

М 401897

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

ЩЕРБАКОВ Николай Петрович

УДК 321.941.24 - 529:
681.323.015

РАЗРАБОТКА НАУЧНОЙ МЕТОДИКИ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ
ПРОГРАММ В РЕЖИМЕ ДИАЛОГА С ЭВМ ДЛЯ
ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Специальность 05.02.07 - Автоматизация
в машиностроении

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1982

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

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор КАПУСТИН Н.М.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор МИТРОФАНОВ В.Г.,
кандидат технических наук,
КУРБАТОВ А.П.

Ведущее предприятие – ПО станкостроительный завод
"Красный Пролетарий" им.А.И.Ефремова

Защита диссертации состоится "24" января 1983 г.
на заседании специализированного Совета К 053.15.01 МВТУ им.
Н.Э. Баумана по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

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

Ваши отзывы и предложения на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим направлять по указанному адресу.

Автореферат раз

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
К.Т.Н., Д

Подп. и печ. 17.12.

1-91016 Ротопринт

с/401897

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Одним из важнейших направлений повышения эффективности мелкосерийного и серийного производства является применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ), среди которых особую группу (более 50%) составляют токарные станки. Однако все расширяющийся объем применения токарных станков с ЧПУ и эффективность их использования связаны с необходимостью решения ряда серьезных технических, технико-экономических и организационных проблем.

Одной из таких важных проблем является автоматизация подготовки управляющих программ (УП), которая представляет собой специфический процесс технологической подготовки производства.

В настоящее время подготовка УП в основном осуществляется применением ЭВМ и их периферийных устройств. Практика применения средств вычислительной техники (ВТ) показала, что наиболее эффективной формой организации автоматизированных методов являются системы автоматизации программирования (САП) обработки деталей, предусматривающие комплексное применение средств автоматизации на многих этапах формирования и обработки информации.

Однако автоматизация процесса подготовки УП даже с помощью высокопроизводительных комплексов ВТ не приносит успеха из-за сложности разработки комплекса алгоритмов и программ, математических моделей процесса подготовки УП, поиска его оптимального варианта и наличия трудноформализуемых правил и процедур принятия решений. В результате этого трудоемкость подготовки УП остается высокой. Получение хорошего качества решений затруднено.

Первые попытки использования диалога при подготовке УП не привели к желаемому эффекту, хотя и показали в некоторых случаях его целесообразность. По данным научно-технической литературы трудоемкость процесса подготовки УП колеблется в пределах 15-20 часов, а по результатам производственных наблюдений достигает до 35 часов. Оставляет желать лучшего и качество процесса подготовки УП, характеризующееся отсутствием ошибок вготавливаемых УП и трудоемкостью обработки деталей с обеспечением точности их размеров и требуемого качества поверхностей.

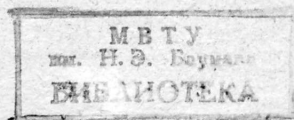
В результате этого в ряде случаев наблюдается простой дорогостоящих и высокопроизводительных токарных станков с ЧПУ ввиду отсутствия соответствующих УП, либо занятость их для задач отладки УП, которая достигает 10 часов и более, а также работу

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1401897

Щербakov Н.П. Разработка на



этих станков с невысокой эффективностью, обусловливаемой неоптимальными решениями в подготовленных УП.

Таким образом, проблема автоматизации подготовки УП для токарных станков с ЧПУ является весьма актуальной. Ее актуальность особенно возрастает в свете решений XXVI съезда КПСС, непосредственно относящихся к области автоматизации технологической подготовки производства и повышению его эффективности.

Цель работы. Снижение трудоемкости процесса подготовки УП и повышение его качества для автоматизированного оборудования с ЧПУ на примере токарных полуавтоматов.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения, автоматизации производственных процессов и системно-структурного анализа.

Экспериментальные исследования выполнялись с использованием метода экспертных оценок, математического аппарата теории вероятностей и статистики, а также средств ВГ.

Производственные исследования включали получение фактических данных по процессу подготовки УП для токарных станков с ЧПУ с их последующим анализом методами математической статистики.

