

М 41-1836

НА ДИП
НЕ ВХОДИТ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ
ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ТКАЧЕВА Ольга Николаевна

УДК 669.017:621.78

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УСКОРЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ
СТАНКОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

(Специальность 05.16.01 – Металловедение и
термическая обработка металлов)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 1983 г.

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель — доцент, кандидат технических наук
А.Г.Солодихин

Официальные оппоненты — доктор технических наук,
профессор В.Д.Кальнер
— кандидат технических наук
Р.П.Щубин

Ведущее предприятие — Псковский завод зубчатых колес.

Защита диссертации состоится "30" января 1984 г.
на заседании специализированного Совета К.05 З.15.13 в Московском высшем техническом училище им.Н.Э.Баумана по адресу:
Москва, 107005, 2-я Бауманская, 5.

Ваш отзыв в одном экземпляре, заверенный печатью, просим
выслать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени
Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "29" декабря 1983 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
доктор технических наук
профессор

Л-100217

Подп.к печати 27.12.83г.

Объем ..л.п.л. Тираж .л.л.

М 41-1836

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В "Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 г.", принятых на XXVI съезде КПСС, предусматривается увеличение объема производства металлорежущих станков, повышение их качества, технического уровня и других технико-экономических показателей.

Освоение новых, более прогрессивных видов металлорежущих станков, коренное улучшение их качества потребует технического и организационного перевооружения действующих предприятий, в том числе одного из основных и решающих видов производства - термической обработки.

Основные показатели реконструируемых и вновь строящихся станкостроительных предприятий закладываются при технологическом проектировании. Несовершенство методов технологического проектирования, используемых в настоящее время, приводит к неблагоприятным техническим, организационным и экономическим последствиям, которые во многих случаях не могут быть устранены на последующих стадиях. Методы технологического проектирования, сложившиеся в ряде проектных организаций (Гипростанок, Оргстанкинпром, Гипроавтопром, Гипротяжмаш и др.) отражают специфику разных отраслей, опираются на сложившиеся традиции организаций и зависят от многих субъективных факторов.

Снижение качества проектирования и значительное увеличение его сроков вызвано несоответствием между возрастающей сложностью продукции, ростом объема производства, повышением требований к качеству продукции и устаревшими методами технологического проектирования.

Сокращение сроков технологического проектирования при одновременном обеспечении высоких требований по качеству и технико-экономическим показателям проекта термических подразделений возможно на основе разработки нового, научно обоснованного подхода к методам проектирования, лишенного недостатков субъективного характера в выборе технических решений, а также передачи многих функций высокопроизводительным ЭВМ, вплоть до создания автоматизированных систем проектирования (САПР) термических подразделений.

Цель и задачи работы. Целью диссертационной работы является разработка методов ускоренного технологического проектирования термических подразделений станкостроительных заводов.



Для достижения этой цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Определить зависимость трудоемкости термической и химико-термической обработки от основных видов термических операций;

2. Разработать метод ускоренного определения трудоемкости термической и химико-термической обработки;

3. Разработать формализованные модели описания структур термического производства, видов термической и химико-термической обработки, технологических операций и переходов;

4. Обосновать и выбрать конструктивно-технологические классификационные признаки термообрабатываемых деталей металлорежущих станков;

5. Разработать метод многоуровневой типизации технологических процессов термической обработки деталей металлорежущих станков на основе конструктивно-технологической классификации термообрабатываемых деталей;

6. Разработать метод анализа технологичности термообрабатываемых деталей металлорежущих станков;

7. Разработать общую схему и метод автоматизированного проектирования прогрессивных термических подразделений станкостроительных заводов.

Методы исследований. Для решения поставленных задач использовались методы теории вероятностей и математической статистики, дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа, теории термической обработки, структурного анализа и научного обобщения.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке метода автоматизированного проектирования термических подразделений, метода анализа технологичности термообрабатываемых деталей металлорежущих станков, метода ускоренного определения технико-экономических показателей проектируемых термических производств на стадии ТЭО, многоуровневой конструктивно-технологической классификации термообрабатываемых деталей металлорежущих станков и основных принципов типизации технологических процессов термической обработки.

