссертационной работе рассмотрены на НТС НИО "ОРГСТАНКИНПРОМ", в научно-исследовательской лаборатории технических нормативов и приняты к использованию при разработке нормативной базы выбора рациональных методов и способов получения заготовок машиностроительных деталей.

Публикации. Результаты исследований опубликованы в четырех работах.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка включающего 110 наименований и трех приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается выбор темы исследования, ее актуальность, связь с народнохозяйственными проблемами, формулируются цели и задачи исследования, основные научные положения, защищаемые диссертантом, структура диссертационной работы.

В первой главе - "Технико-экономический анализ металлоемкости продукции" проведен анализ металлоемкости продукции станкостроения и динамики структурной конструкционной металлоемкости уровня использования металла, структуры затрат при производстве продукции станкостроения. Рассматриваются и исследуются существующие методы экономии металла, параметры структурной металлоемкости и основные направления снижения расхода металла в станкостроении. Заканчивается глава организационно-экономической

постоянкой задач исследования.

В условиях адаптации предприятия к рыночной среде особую актуальность приобретают всестороннее и углубленное изучение, систематизация и разработка научных методов и методов повышения эффективности производства с целью насыщения отечественного рынка машиностроительной продукции и увеличения экспорта.

Высокий уровень развития машиностроения является необходимой основой для научно-технического прогресса всех отраслей народного хозяйства. Особое место в структуре машиностроения занимает станкостроение, оказывая решающие воздействия при формировании производственных мощностей и оценке технического уровня всех отраслей народного хозяйства.

Анализ данных показывает, что определяющим в структуре затрат, а, следовательно, и в цене станка является стоимость материала.

Современные условия требуют анализа, выявления направлений развития и разработки механизма контроля за этими процессами. Важной методологической проблемой при этом выступает выявление совокупности необходимой информации о металло- и материалоемкости станков. Степень детализации информации о материалоемкости станкостроительной продукции зависит от целей и задач исследования.

В результате проведенного анализа стоимостных показателей станкостроительной продукции установлена постоянная тенденция опережения роста цены изделия (станка) по отношению к росту ее производительности, что в значительной степени характеризует уровень развития заготовительного производства.

Конструкционные группы станка неравнозначны в отношении сложившихся методов и стереотипов формообразования деталей. Корпусные и базовые детали металлорежущих станков, составляющие более 60% от их общей массы, изготавливаются из чугуна методами литья и обрабатываются только по привалочным и направляющим поверхностям, что обеспечивает относительно высокий уровень использования металла ($K_{\text{им}} = 0,74...0,76$) и удовлетворительный уровень трудоемкости их пооперационной механообработки.

Детали, обеспечивающие кинематику станка, изготавливаются в основном из стального сортового проката обработкой резанием практически всех поверхностей, что обеспечивает необходимую жесткость, прочность и точность изделия. В связи с недостаточно высоким уровнем заготовительного производства в пределах каждого предприятия,

уровень использования металла невисок ($K_{\text{им}} = 0,45 \dots 0,55$). Т.е. сильно влияет на эффективность станкостроительного производства и стоимость деталей данной конструкционной группы.

Анализ показал, что существует определенные резервы повышения эффективности станкостроительного производства в области снижения металлоемкости станков, выявление и использование которых особенно актуально в современных условиях колебаний закупочных цен и цен реализации конечной продукции на рынке станков.

Анализ методов оценки эффективности использования металла показал, что в настоящее время не существует единой методики оценки. Удельная конструкционная металлоемкость определяется как отношение массы станка к определяющему техническому параметру. При этом не учитывается совокупность других качественных характеристик станков. Существующие методы оценки коэффициента использования металла не однозначны и зависят, прежде всего, от метода и способа получения заготовки, марки материала и конструктивно-технологических особенностей машиностроительной детали. Кроме того, эти методы не дают оценку эффективности использования металла для совокупности деталей станков, т.е. не дают оптимального решения. Вышеназванные методы и подходы положены в основу разработки организационных и технико-экономических методов, обеспечивающих эффективное использование металла в условиях станкостроительного производства.