Научная новизна. Разработаны методологические положения построения диалоговых процедур процесса подготовки УП; выявлены закономерности этого процесса; предложен метод определения областей эффективного применения неавтоматизированного, автоматизированного и автоматического способов подготовки УП; разработана математическая модель распределения функций между технологом и ЭВМ.

Практическая ценность. В результате проведенных исследований предложена научно-обоснованная методика автоматизированной подготовки УП в режиме диалога с ЭВМ для токарных станков с ЧПУ, позволяющая снизить трудоемкость процесса подготовки УП в 1,2-1,5 раза по сравнению с существующими автоматизированными способами подготовки, трудоемкость обработки деталей на токарных станках с ЧПУ на 6-8 процентов и обеспечить требуемый уровень получения УП без ошибок.

Разработанная методика предназначена для инженерно-технических работников машиностроительных предприятий, занимающихся вопросами подготовки УП для токарных станков с ЧПУ.

Реализация работы. Выполненный комплекс работ прошел про-

мысленную проверку и внедрен на Димитровградском автоагрегатном заводе имени 50-летия СССР.

Опыт практического применения показал эффективность разработанной методики в вопросах повышения качества процесса подготовки УП и сокращения его сроков. Общий годовой экономический эффект, подтвержденный расчетами, справкой и актом о внедрении, составил сорок пять тысяч рублей.

Апробация работы. Материалы исследований и диссертация в целом докладывались и обсуждались: на научных семинарах кафедр "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э. Баумана и "Технология машиностроения" Алтайского политехнического института им. И.И. Ползунова в 1979-1982 гг.; на Республиканских научно-технических конференциях в Душанбе (1981), Ереване (1981), Ташкенте (1982); на III научно-практической конференции в Калинин, 1982 г. Доклады получили положительную оценку.

Публикации. По содержанию диссертации, результатам теоретических и экспериментальных исследований опубликовано три работы. Список публикаций представлен в конце автореферата.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 129 страницах машинописного текста, включающих в себя введение, шесть глав и общие выводы по работе. Содержит 18 таблиц, 74 рисунка, список использованной литературы из 93 наименований и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность проблемы автоматизации подготовки УП для токарных станков с ЧПУ, формулируется цель работы, указываются основные положения, выдвигаемые на защиту, этапы проведения исследований и их аннотация.

Первая глава посвящена состоянию рассматриваемой проблемы, обоснованию и постановке задач исследования. В ней дано представление об объекте исследования - процессе подготовки УП для токарных станков с ЧПУ, под которым понимается совокупность взаимосвязанных в определенном порядке процедур подготовки УП, образующих логическую схему всего процесса в целом. Он включает в себя определение содержания, взаимосвязей, последовательности решения всего комплекса задач при подготовке УП и деятельность технолога-программиста. Процесс подготовки УП рассматривается как системный процесс с определенной структурой, связями с окружающей средой, набором свойств и функций.

На основании обзора научно-технической литературы и производственных наблюдений указывается, что в настоящее время подготовка УП наиболее эффективно осуществляется с помощью САП, хотя и имеет место неавтоматизированный способ подготовки УП. Обзор работ А.М. Бермана, И.А. Вульфсона, А.Л. Дерябина, С.П. Митрофанова, Л.А. Портянского, В.Д. Цветкова и других авторов, рассмотрение отечественных САП "Технолог", СПС-ТАУ и др. и зарубежных ЕХАРТ, АРТ убедительно показывают, что накоплен большой объем теоретического и экспериментального материала, дающего возможность дальнейшего качественного развития автоматизации подготовки УП.

Первым шагом в этом качественном развитии являются САП, работающие в диалоговом режиме. Наибольший успех в развитии диалоговых систем достигнут сотрудниками школы академика В.М. Глушкова. Применительно к решению технологических задач разработкой диалога занимаются В.Д. Цветков, П.Л. Степанов, Л.А. Портянский, сотрудники ЭНИИМСа и др. Существующие диалоговые системы либо не учитывают специфики технологических задач, либо не обеспечивают технолога достаточной возможностью управления ходом процесса подготовки УП. Использование диалогового режима происходит, как правило, без технико-экономического обоснования его целесообразности и научно-обоснованной реализации принципа распределения функций между технологом и ЭВМ. Трудоемкость подготовки УП, особенно технологического этапа, достигает 45% в общем балансе трудозатрат при невысоком качестве подготавливаемых УП.