Практическая полезность. Разработанные в диссертации положения позволяют проводить на стадии ТЭО ускоренное определение технико-экономических показателей проектируемых термических производств и осуществлять автоматизированное проектирование технологи-

еской части технического проекта термических подразделений станкостроительных заводов, что обеспечивает снижение сроков проектирования и повышение качества принимаемых проектных решений и проекта в целом.

Реализация работы. Выполненная работа позволила разработать типовые технологические процессы термической обработки ходовых винтов при проектировании Одесского завода по их централизованному изготовлению и внедрить их на этом заводе с реальным годовым экономическим эффектом 37 тыс.рублей. Разработанные методы и принципы основ автоматизированного проектирования термических подразделений станкостроительных заводов составили методическое обеспечение подсистемы проектирования термических подразделений в разработанной в НПО Оргстанкинпром отраслевой системы автоматизированного проектирования технологической части проекта станкостроительных заводов, использованы в справочнике "Термическая обработка в машиностроении" /Под редакцией проф.д.т.н.Ю.М.Ляхтина и проф.д.т.н.А.Г.Рахштадта, М.:Машиностроение, 1980 - 783 с. в главе 5 "Проектирование технологических процессов термической обработки".

Апробация работы. Научные и практические результаты диссертационной работы докладывались на научно-техническом семинаре в МДНТИ им.Ф.Э.Дзержинского, МП НТО Машпром на секции "Ремонт и модернизация оборудования", а также на научных семинарах кафедры "Оборудование и автоматизация процессов термической обработки" МВТУ им.Н.Э.Баумана.

Публикации. По материалам диссертаций опубликовано 3 печатные работы.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 85 наименований, приложений. Содержит 122 страницы основного текста, 59 рисунков, 20 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В первой главе диссертации анализируются существующие методы проектирования термических подразделений станкостроительных заводов. Отмечается, что вопросы проектирования недостаточно освещены в технической литературе, а методы проектирования отражают специфику разных отраслей, опираются на сложившиеся традиции проектных организаций и зависят от многих субъективных факторов.

опыта технологов-проектировщиков и во многих случаях не удовлетворяют практическим нуждам, обусловленным непрерывно увеличивающимися масштабами производства, постоянно возрастающими требованиями к металлорежущим станкам по параметрам надежности, точности, долговечности, экономичности и производительности.

Анализируется существующая типовая схема технологического проектирования термических подразделений, включающая следующие стадии: ТЭО (проектная стадия), техническое проектирование, рабочее проектирование и внедрение проекта. Подробно рассматривается содержание каждой стадии проектирования, исходные данные, используемые на каждой стадии, принимаемые на них технические решения и факторы, от которых они зависят. Отмечается, что наиболее ответственной стадией является техническое проектирование, а технологическая часть технического проекта термических подразделений может быть представлена схемой, состоящей из 12 основных этапов. Проводится подробный анализ работ, выполняемых на каждом этапе, и оценивается влияние методов ведения и принятия решений на каждом этапе на качество проекта, его технический уровень, сроки проектирования. Указывается, что существующие методы проектирования предполагают чаще всего интуитивный выбор технологических процессов и оборудования, эффективность которых может быть выявлена только по завершению основных этапов и технико-экономических расчетов.

В типовой схеме существующего метода проектирования термических подразделений отсутствует одно из основных звеньев - разработка маршрутных технологических процессов, а составление маршрутно-технологических графиков загрузки оборудования без предварительно разработанных маршрутных технологических процессов является одним из главных и существенных недостатков реально применяемого метода проектирования.