Вопросы эффективности, в свою очередь, рассматриваются в рамках изучения экономической сущности такой важной категории технологичности конструкций станков как металлоемкости. При этом металлоемкость обоснованно выступает и как важная экономическая категория, определяющая взаимосвязанную совокупность параметров и показателей станкостроительного производства.

Во второй главе - "Разработка экономико-математической модели выбора оптимального коэффициента использования металла" - проведено исследование технологической металлоемкости производства, разработаны экономико-математическая модель выбора методов получения заготовок для машиностроительных деталей и алгоритм выбора варианта технологического процесса получения заготовок.

В общем виде технологическая металлоемкость определяется:
$$H_D = Q + Q_{\Sigma}, \quad \text{где } Q - \text{конструкционная металлоемкость (чистая масса); } Q_{\Sigma} - \text{суммарные технологические и организационные отходы и потери; } K_{\text{им}} \text{ определяется:}$$

$$K_{\text{им}} = \frac{G}{H_D} = \frac{G}{Q + Q_{\Sigma}}$$

Структура технологических отходов и потерь для деталей, изготавливаемых в процессе резания весьма разнообразна и включает: отход на технологические напуски; отход на технологические припуски на обработку; отход на отрезку заготовки; отход на зажим при работе на станках и т.д., а также потери на угар и окалинку при нагреве под ковку.

Отходы на технологические напуски, как показывает результат анализа большого числа деталей металлорежущих станков, составляет 15-40% от всех технологических отходов и потерь. Необходимо отметить, что для металлорежущих станков характерными по форме являются детали класса 40 - тела вращения, которые составляют до 80% по количеству и до 90% по массе от общего числа данной группы деталей. Исследования показывают что, основным фактором, определяющим величину технологической металлоемкости является конструктивная сложность деталей станка, а также применяемые методы получения заготовок для этих деталей.

Важными по значимости являются отходы на технологические припуски на последующую обработку резанием. В результате проведенных исследований, суммарный припуск на обработку деталей типа валов может быть определен таким образом:

$$Z_{\varphi} = 1,17 d^{0,26} l^{0,24} K_1 K_2 K_3$$

где d - номинальный диаметр обработки (мм); l - номинальная длина детали (мм); $K_1 \approx 1,25$ - коэффициент, учитывающий припуск на чистовую обработку, $K_2 \approx 1,11$ - коэффициент, учитывающий припуск на доводочную обработку (шлифование) без предварительной закалки детали; $K_3 \approx 1,25$ - коэффициент, учитывающий припуск на доводочную обработку с предварительной закалкой детали.

Односторонний припуск на подрезку торцов может быть определен по формуле $Z_1 = 0,34 d^{0,26} l^{0,17} K_4 K_5$

где $K_4 \approx 1,45$ - коэффициент, учитывающий припуск на чистовую подрезку торца детали; $K_5 \approx 1,2$ - коэффициент, учитывающий припуск на доводочную обработку (шлифование).

В этом случае $K_{\text{им}}$, как отношение массы заготовки к ее массе с учетом припусков, определяется следующим образом:

$$K_{\text{им}} = \left[\left(1 + 0,45 \frac{l^{0,24}}{d^{0,24}} K_1 K_2 K_3 \right)^2 \left(1 + 0,68 \frac{l^{0,26}}{d^{0,26}} K_4 K_5 \right) \right]^{-1} \quad (I)$$

Результатом проведенного анализа является разработанная методика укрупненного расчета припуска отливок. Припуск на отливку представляется состоящим из трех составляющих: основной припуск, зависящий от высоты микронеровностей толщины дефектного слоя; допуск на размер и дополнительный припуск, учитывающий простран-

тельные отклонения (коробления отливки) и смещения стержня. Числовые значения коэффициентов и показателей степени уравниений регрессии, с помощью которых определяются составляющие припуска на отливку, приводятся в диссертации в виде развернутой таблицы, в форме, удобной для практического использования. Приводятся также аналитические выражения для определения $K_{им}$ при различных способах литья.

В результате проведенных статистических исследований в главе излагается также методика расчета припусков кованных и горячештамповочных заготовок.