Поэтому в первой главе делается вывод о необходимости дополнительных исследований в области автоматизации подготовки УП и в соответствии с поставленной целью определены следующие основные задачи:

- определить тип диалога для процесса подготовки УП, его основные характеристики и условия существования;
- в соответствии с выбранным типом диалога разработать структуру и построение основных диалоговых процедур процесса подготовки УП для токарных станков с ЧПУ;
- провести теоретические и экспериментальные исследования, направленные на организацию эффективного распределения функций между технологом-программистом и ЭВМ, а также выявить закономерности процесса подготовки УП с целью организации на этой основе диалогового режима;
- на основании выполненных теоретических и эксперименталь-

ных исследований разработать методику автоматизированной подготовки УП в режиме диалога с ЭВМ для токарных станков с ЧПУ;

- в соответствии с целью настоящей работы произвести оценку полученных результатов.

Во второй главе показана целесообразность диалога в процессе подготовки УП, даны его определение, условия существования и основные характеристики. Разработана обобщенная структура построения диалоговых процедур процесса подготовки УП и ее конкретная реализация на этапах формирования, отображения и коррекции на экране графического дисплея операционного эскиза обработки детали; выбора, назначения режущих инструментов (РИ) и последовательности их работы; расчета и построения траектории перемещения РИ.

Диалог технолога и ЭВМ представляется двумя взаимосвязанными циклическими процессами. Один из них отражает деятельность технолога, другой - ход расчетных операций ЭВМ. Технолог и ЭВМ могут располагать информацией, которая требуется на данном этапе взаимодействия, и выдавать ее, так и не обладая этой информацией, но воспринимать ее.

На основании литературного обзора, производственных наблюдений и пробных экспериментов из многочисленных типов диалога был выделен и признан целесообразным следующий: по соотношению ранга участников - паритетный, по виду используемых сигналов - визуальный, по пространственно-временным параметрам - непосредственный. При этом наличие цели, непосредственного и оперативного обмена, научно-обоснованного распределения функций и высокого уровня знаний и взаимопонимания были отнесены к основным условиям существования диалога. Выполнение указанных условий существования диалога производится рядом его характеристик, основными из которых являются: непосредственность и оперативность, самостоятельность выполнения действий, способность к управлению и обучению.

Разработана обобщенная структура диалоговой процедуры подготовки УП, представляющая собой набор программных модулей, способных выполнять элементарные расчетные операции. Информационную связь каждого модуля с окружающей средой осуществляет система сигналов: входных (контролируемые параметры данных от технолога, результаты работы предыдущего модуля, информация из банка данных), управления (включение модуля, запрос необходимых исходных данных), возмущения (неконтролируемые параметры процесса подго-

товки УП), выходных (контролируемые параметры процесса подготовки УП, данные в следующий модуль, информация в банк данных).

Выявлено три типа диалоговых процедур: полностью определенная процедура с имеющимся алгоритмом принятия решений; алгоритмически определенная процедура подготовки УП, но с неопределенными исходными данными, либо заданным допустимым диапазоном их изменения; процедура с неопределенным алгоритмом принятия решения, т.е. когда отсутствует формальный метод решения задачи.

Одной из важных процедур, реализуемых в работе, является формирование, отображение и коррекция на экране дисплея операционного эскиза. Операционный эскиз представляется контурами заготовки и готовой детали. Каждый из них изображается последовательной совокупностью элементарных геометрических элементов — точек, прямых линий и окружностей. Определены способы задания геометрических элементов и их характеристики. Эта информация была формализована и доведена до программ расчета на ЭВМ. Результатом расчета на ЭВМ является массив координат геометрических точек сопрягаемых элементов контуров операционного эскиза. В случае отсутствия каких-либо элементов контура технолог оперативно с пульта алфавитно-цифрового дисплея доформирует массив. Этот массив является исходной информацией для формирования и отображения на экране графического дисплея операционного эскиза обработки детали. Он заносится в дисплейную буферную память в виде дисплейного списка.