Это ведет к серьезным и отрицательным последствиям, так как сложность и трудоемкость проектных работ значительно увеличивает сроки проектирования, а также приводит к недостаточно глубокой проработке проектов на ранней стадии проектирования. Увеличение сроков проектирования приводит, в свою очередь, к моральному старению технических решений, принятых в проекте, к моменту ввода в действие термических подразделений.

Анализ основных технико-экономических показателей показал,

что наиболее комплексным и интегральным показателем является трудоемкость термической обработки It деталей, которая отражает сумму затрат труда всего промышленно-производственного персонала, а ее определение связано с большим объемом работ технолога-проектанта и зависит, в основном, от качества принятых технологических процессов термической обработки. Кроме того, отсутствие данных и метода определения трудоемкости на предпроектной стадии не позволяет проводить достаточно объективную оценку технико-экономических показателей на стадии ТЭО, что, главным образом, зависит от опыта и интуиции технолога-проектанта.

В настоящее время разработка технологических процессов термической обработки осуществляется на стадии рабочего проектирования и, в основном, индивидуально для каждой детали. Проектирование технологических процессов зависит от многих факторов и характеризуется многовариантностью, а при сжатых сроках проектирования трудно провести всестороннее теоретическое, расчетное и экономическое обоснование намечаемых вариантов. В таких условиях каждому проектанту приходится руководствоваться собственным опытом, а принимаемые им решения не всегда являются оптимальными. Эта задача значительно облегчается при использовании научно обоснованных типовых решений.

Существующие методы типизации технологических процессов термической обработки основаны и исходят из разных критериев и принципов, положенных в основу формирования групп термообрабатываемых деталей. Так, в качестве критериев используются: свойства материалов (восприимчивость к нагреву, температура аустенитизации), основные размеры деталей (наименьшая толщина и коэффициент профиля), конструктивно-технологическая классификация деталей. Наиболее гибкая система типизации технологических процессов основана на базе конструктивно-технологической классификации деталей с широким набором признаков. Однако для типизации технологических процессов термической обработки только знание набора признаков является необходимым условием, но не достаточным, так как требуется определить группы однородных признаков, последовательность этих признаков, соотношения между признаками и структуру их построения, что позволит для подобных деталей однозначно определить типовой технологический процесс термической обработки. Кроме того, при проектировании термических подразделений на выбор технологических процессов последующие этапы накладывают вполне определенные ог-

раничения.

Рассмотрев основные достижения в области проектирования термических подразделений делается вывод о том, что с целью сокращения сроков проектирования и повышения качества принимаемых проектных решений необходимо разработать методы проектирования термических подразделений станкостроительных заводов, позволяющие устранить недостатки существующих методов традиционного (ручного) проектирования, и разработать методы автоматизированного проектирования термических подразделений, реализуемые с помощью средств вычислительной техники.

Вторая глава посвящена исследованию трудоемкости термической обработки и разработке метода ускоренного определения технико-экономических показателей проектируемых термических подразделений.

Для выявления факторов, влияющих на трудоемкость термической обработки, проведен анализ 240 термических производств станкостроительных заводов с учетом годового объема и структуры термических операций. Получены статистические данные о распределении термических подразделений в зависимости от годового объема выпуска термической и химико-термической обработки.

В результате анализа технико-экономических показателей обследуемых термических подразделений установлено, что трудоемкость термической обработки 1т деталей является наиболее комплексным показателем. Получена зависимость трудоемкости термической и химико-термической обработки 1т от роста годового объема выпуска. Для нахождения и определения количественной оценки степени влияния годового объема выпуска термических подразделений на трудоемкость термической обработки 1т деталей по видам термической и химико-термической обработки проведен дисперсионный анализ. В качестве анализируемого показателя принята трудоемкость термической обработки 1т, а в качестве фактора, влияющего на трудоемкость, рассматривался годовой объем выпуска термических подразделений. Найденное значение критерия Фишера по фактическим данным о трудоемкости термической обработки равно 6,027, а табличное значение критерия Фишера при числе степеней свободы равных 2 и 6, при 95% уровне достоверности равно 5,14. Следовательно, сделанное нами предположение о значимости влияния годового объема выпуска термических подразделений на трудоемкость термической обработки правомерно и годовой объем оказывает существенное влия-

яние на изменение средних значений трудоемкости термической обработки 1т деталей, а рассматриваемые данные относятся к одной совокупности и являются однородными.