Полученные в диссертации зависимости показывают, что на величину напусков и припусков, определяющих коэффициент использования металла $K_{им}$, существенное влияние оказывает масса-габаритные параметры и конструктивно-технологическая сложность детали, а также методы и способы получения ее заготовки. Последние в силу технических особенностей характеризуются технологическими ограничениями двух родов. К ограничениям I-го рода относятся вид марки металла, масса-габаритные размеры, особенности конфигурации поверхностей детали. К ограничениям II-го рода относятся точность размера и формы, шероховатость необрабатываемых поверхностей, наименьшие размеры стенок, фланцев, уступов, выступов, наименьшие диаметр и глубина отверстия. Помимо технологических ограничений каждый метод получения заготовок характеризуется вполне определенной величиной затрат. Существующие методы определения этих затрат, как правило, основаны на оценке их через массу получаемых заготовок с учетом ряда факторов. Такой подход не дает возможность достаточно объективно оценить метод получения заготовки, т.к. для одной и той же детали масса заготовки, реализуемой различными методами, будет отличаться на величину, обратно-пропорциональную коэффициенту использования металла.

В результате проведенных диссертантом исследований были выбраны и обоснованы основные факторы, влияющие на величину технологической металлоемкости, формализованы процедуры выбора коэффициента использования металла, установлены количественные зависимости при определении величин припусков, напусков и других видов отходов. Формализованное сопоставление характеристик детали и ограничений методов получения ее заготовки дает возможность по ограничениям I-го рода отобрать варианты заготовительных технологических процессов, а по ограничениям II-го рода оценить величину коэффи-

циента использования металла. Для решения данной задачи с применением ЭВМ были использованы методы теории распознавания образов.

Экономическим критерием выбора оптимального варианта технологического процесса получения заготовки для конкретной машиностроительной детали является минимум приведенных затрат на заготовительной и механообрабатывающей стадиях производства.

Проведенный анализ более 15 тысяч различных заготовок, изготовляемых на 122 заводах показал, что себестоимость производства зависит от ряда факторов, о которых речь была выше и которые определяют коэффициент использования металла, а также от конструктивно-технологической сложности детали и масштаба выпуска деталей.

Перечисленные факторы подразделяются на две группы - факторы, имеющие только качественные характеристики и факторы, имеющие количественную определенность. Это обстоятельство определило формирование моделей по оценке себестоимости получения заготовок для каждого метода с учетом различных марок материалов. Экономико-математическая модель определения себестоимости заготовок представляется таким образом:

$$S_{\text{зог}} = A_0 \left(\frac{m_3}{K_{\text{ин}}} \right)^{a_1} B^{a_2} A_3^{c_3-1} K_T + d \frac{m_3}{K_{\text{ин}}} \sum_{i=1}^n U_{ni} \frac{\gamma_{ni}}{100},$$

где m_3 - чистая масса детали (кг); $K_{\text{ин}}$ - коэффициент использования металла для данного метода получения заготовки; B - программа выпуска деталей (шт); A_3 - номер группы конструктивно-технологической сложности заготовки; K_T - коэффициент, учитывающий степень точности получения заготовки; A_0, A_1, d - постоянные коэффициенты; a_1, a_2 - показатели степени; U_{ni} - стоимостная

i -го легирующего элемента (руб/кг); γ_{ni} - средняя доля содержания i -го легирующего элемента.

В диссертации приводятся развернутые таблицы нормативных числовых значений коэффициентов $A_0, A_1, a_1, a_2, d, U_{ni}$. Экономико-математическая модель определения себестоимости черновой обработки заготовок резанием выглядит таким образом

$$S_{\text{мех}} = A_{\text{но}} \left(\frac{v_1}{K_{\text{ин}}} \right)^{b_1} B^{b_2} A_{\text{но}}^{c_{\text{н}}-1},$$

где $A_{\text{но}}$ - постоянный коэффициент, учитывающий вид материала заготовки, а также метод ее получения; v_1, v_2 - показатели степени; B - постоянный коэффициент, учитывающий влияние конструктивно-технологической сложности детали по механической обработке; $C_{\text{н}}$ - номер группы конструктивно-технологической сложности детали по механической обработке (определяется по классификатору Прејскуранта № 25-01/6).