Коррекция операционного эскиза представляет собой нанесение на контур готовой детали конструктивных особенностей, к которым относятся различного вида канавки, фаски, галтели. Она осуществляется технологом с помощью светового пера в режиме следящего перекрестья и функциональной клавиатуры графического дисплея. При этом технолог имеет возможность манипулировать тремя видами графических преобразований: поворот, перенос и масштабирование графических элементов операционного эскиза обработки детали.

После завершения формирования, отображения операционного эскиза и окончательной его корректировки он выводится на графопостроитель и в дальнейшем используется как технологический документ.

Для выбора, назначения РИ и последовательности их работы были определены и решены следующие задачи:

1. Назначение множества типов РИ, совокупность которых необходима для обработки данной детали в рассматриваемой операции.

Решение этой задачи осуществлялось на основе разделения обрабатываемых поверхностей на инструментальные участки, их аналитического определения и установления соответствия каждого инструментального участка определенному типу РИ. Определение инструментальных участков производилось автоматически на ЭВМ по разработанным алгоритмам и программам, в основе работы которых лежит анализ координат геометрических точек контура операционного эскиза обработки детали по их величине.

2. Определение конструктивно-технологических параметров для каждого РИ: материала режущей части, геометрии заточки, предельно допустимых режимов работы и др. Все конструктивно-технологические параметры РИ хранятся в банке данных. Состав банка данных определялся на основе номенклатуры обрабатываемых деталей с широким применением конструктивно-технологической унификации и стандартизации. Технолог, используя банк данных, в диалоговом режиме формирует конструктивно-технологические параметры каждого выбранного типа РИ.

3. Оптимизация последовательности работы РИ и окончательная комплектация операции режущим инструментом. Задача оптимизации последовательности работы РИ и их назначения сводится к окончательному формированию такого комплекта РИ, который обеспечивает максимальную производительность обработки и требуемые точность и качество обработанной детали. Анализ потерь времени по инструменту показал, что их сокращение возможно за счет уменьшения числа смен РИ при увеличении объема обработки одним инструментом. Следовательно, необходимо таким образом назначать последовательность работы режущих инструментов, чтобы минимизировать длины и количество рабочих ходов. Это осуществляется по алгоритму, который производит последовательное сравнение первой ступени обрабатываемой детали с остальными из условий их совместной обработки за один рабочий ход с установленной предельной глубиной резания.

Результатом выполнения комплекса работ по РИ является операционная карта инструмента, в которой отражены тип РИ, конструктивно-технологические параметры, обрабатываемые поверхности и номер позиции в резцовой головке.

Выполнение процедуры расчета и построения траекторий перемещения РИ состоит из двух этапов: определения количества рабочих ходов и расчета координат геометрических опорных точек рабочих перемещений РИ; расчета координат геометрических опорных точек и построения траектории холостых перемещений РИ.

Определение количества рабочих ходов осуществлялось на основе анализа возможных схем удаления напуска и припуска с установленной глубиной резания, исходя из условий обеспечения максимальной производительности обработки. Построение траектории холостых перемещений РИ производилось из условия обеспечения их минимального пути между конечной геометрической опорной точкой предшествующего рабочего хода и начальной геометрической опорной точкой последующего рабочего хода РИ. Целевой функцией при решении выше названных двух этапов служило неполное оперативное время $t'_{оп}$, которое определялось по формуле $t'_{оп} = t'_0 + t_{хх}$, где t'_0 - основное время обработки; $t_{хх}$ - время, затрачиваемое на холостые перемещения РИ. Расчет координат геометрических опорных точек рабочих и холостых перемещений РИ производится автоматически в соответствии с определенным количеством рабочих ходов. После выполнения этих расчетов на экране графического дисплея происходит формирование траекторий перемещения каждого РИ в отдельности. Технолог при необходимости в диалоговом режиме может производить их корректировку и осуществлять вывод на графопостроитель.