Дисперсионный анализ позволяет выявить влияние годового объема выпуска термических подразделений на величину трудоемкости, но не обеспечивает возможности определения ни степени этого влияния, ни его формы. Поэтому для решения этих вопросов применен метод корреляционного и регрессивного анализа.

Качественный анализ трудоемкости термической обработки 1т деталей показал, что с увеличением годового объема выпуска термических подразделений значение трудоемкости термической обработки уменьшается. Для предварительного выбора формы этой зависимости использовался графический метод. Полученные графики зависимости трудоемкости от годового объема выпуска по видам термической обработки показывают, что они приближаются к гиперболической зависимости. Функция трудоемкости термической обработки 1т принималась равной сумме гиперболических функций с неизвестными коэффициентами при факторах, характеризующих вид термической обработки соответственно: объемную закалку, поверхностную закалку при индукционном нагреве ТВЧ, химико-термическую обработку и улучшение. Коэффициенты парной корреляции находились при решении уравнения множественной регрессии с помощью ЭВМ. В результате было получено уравнение зависимости трудоемкости от видов термической обработки и от годового объема выпуска. Показано, что виды термической обработки по-разному влияют на трудоемкость.

Для выбора и расчета технологического оборудования проектант должен предварительно установить распределение термообрабатываемых деталей в изделии-представителе по видам термической обработки, количеству и весу каждого вида. Так как было установлено, что виды термической обработки по-разному влияют на трудоемкость, то был проведен анализ распределения массы термообрабатываемых деталей по основным видам термической обработки, объемной закалке, химико-термической обработке, поверхностной закалке при индукционном нагреве ТВЧ и улучшению. В результате получено, что независимо от вида термической обработки распределение массы термообрабатываемых деталей соответствует логарифмически-нормальному закону распределения. Определены параметры распределения массы термообрабатываемых деталей для указанных выше четырех видов термической обработки для станков с массой до 5 т, от 3 т

до 6 т и свыше 6 т.

полученные статистические распределения массы термообрабатываемых деталей позволяют на стадии ТЭО получать более достоверные значения технико-экономических показателей, чем это делалось до настоящего времени, когда исходили из опыта и интуиции проектанта, так как указанные данные о параметрах распределения массы термообрабатываемых деталей отсутствовали.

Для определения на стадии ТЭО технико-экономических показателей проектируемых термических подразделений с заданной вероятностью $F_j(t)$ необходимо на основе статистических распределений найти величину массы термообрабатываемой детали по каждому виду термической и химико-термической обработки. Эта масса определяется по следующему выражению:

$$l_j T_{ij} = \tilde{G}_{ij} \cdot \Phi^{-1}[F_j(t) - 0,5] + M_{ij}, \quad (1)$$

где i — порядковый номер станка-представителя; j — порядковый номер вида термической и химико-термической обработки; M_{ij} — средняя случайная величина $l_j T_{ij}$; Φ^{-1} — оператор обратного преобразования функции Лапласа.

Суммарная масса всех термообрабатываемых деталей по всем видам термической и химико-термической обработки равна:

$$\bar{M}^n = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k T_{ij} \cdot n_{ij} \cdot N_i, \quad (2)$$

где n_{ij} — количество термообрабатываемых деталей; N_i — программа выпуска i -го станка-представителя.