8 $A_{\text{но}}, v_1, v_2$ - нормативные величины, определяющие себестоимость

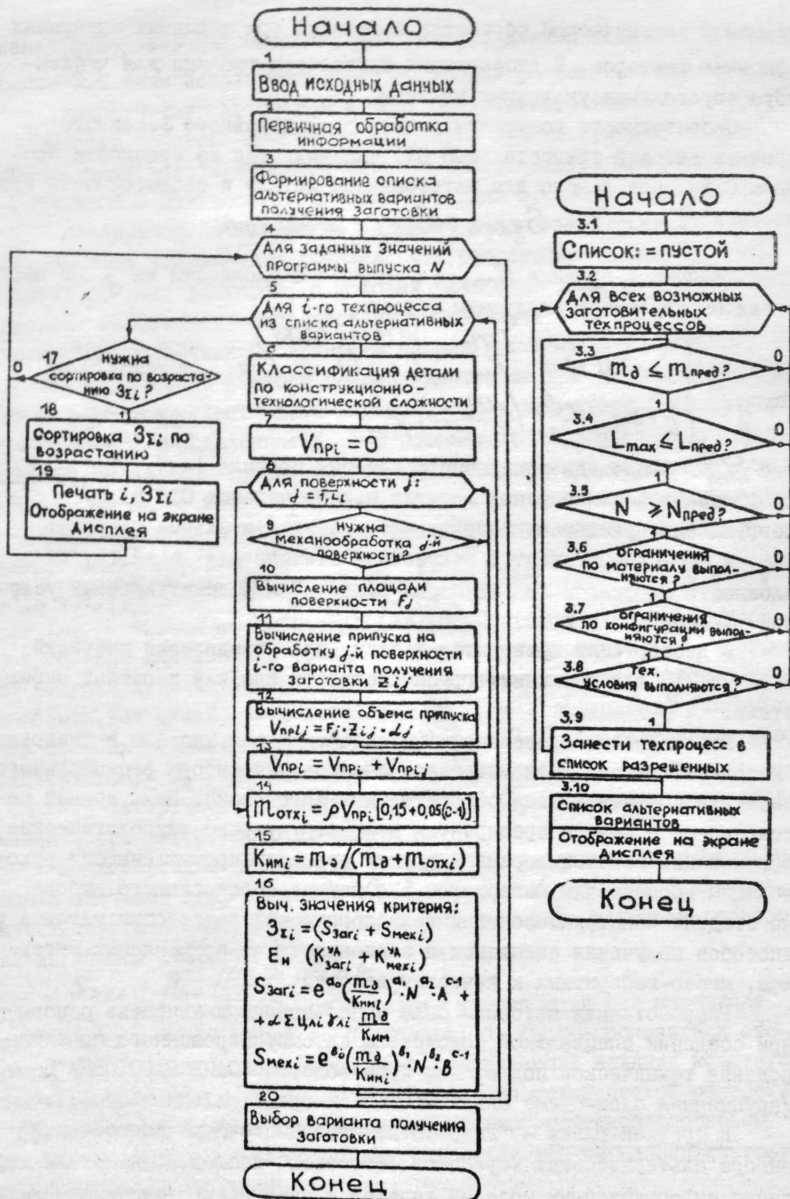


Рис. 1

Укрупненная блок-схема программы выбора технологического процесса получения заготовок

Информационная модель детали формируется технологом на основании чертежа деталей и планово-экономической информации путем занесения закодированных сведений о детали в специальные таблицы (таблицы кодированных сведений) с последующим переносом их на машинные носители.

Подготовка к кодированию заключается в определении и нумерации на чертеже так называемых элементарных обрабатываемых поверхностей детали. Под обрабатываемой поверхностью подразумевается поверхность, для которой на чертеже указана точность (калитет) и шероховатость. Для упрощения расчетов в диссертации разработан подробный словарь типовых элементарных поверхностей, рассмотрены особенности заполнения таблиц кодированных сведений о деталях.

Если поверхность детали имеет на различных ее участках различные точность и шероховатость, то каждый участок рассматривается как отдельная поверхность, которой присваивается отдельный номер.