В третьей главе рассматриваются теоретические аспекты решения задачи распределения функций между технологом и ЭВМ в процессе подготовки УП.

Распределение функций между технологом и ЭВМ в настоящее время является актуальной задачей в связи с использованием режима диалога при подготовке УП. Задача распределения функций сводится к определению оптимальной степени автоматизации процесса подготовки УП, а затем (на основе имеющихся зависимостей, характеризующих решение задач технологом и ЭВМ) к окончательному распределению функций.

Предварительно проведен анализ большого количества работ, затрагивающих рассмотрение различных методов оценки степени автоматизации системных объектов, к числу которых отнесен и процесс подготовки УП. При этом под степенью автоматизации понималась объективная оценка, выражающая соотношение между общим объемом функций процесса подготовки УП и частью этих функций, реализуемых на ЭВМ.

Для корректной постановки и решения задачи распределения функций были выявлены и определены три типа моделей: модель типовых задач процесса подготовки УП, предназначенная для определения состава и последовательности решения задач подготовки УП;

модель непосредственного распределения задач подготовки УП и модель деятельности технолога, позволяющая получить данные для обоснованных требований к содержанию и способам представления информации, необходимой технологу. Первый и третий типы моделей реализуются в главе, посвященной экспериментальным исследованиям процесса подготовки УП, второй тип представлен следующим образом. Количественная оценка степени автоматизации процесса подготовки УП определялась из соотношения:

$$K_A = \frac{A_{ЭВМ}}{A_{ЭВМ} + A_T} = \frac{A_{ЭВМ}}{A}, \quad (I)$$

где A_T и $A_{ЭВМ}$ — трудоемкость переработки информации в процессе подготовки УП технологом и ЭВМ соответственно; A — общая трудоемкость процесса подготовки УП. Из (I) очевидно, что $0 \leq K_A \leq 1$. Максимальное значение, равное единице K_A , имеет при $A_T = 0$, когда весь процесс подготовки УП осуществляется автоматически за исключением подготовки и ввода исходных данных. Минимальное значение, равное нулю, K_A имеет при $A_{ЭВМ} = 0$, когда объем информации процесса подготовки УП перерабатывается "вручную". Если же $0 < K_A < 1$, то имеет место автоматизированный способ подготовки УП, эффективной формой которого является диалоговый режим.

Из (I) следует, что

$$A_{ЭВМ} = K_A \cdot A; \quad A_T = (1 - K_A)A. \quad (2)$$

Следовательно, решение задачи распределения функций (в данном случае по трудоемкости выполнения этапов подготовки УП) сводится к выбору соответствующего значения K_A , обуславливающего экстремум выбранного критерия эффективности. За критерий эффективности в соответствии с ГОСТ 14404-74 была принята стоимость процесса подготовки УП

$$C = f_1(A_{ЭВМ})A_{ЭВМ} + f_2(A_T)A_T,$$

где $f_1(A_{ЭВМ})$, $f_2(A_T)$ — функции, выражающие стоимость трудоемкости переработки информации процесса подготовки УП ЭВМ и технологом соответственно.

С учетом выражения (2):

$$C = F(K_A, A) = f_1(K_A A)K_A A + f_2[(1 - K_A)A](1 - K_A)A.$$

Значит, оптимальная (с точки зрения минимума стоимости процесса подготовки УП) степень автоматизации K_A должна удовлетворять

условиям:

$$\frac{dF(K_A, A)}{dK_A} = 0, \quad \frac{d^2F(K_A, A)}{dK_A^2} > 0.$$

За ограничение был принят 95%-ый уровень получения УП без ошибок.

Выше изложенное позволяет в каждом конкретном случае определить кто более эффективно выполнит решение задачи подготовки УП — технолог-программист или ЭВМ.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям процесса подготовки УП для токарных станков с ЧПУ, основной целью которых было выявление закономерностей решения задач подготовки УП технологом и ЭВМ. Эти закономерности используются для практической реализации задачи распределения функций.