Суммарная масса всех термообрабатываемых деталей по каждому виду термической и химико-термической обработки равна:

$$\bar{M}_j^n = \sum_{i=1}^m T_{ij} \cdot n_{ij} \cdot N_i. \quad (3)$$

Печеемкость по каждому виду термической и химико-термической обработки определяется по зависимости:

$$\bar{\Omega}_j = \bar{M}_j^n / Q_j, \quad (4)$$

где Q_j — производительность оборудования по каждому виду термической обработки.

На основе приведенных выше показателей находятся технико-экономические показатели проектируемых подразделений на стадии ТЭО.

В третьей главе проведен структурный анализ термического производства, применяемых материалов и видов термической и химико-термической обработки и разработан метод многоуровневой типизации.

зации технологических процессов термической обработки деталей металлорежущих станков.

Проведен анализ термического производства более чем 140 станкостроительных предприятий. Анализу были подвергнуты структура термического производства, номенклатура термообрабатываемых деталей металлорежущих станков, применяемые марки материалов, виды термического и химико-термического упрочнения, технологические операции и переходы внутри операций термической обработки.

Установлено, что структура термического производства состоит из четырех подразделений: термической обработки поговок, термической обработки деталей отличных от корпусных и базовых, поверхностной закалки при индукционном нагреве ТВЧ, термической обработки корпусных деталей. Выявлена структура технологических участков и проведена их систематизация внутри термических подразделений в виде, удобном для представления в ЭВМ. Общее количество технологических участков по всем термическим подразделениям равно девятнадцати.

Выбор и состав классификационных признаков произведен исходя из задач конструктивно-технологической классификации термообрабатываемых деталей, обеспечивающих возможность стабильного и однозначного разделения всей совокупности термообрабатываемых деталей на технологические группы, в основе которых лежит общность технологического маршрута их изготовления.

Вся совокупность классификационных признаков разделена на группы, состоящие из множества определяющих конструктивных признаков, множества технологических признаков и множества общих признаков, а структура классификационных признаков выражалась соответствующим кортежем данных. Далее, проводя аналогичную ранжировку каждого набора признаков по их логически-смысловым характеристикам с дифференциацией их до уровня логически неделимого смыслового понятия, определена и составлена структура (обобщенная) классификационных признаков термообрабатываемых деталей металлорежущих станков, представленная кортежами данных множеств признаков, объединенных в семь относительно самостоятельных групп. Дальнейший выбор и обоснование доминирующих конструктивно-технологических признаков из множества возможных осуществляется на основе анализа особенностей термического производства и параметров термообрабатываемых деталей, максимально применяемых при проектировании технологических процессов термической обработки деталей и

отражающих все многообразие определяющих условий.

Анализу были подвергнуты наборы следующих признаков: наименования термообрабатываемых деталей, геометрические формы, геометрические параметры, характеристики толщин, марки материалов, технические условия, виды исходной заготовки, классы точности, степени точности. Геометрическая форма детали является наиболее объективным и стабильным признаком при ее описании, позволяющим сформировать классы деталей независимо от множества других характеристик. Геометрические параметры, характеристики толщин, вид исходной заготовки и точностные параметры необходимо учитывать при разработке технологического процесса.

Анализ множества геометрических форм и наименований термообрабатываемых деталей, исходя из их функционального назначения, позволил разделить всю обширную их номенклатуру на II основных классов: шпиндели, ходовые винты качения и скольжения; валы гладкие, ступенчатые и шлицевые; гильзы и пиноли; накладные направляющие и рейки; зубчатые колеса; червяки; кулачки, копиры, кривые, втулки, фланцы, рычаги и др.; пружины; станины и др. базовые детали; столы, каретки, траверсы и др. корпусные детали. Марка материала и вид термического и химико-термического упрочнения являются определяющими при классификации термообрабатываемых деталей и при выборе технологического процесса.

В основу деления марок материалов термообрабатываемых деталей по группам положены следующие анализируемые параметры: склонность к остаточному аустениту, склонность к деформации, возможность обработки по единой маршрутной технологической схеме, общность технологических закалочных средств, общность технологических операций для термической обработки поковок и отливок. В результате все многообразие применяемых марок материалов термообрабатываемых деталей металлорежущих станков разделено на 17 технологических групп.