Таблица кодированных сведений (ТКС) состоит из трех массивов: 2 из них содержат информации о различных конструкторско-технологических свойствах детали в целом и один массив – информации об обрабатываемых поверхностях.

Свойства детали в целом и свойства обрабатываемых поверхностей формально представлены значениями соответствующих параметров.

Каждый массив ТКС имеет вид прямоугольной матрицы из n строк и m столбцов (компонент).

В каждом массиве ТКС может быть записана информация о любом числе деталей.

При оформлении кодирования деталей с помощью ТКС в распоряжении технолога должны быть бланки этих массивов с указанием формальных наименований параметров и номеров столбцов.

Над единицами информации, содержащимися в ТКС, выполняются в процессе технологического проектирования различные преобразующие операции (арифметические и логические, кодирование и декодирование и т.п.).

Формы таблиц массивов ТКС, а также инструкции по их заполнению разработаны на основе ГОСТ 14.417-81 применительно к решаемой задаче.

Кодирование общих сведений о детали проводится в соответствии с разработанной инструкцией.

В четвертой главе – "Оптимизация коэффициента использования

металла" — проведен выбор и обоснование критерия оптимальности и дана постановка задачи.

Постановка задачи. Задача оптимизации величины $K_{им}$ сводится к оптимизации выбора вариантов получения заготовок. Оптимизация заготовительной модели представляет собой поиск такого набора вариантов получения заготовок для всей совокупности деталей, которая минимизирует суммарные приведенные затраты на получение заготовок и их последующую механическую обработку.

Для значительной группы сложных и уникальных деталей выбор варианта получения заготовок является единственным. Кроме этого большинство деталей могут быть объединены в сравнительно небольшое количество групп по признакам общности материала, близости конфигурации, массы, технических требований. Для группирования могут быть использованы имеющиеся на многих предприятиях классификаторы. Для сформированных таким образом j -й группы деталей можно использовать в расчетах средние взвешенные величины массы деталей $\bar{m}_{cj}$, программы выпуска Q_{cj} и коэффициентов использования металла $K_{имcj}$:

$$\bar{m}_{cj} = \frac{\sum_{i=1}^n m_{ij} Q_{ij}}{\sum_{i=1}^n Q_{ij}}, \quad j = \overline{1, n} \quad (4.1)$$

$$Q_{cj} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij} m_{ij}}{\sum_{i=1}^n m_{ij}}, \quad j = \overline{1, n} \quad (4.2)$$

$$K_{имcj} = \bar{m}_{cj} / \bar{m}_{3j}, \quad j = \overline{1, n} \quad (4.3)$$

где n — количество групп деталей.

Задача заключается в нахождении совокупности вариантов получения заготовок для деталей рассматриваемого множества, минимизирующей суммарные приведенные затраты на получение этих деталей при условии выполнения ограничений по мощностям заготовительного и механообрабатывающего оборудования, по технологической трудоемкости заготовительных и механообрабатывающих работ, по численности рабочих, по используемой металлопродукции и т.д. Задача решается в постановке задачи о назначениях, которая представляет собой задачу линейного программирования с булевыми переменными.

В качестве целевой функции принимается суммарные приведенные затраты на получение деталей $E = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m z_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$, при ограничениях на все виды ресурсов:

Ограничения по технологической трудоемкости производства загото-

вок и их последующей механической обработке:

$$\sum_{j=1}^N Q_j \sum_{i=1}^{Q_i} (T_{30gij} + T_{мехij}) x_{ij} \leq T_{30g}^H + T_{мех}^H,$$

где Q_j - величина партии выпуска детали j -го наименования;
 $T_{30gij}, T_{мехij}$ - соответственно трудоемкость получения заготовки для j -й детали, полученной i -м способом; $T_{30g}^H, T_{мех}^H$ - соответственно максимально допустимые величины трудоемкости получения заготовки и их последующей механообработки.

Ограничения по видам металлопродукции:

$$\sum_{j=1}^N \frac{Q_j m_{ij} x_{ij}}{K_{импj}} \leq M_i^H, \quad i = \overline{1, K}$$

где M_i^H - предельно допустимый расход металлопродукции i -го вида; K - количество используемых видов металлопродукции.