Подготовка УП в экспериментах осуществлялась двумя способами: неавтоматизированным и с использованием комплекса средств ВТ, включающего: процессор ЭВМ СМ-4 типа СМ2104, алфавитно-цифровой дисплей ВТА2000-2, накопитель на магнитном диске кассетного типа ИЗОТ-1370 с устройством управления, ленточное устройство ввода-вывода СМ6204, графический дисплей ЭП-400, устройство печати знаковсинтезирующее *robotron* II56, графопостроитель типа ЕС7054.

В экспериментах участвовало тридцать технологів различной квалификации, имеющих стаж работы по специальности от одного до десяти лет. Первоначально на основе экспертного опроса были выявлены основные этапы процесса подготовки УП и из них наиболее значимые, которым впоследствии уделялось особое внимание. Затем по составленной заранее анкете опроса о процессе подготовки УП были получены данные, характеризующие последовательность выполнения этапов подготовки УП, состав деятельности при выполнении каждого этапа, трудоемкость и качество выполняемых этапов. При этом качество оценивалось численным значением вероятности выполнения рассматриваемого этапа без ошибок. Анализ результатов экспертного опроса позволил сформировать из тридцати технологів три группы по десять человек в каждой, что в последствии, при фактическом определении характеристик процесса подготовки УП, дало возможность учитывать их квалификацию и сократить количествоготавливаемых УП в экспериментах до ста пятидесяти единиц. Подготовка УП осуществлялась за несколько последовательно выполненных итераций.

С целью более дифференцированного подхода к исследованию процесса подготовки УП все детали типа тел вращения, для которых осуществлялась подготовка УП, были условно разделены на пять групп на основе оценки их геометрической сложности, шероховатости поверхностей и точности обработки.

Обработка данных, полученных в результате экспериментов по определению фактических характеристик процесса подготовки УП, установила, что вероятность получения УП в целом без ошибок может быть описана экспоненциальным (показательным) распределением вида:

$$P = 1 - e^{-\alpha N} \quad \text{для} \quad N = 1, 2, \dots, n; \quad n \leq p,$$

где N — количество итераций в процессе подготовки УП; p — предельное число итераций процесса подготовки УП ($p = 5$); α — коэффициент, учитывающий интенсивность нарастания вероятности безошибочного решения на каждом шаге. Его значения были установлены экспериментально, и для деталей средней группы сложности при расчетах на ЭВМ $\alpha_A = 3,0$. Если технолог осуществляет процесс подготовки УП неавтоматизированным способом, то $\alpha_T = 1,6$. Разница в значениях коэффициента α объясняется тем, что вероятность получения технологом безошибочного решения в течение рабочего дня уменьшается. Она может быть описана зависимостью:

$$P_T = P_0 - kT,$$

где P_0 — величина, характеризующая вероятность безошибочной работы технолога в начале рабочего дня; k — коэффициент, учитывающий уменьшение вероятности безошибочного решения в течение рабочего дня; T — текущий момент времени, для которого определяется вероятность безошибочного решения. Экспериментально установлено, что для технологов средней квалификации $P_0 = 0,9$, $k = 0,015$. Статистическая обработка результатов показала также, что P_T в каждый отдельный момент времени имеет разброс значений, подчиняющийся закону нормального распределения:

$$p(P)|_{T=T} = \frac{1}{\sigma_T \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{[P - (P_0 - kT)]^2}{2\sigma_T^2}}, \quad T \in (T_1, \dots, T).$$

Проверка гипотезы нормальности распределения по асимметрии и эксцессу распределения, а также по критерию согласия Колмогорова показала соответствие опытного распределения закону нормального распределения.

Полученные результаты позволяют осуществлять практическое

решение задачи распределения функций по условиям минимальной стоимости подготовки УП и обеспечению требуемого уровня подготовки УП без ошибок, а также сделать вывод о том, что реализация процесса подготовки УП не менее чем двумя итерациями приводит к получению требуемого уровня подготовки УП без ошибок и, как следствие этого, — снижению трудоемкости обработки деталей на станке с ЧПУ на 6–8 процентов.