Анализ и систематизация видов термического и химико-термического упрочнения позволил составить их структуру, содержащую 14 наименований. Проведенный выше анализ термического производства позволил разработать классификатор термообрабатываемых деталей металлорежущих станков, состоящий из II классов. Этот классификатор в дальнейшем был положен в основу формирования типовых технологических процессов термической обработки для каждого класса деталей.

Установлено, что для выполнения различных процессов термической и химико-термической обработки в станкостроении применяется значительное количество различных видов технологических операций и переходов внутри операций термической обработки. Проведена подробная детализация термических операций и переходов, при которой учитывались следующие факторы: марка материала детали, вид исходной заготовки, технические условия на термическую обработку детали (микроструктура, твердость, величина и место расположения закаленной зоны), технологическое назначение оборудования (подогрев, окончательный нагрев, отпуск, отжиг и т.п.), геометрическая жесткость детали, технологическое время проведения термических операций и переходов, место термической обработки в структуре термического производства, место выполнения термических операций и переходов в структуре термических подразделений. Систематизация технологических операций и переходов позволила выделить и объединить их в кортеж данных, состоящий из 41 элемента.

Для формирования типовых технологических процессов термической обработки предложено использовать пятиуровневую структуру классификации деталей. Первый уровень составляют кортежи данных признаков наименование и геометрическая форма, состоящие из 11 элементов; второй уровень составляют кортежи данных признаков технические условия на изготовление, состоящие из 14 элементов; третий уровень составляют кортежи данных признаков марка материала, состоящие из 17 элементов; четвертый уровень составляют кортежи данных признаков вид исходной заготовки, состоящие из 5 элементов; пятый уровень составляют кортежи данных признаков параметры и точность деталей, состоящие из 18 элементов.

Для каждого класса термообрабатываемых деталей согласно предложенному классификатору разработаны по обобщенной многоуровневой схеме типовые технологические процессы, составившие банк данных в разработанной системе автоматизированного проектирования термических подразделений.

В четвертой главе в виде структурных схем и алгоритмов и на основе полученных ранее решений даны и описаны основные подсистемы автоматизированного проектирования термических подразделений, составляющие САПР термических производств.

В основу создания системы автоматизированного проектирования термических подразделений станкостроительных заводов положены следующие основные принципы: системный подход, требующий рас-

смотрения проблемы проектирования термических подразделений в целом, учитывающий взаимосвязь всех этапов технологического проектирования; блочно-модульный принцип, позволяющий систему расчленить на подсистемы, модули и компоненты; принцип необходимого разнообразия, заключающийся в многовариантности технических решений; принцип адаптации, обеспечивающий возможность и простоту приспособления системы к конкретным производственным условиям; принцип развития системы; принцип итераций в выборе и построении решений; принцип обратной связи, позволяющий ввести соответствующие коррективы в вышестоящую подсистему по оцениваемым результатам в нижестоящей; принцип иерархичности построения; принцип типизации, обеспечивающий широкое применение типовых и унифицированных решений при технологическом проектировании.

Разработана общая схема построения системы автоматизированного проектирования термических подразделений, состоящая из следующих взаимосвязанных подсистем: анализа технологичности изделий, разработки технологической части проекта и разработки специальных частей проекта. Указанные подсистемы могут функционировать и как самостоятельные системы, что облегчает работу разработчиков отдельных подсистем, позволяет решать не только отдельные задачи на разных этапах независимо друг от друга, но и обеспечивает развиваемость системы по результатам ее эксплуатации, с появлением новых научных и технических разработок в области термической обработки и т.п.