Ограничения по мощности заготовительного производства:

$$\frac{\sum_{j=1}^N Q_j T_{30gij} x_{ij}}{K_{вн}} \leq q_i F_{3i}, \quad i = \overline{1, m}$$

где q_i - количество единиц i -го оборудования; F_{3i} - эффективный фонд времени работы i -го оборудования; $K_{вн}$ - коэффициент выполнения норм.

Ограничения по мощности механообрабатывающего производства:

$$\left(\sum_{j=1}^N Q_j \sum_{i=1}^{Q_i} T_{мехij} x_{ij} \right) / K_{вн} \leq \sum_{i=1}^m q_i F_{3i}$$

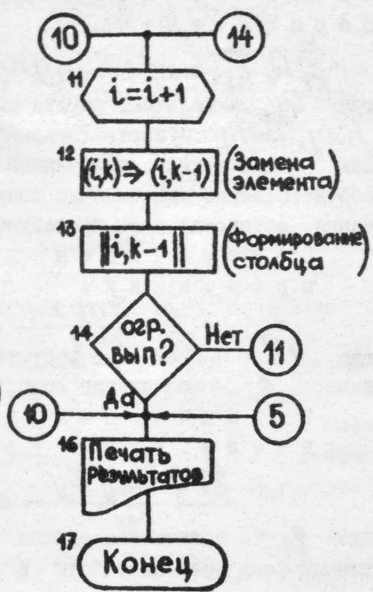
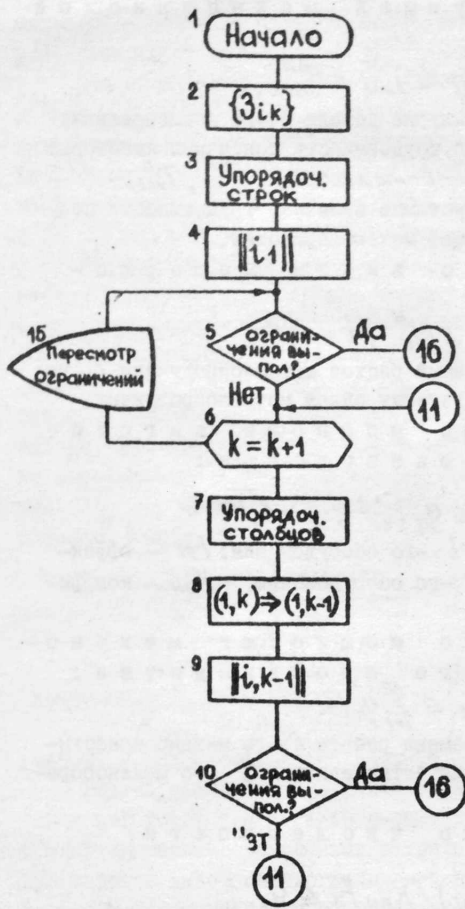
где F_{3i} - эффективный фонд времени работы i -го механообрабатывающего оборудования; q_i - количество единиц i -го механообрабатывающего оборудования.

Ограничения по численности рабочих:

$$\left(\sum_{j=1}^N Q_j \sum_{i=1}^{Q_i} (T_{30gij} + T_{мехij}) x_{ij} \right) / K_{вн} F_3 \leq \gamma_0^H$$

где F_3 - действительный фонд времени работы рабочих; γ_0^H - предельно допустимое количество основных рабочих.

Для решения подобных задач линейного программирования с булевыми переменными существуют различные методы частичного перебора, наиболее современными из которых является адаптивный алгоритм Баллаша с фильтром. Для решения данной задачи разработана упрощенная модель оптимизации, блок-схема алгоритма которого представлена на рис.2.



В результате проведенных научных исследований:

1. Разработана методика автоматизированного выбора рациональных методов получения заготовок, обеспечивающая достижение научно-обоснованного уровня использования металла при производстве металлоизделий /на примере станкостроения/.