В пятой главе изложена методика автоматизированной подготовки УП в режиме диалога. Основными моментами этой методики являются: определение режима выполнения каждого этапа подготовки УП в отдельности и реализация взаимодействия технолога и ЭВМ при подготовке УП в режиме диалога.

Определение режима выполнения этапов подготовки УП осуществляется на основе расчета степени автоматизации K_A . Показывается, что 95% всех этапов, как правило, требуют решения в диалоговом режиме. На основании расчета K_A формируется режимная карта процесса подготовки УП в целом, являющаяся основным инструктивным документом, используемым технологом при подготовке УП. В ней отражены последовательность выполнения этапов процесса подготовки УП, режим выполнения каждого этапа в отдельности (автоматический, неавтоматизированный, диалоговый), последовательность действий технолога и ЭВМ для каждого режима расчета.

Была разработана временная структура сеанса диалога, которая позволила упорядочить действия технолога и ЭВМ, показаны аспекты его применения на различных стадиях расчета.

Технолог перед началом подготовки УП имеет возможность ознакомиться с тематикой информационных массивов, типами допустимых запросов, формами представления ответов и расположением информационных зон рабочего поля экрана дисплея, основные из которых следующие: зона сведений информационного характера, зона сообщений-вопросов, зона ответов, зона сообщений об ошибках и зона директив управления процессом подготовки УП. Эти зоны были определены и признаны целесообразными на основании подготовки ряда УП в производственных условиях и на комплексе технических средств ВТ, используемом при проведении экспериментов.

Процесс подготовки УП представляется совокупностью диалоговых процедур, обеспечивающих решение каждого этапа в отдельности. Каждая диалоговая процедура состоит из набора программных модулей. Весь процесс подготовки УП в целом и отдельные его этапы оказываются расчлененными на стадии расчета, выполнение кото-

рых может осуществляться либо автоматически, либо технологом и отображаться на экране алфавитно-цифрового дисплея.

Все задачи процесса подготовки УП условно, по характеру результатов их решения, были разделены на текст-цифровые и графические.

Выявлены основные виды диалоговых прерываний, под которыми подразумевается действия технолога при решении задач. Показаны правила их оформления. При решении текст-цифровых задач такими диалоговыми прерываниями являются: 1. Указывание. Применяется при предоставлении технологу нескольких вариантов результатов расчета ЭВМ. 2. Ввод данных. Используется при нехватке информации для решения рассматриваемой задачи. 3) Ввод команд. Позволяет технологу в широких пределах управлять ходом процесса подготовки УП. 4. Оценка. Предназначена для оценки промежуточных результатов. 5. Корректировка. Применяется, как правило, в совокупности с диалоговыми прерываниями вида "оценка" и "ввод данных".

При решении графических задач были выделены и показано оформление следующих основных видов диалоговых прерываний: 1. Указывание. Осуществляется с помощью светового пера. Предназначено для определения искомых характеристик указанного на экране дисплея элемента графического изображения. 2. Позиционирование. Используется для перемещения элементов графических изображений в требуемое положение на рабочем поле экрана графического дисплея. 3. Рисование. 4. Ввод команд. 5. Ввод данных.

Рассмотренные виды диалоговых прерываний позволяют осуществлять диалог, инициируемый как ЭВМ, так и технологом. Предусмотрен также и вариант взаимодействия, когда диалоговые прерывания, инициируемые ЭВМ, предварительно помещаются специальной программой в очередь, и их оформление осуществляется технологом в тот момент времени, когда он к этому готов. ЭВМ при этом продолжает расчеты других этапов процесса подготовки УП, выполнение которых должно производиться в автоматическом режиме.

Для реализации режима диалога определен состав технических, математических и информационных средств.

Разработанная методика основана на представлении процесса подготовки УП как системного процесса и имеет различные уровни автоматизации решения отдельных задач. Все это позволяет с дальнейшим развитием научных основ технологии машиностроения и смежных с ней наук беспрепятственно заменять отдельные программные

модули процесса подготовки УП на более эффективные и обеспечивать выполнение важнейшего принципа автоматизации технологического проектирования — адаптации к изменениям окружающей среды.