С целью реализации системного подхода в решении задач автоматизированного проектирования создан единый массив исходных данных, обеспечивающий независимое функционирование как всей системы, так и отдельных подсистем. Этот массив состоит из наборов данных: физико-механические свойства материалов, конструктивные элементы деталей, типовые технологические маршруты термической и химико-термической обработки, перечни марок материалов, формы и структура организации термических производств, технологические операции и переходы, конструктивно-технологические классы термообработываемых деталей, виды термического упрочнения, паспортные данные основного и вспомогательного оборудования, нормы обслуживания, нормативы времени на выполнение технологических операций, разряд профессий и др. Из всего этого набора выделен набор исходных данных инвариантный по отношению к объектам проектирования и представляющий собой общую информационную среду, в которой

функционируют все составляющие системы, что обуславливает их независимость.

Разработка подсистемы анализа технологичности термообрабатываемых изделий потребовала разработки нового метода ее оценки, дающего возможность проведения качественного и количественного анализа. Подсистема анализа технологичности термообрабатываемых деталей состоит из трех взаимосвязанных блоков: физико-механические характеристики, геометрические характеристики и технические возможности (готовность) предприятия. В свою очередь, блок физико-механические характеристики состоит из трех модулей: марка материала, соответствие выбранного метода упрочнения материалу и ТУ, металлургические характеристики. Каждый модуль состоит из ряда компонент. Например, модуль марка материала состоит из следующих компонент: микроструктура, чувствительность к перегреву, отпускная хрупкость, устойчивость переохлажденного аустенита, релаксационные свойства. Блок геометрические характеристики состоит из модулей: геометрическая форма изделий, габаритные и основные размеры. В свою очередь, модули состоят из компонент, например, модуль габаритные и основные размеры состоит из следующих компонент: технологическая жесткость, допуски на размеры готовых изделий, межоперационные допуски на размеры. Блок техническая возможность предприятия состоит из модулей: состав и трудоемкость технологического процесса, контроль качества термообработки. Функционирование этой подсистемы позволяет провести анализ технологичности с выдачей предложений по изменению ТУ или нескольких вариантов технологических процессов термической обработки и дать количественную оценку предлагаемым вариантам.

Подсистема разработки технологической части проекта термических подразделений обеспечивает решение следующих задач: выбор номера термического подразделения, характеристика выпускаемой продукции, расчет производственной программы, разработка технологического процесса, расчет количества и состава оборудования, расчет количества и состава работающих, расчет трудоемкости. Эти задачи являются модулями подсистемы и состоят из компонент. Для каждой подсистемы и каждого модуля даны структурные схемы и алгоритмы решения, описаны особенности функционирования каждой из компонент. Приводятся реализуемые единые для всех модулей и компонент методы решения логических задач анализа в условиях большого числа ограничений с помощью специально разрабо-

танных таблиц выбора решений и нормативов.

Решение задачи "Разработка технологического процесса" базируется на использовании предложенного метода типизации технологических маршрутов термической обработки и состоит из подзадач: выбор номера типового технологического маршрута термической обработки, выбор оборудования, нормирование технологических операций термической обработки. Показателями качества технологических процессов при их выборе приняты: процент загрузки основного термического оборудования и трудоемкость термической и химико-термической обработки 1 т. Функционирование всей подсистемы "Разработка технологической части проекта" позволяет получить необходимые технико-экономические показатели как в целом по термическому производству, так и по каждому подразделению, что обеспечивается возможностью проведения многовариантного поиска технических решений на каждом уровне составляющих системы и подсистем.

ВЫВОДЫ

1. Исследована трудоемкость термической обработки 1т деталей и установлена ее корреляционная зависимость от годового объема выпуска термической и химико-термической обработки и определено распределение объема выпуска по видам термической обработки (объемной закалки, поверхностной закалки при индукционном нагреве ТВЧ, химико-термической обработки и улучшения). Показана возможность применения трудоемкости термической обработки 1т деталей в виде критерия оценки качества проектируемых термических подразделений станкостроительных заводов.