2. Разработаны основные элементы САПР "ЗАГОТОВКА", которая функционирует в качестве подсистемы САПР технологической подготовки производства.

3. Критерием оптимальности при определении величины $K_{им}$ является минимум общественно необходимых затрат труда на производство продукции с учетом действующих факторов и ограничений /конструкторско-технологические параметры деталей, объем выпуска, наличие и загрузка мощностей заготовительного производства, номенклатура поставляемой металлопродукции и пр./.

4. Задача определения оптимального значения $K_{им}$ сводится к выбору такой совокупности вариантов получения заготовок для всех изготавливаемых деталей /для изделия или по всему предприятию/, при которых суммарные затраты на получение заготовок и их последующую механическую обработку являются наименьшими.

5. Для реализации поставленной цели в диссертации решены следующие задачи: создана система информационных моделей деталей и алгоритмов выбора альтернативных вариантов заготовки; разработаны экономико-математические модели /ЭММ/ и алгоритмы определения $K_{им}$ альтернативных вариантов; сформулирована и решена в двух вариантах вариационная задача оптимизации $K_{им}$; разработано информационное, математическое и программное обеспечение САПР "ЗАГОТОВКА".

6. Методической основой решения определения оптимального значения $K_{им}$ является РТМ2-НО7-2-85 /Выбор рационального варианта получения машиностроительных заготовок. Техничко-экономическое обоснование/, разработанный совместно МВТУ и институтом "ОРГСТАНИКИПРОМ". Указанный РТМ содержит ЭММ и нормативы для укрупненного определения затрат на получение заготовок и ее последующую механообработку.

7. РТМ предназначен для использования технологами предприятий и проектных организаций. Применение РТМ позволяет исключить субъективные факторы при выборе методов и способов получения заготовок, а также существенно сокращает длительность технической подготовки производства, т.к. дает возможность укрупненно с высокой степенью точности оценить альтернативные варианты с точки зрения затрат и $K_{им}$ без их технологической проработки.

8. САПР "ЗАГОТОВКА" использует удобный для технологов входной язык описания детали в табличной форме, несложные классификаторы методов и способов получения заготовок, используемых материалов, конструкции и сложности деталей. Все эти элементы структуры САПР "ЗАГОТОВКА" соответствуют требованиям и рекомендациям стандартов по САПР, а система в целом согласуется с разрабатываемой в институте "ОРГСТАНКИНПРОМ" САПР технологической подготовки производства.

9. САПР "ЗАГОТОВКА" предусматривает два этапа работы - ручной /кодирование/ и автоматизированный /классификация, расчеты, выдача рекомендаций на печать/. В дальнейшем по мере освоения системы на предприятиях будет внедряться диалоговый режим, что даст оптимальное сочетание преимуществ ЭВМ в памяти и быстродействии со знаниями и интуицией пользователя.

10. РГМ2-НО7-2-85 принят к внедрению письмом Минстанкопрома СССР от 05.10.85г. №03-626 и к настоящему времени внедрен на 14 заводах отрасли /МЗКРС, Коломенское СПО, МЗДС и АЛ, МПО им.С.Орджоникидзе и др./ с фактическим экономическим эффектом в 431 тыс.руб. в ценах 1991 года.

Основное содержание диссертации отражено в следующих опубликованных работах:

1. Методика расчета и нормативы расхода проката черных металлов на изготовление технологической оснастки и инструмента/А.А.Колобов, Г.С.Бондарев, Т.Г.Садовская и др.-М.:НИИТН, -1983.-16с.

2. Колобов А.А., Липгарт А.Д., Бондарев Г.С. Техничко-экономическое обоснование выбора способа получения литых заготовок//Литейное производство.-1983.-#12.-С.83-85.

3. Колобов А.А., Бондарев Г.С., Рабинский Р.Я. Совершенствование методов разработки операционных норм расхода металла в условиях автоматизированной системы нормирования металлов//Технология, организация и экономика машиностроительного производства.-1985.-Выпуск 8.-С.21-23.

4. Ковалев В.Г., Бондарев Г.С. Выбор заготовок: Методическое указание по выполнению курсового проекта по технологии приборостроения.-М.:МВТУ, 1988.-32с.