2. Впервые исследовано распределение массы термообрабатываемых деталей металлорежущих станков в каждом виде термической и химико-термической обработки и установлено, что оно описывается логарифмически-нормальным законом. Это позволило предложить и обосновать метод ускоренного определения технико-экономических показателей проектируемых термических подразделений на стадии ТЭО, обеспечивающий сокращение сроков проведения проектных работ.

3. Разработан метод качественного и количественного анализа и оценки технологичности термообрабатываемых деталей, обеспечивающий повышение качества проектных решений, снижение трудоемкости и себестоимости термической обработки. Построена структурная схема и алгоритм анализа технологичности термообрабатываемых деталей, обеспечивающие многовариантный качественный и количественный поиск методов достижения в изделии заданного комплекса

свойств при оптимальных затратах труда, средств и времени.

4. Создана многоуровневая конструктивно-технологическая классификация термообрабатываемых деталей металлорежущих станков и структур термических подразделений, позволившая разработать формализованные модели построения типовых технологических маршрутов термической обработки и, таким образом, значительно сократить время разработки маршрутно-технологических графиков загрузки оборудования при традиционном (ручном) методе проектирования термических подразделений. Конструктивно-технологическая классификация способствует созданию поддетальной специализации термических подразделений и позволяет оптимизировать выбор технологических процессов термической обработки, что служит значительному сокращению цикла технологического проектирования и повышению качества проектных решений.

5. Разработанные многоуровневые формализованные структурные модели построения типовых технологических процессов позволили сократить количество и избежать разнообразия технологических процессов для однотипных деталей, исходя из их конструктивно-технологического подобия, систематизировать технологические процессы по классам термообрабатываемых деталей.

6. Впервые предложена общая структура системы автоматизированного проектирования термических подразделений станкостроительных заводов, разработанная на основе многоуровневой конструктивно-технологической классификации термообрабатываемых деталей и типизации технологических процессов и обеспечивающая возможность инвариантного функционирования и разбиваемости составных частей системы.

7. Систематизированы и обобщены в виде минимально допустимого единого массива исходных данных наборы общих, конструктивно-технологических и организационно-технических признаков, обеспечивающих системное единство и независимость всех составных частей САПР термического производства.

8. Предложен алгоритм построения подсистемы разработки технологической части проекта термических подразделений, состоящий из семи относительно самостоятельных компонентов, функционирование которых дано в виде схем и алгоритмов, объединенных единой информационной средой исходных данных, что позволяет проводить итерационный процесс принятия проектных решений по всем уровням структурных составляющих термического производства, обеспечивая

достижение оптимальных (или наиболее рациональных) технико-экономических показателей проекта.

9. Проведенные работы позволили создать в институте Оргстанкинпром нормативно-техническую базу системы автоматизированного проектирования технологической части термических подразделений станкостроительных заводов, которая апробирована на контрольном примере и принята в опытную эксплуатацию. Нормативно-техническая база создана в соответствии с заданием по решению научно-технической проблемы ГИИТ 0.80.15.

10. Внедрение предложенных принципов технологического проектирования, в частности, по разработке типовых технологических процессов термической обработки ходовых винтов пар качения на Одесском заводе прецизионных станков обеспечивает годовой экономический эффект 37 тыс. рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Ткачева О.Н. Термическая обработка в условиях централизованного производства. - В сб.: Совершенствование технологических процессов механообработки и сборки. - М.: НПО Оргстанкинпром, 1976. - с.183-185.

2. Солодихин А.Г., Приходько В.С., Ткачева О.Н. Разработка типовых технологических процессов изготовления и термической обработки ходовых винтов металлорежущих станков. - В сб.: Совершенствование технологических процессов механообработки и сборки. - М.: НПО Оргстанкинпром, 1976. - с.177-182.

3. Приходько В.С., Ткачева О.Н. Организация термического производства при централизованном изготовлении узлов "винт-гайка качения". - Технология производства, научная организация труда и управления. - М.: НИИМАШ, 1978, № 1. - с.9-10.