В шестой главе произведена оценка полученных результатов и расчет технико-экономической эффективности проведенных исследований.

Оценка результатов осуществлялась по трудоемкости и качеству процесса подготовки УП.

Экономическая эффективность от внедрения результатов исследований определяется снижением трудоемкости подготовки УП, повышением их качества и снижением за счет этого трудоемкости обработки деталей на токарных станках с ЧПУ. Приводится расчет годового экономического эффекта, полученного при использовании разработанной методики на Димитровградском автоагрегатном заводе.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Созданные в 60-х и 70-х годах в нашей стране и за рубежом САП позволили заметно повысить эффективность процесса подготовки УП. Однако сложность разработки комплекса алгоритмов и программ, математических моделей процесса подготовки УП, поиска его оптимального варианта, невысокое качество и продолжительные сроки подготовки УП, отсутствие оперативного взаимодействия между технологом и ЭВМ заставили искать новые формы автоматизации подготовки УП, одной из которых следует считать диалоговый режим.

2. Выявленный тип диалога для подготовки УП, его характеристики и условия существования позволяют обеспечить простоту взаимодействия технолога и ЭВМ и всю полноту схвата перерабатываемой алфавитно-цифровой и графической информации. Его применение необходимо рассматривать как одно из важных средств повышения эффективности и расширения возможностей автоматизации процесса подготовки УП.

3. Разработанные методологические положения построения основных диалоговых процедур процесса подготовки УП позволяют представить диалог как логически сконструированный процесс взаимодействия, состоящий из набора программных модулей с определенными функциями. Эти методологические положения рекомендуется использовать в технологических подразделениях предприятий с целью управления ходом решения задач процесса подготовки УП.

4. Созданная методика формирования, отображения и коррекции графических изображений операционного эскиза обработки детали и расчета траектории перемещения режущих инструментов позволяет снизить трудоемкость выполнения работ на 25-30 процентов. Она может быть широко использована для решения других графо-аналитических задач процесса подготовки УП, например, формирования инструментальных наладок.

5. Разработанную модель распределения функций между технологом и ЭВМ в процессе подготовки УП целесообразно применять при проведении работ, связанных с оптимизацией этого процесса и установлением областей эффективного применения неавтоматизированного, автоматизированного и автоматического способов подготовки УП.

6. Выявленные закономерности решения задач технологом и на ЭВМ позволяют осуществлять процесс подготовки УП по заданным характеристикам качества подготавливаемой УП и их следует применять для практической реализации задачи распределения функций.

7. Предложенная в работе научно-обоснованная методика автоматизированной подготовки УП в режиме диалога с ЭВМ позволяет обеспечить снижение трудоемкости процесса подготовки УП в 1,2 - 1,5 раза, трудоемкости обработки деталей на токарных станках с ЧПУ на 6-8 процентов и требуемый уровень получения УП без ошибок. Эта методика может быть использована для станков с ЧПУ различных технологических групп, а также внутри отдельных групп в различных производственных условиях для широкой номенклатуры машиностроительных деталей.

8. Выполненный комплекс исследований прошел промышленную проверку и внедрен на Димитровградском автоагрегатном заводе имени 50-летия СССР с годовым экономическим эффектом сорок пять тысяч рублей (согласно акту о внедрении).

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих изданиях:

1. Капустин Н.М., Щербаков Н.П. Диалоговая система подготовки управляющих программ для токарных станков с ЧПУ. - Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции. Вопросы конструирования и эксплуатации станков с ЧПУ и промышленных роботов, перспективы их развития. - Ереван, 1981, с. 58-59.

2. Щербаков Н.П. Автоматизация выбора режущих инструментов при подготовке управляющих программ для токарных станков с ЧПУ.

- Межвузовский сборник. Отделочно-чистовые методы обработки и инструменты в технологии машиностроения. - Барнаул, 1981, с. 85-87.

3. Шербаков Н.П. Диалоговые процедуры подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. - Тезисы докладов на III научно-практической конференции, посвященной 60-летию образования СССР. Молодые ученые и специалисты - народному хозяйству Нечерноземья.

, - Калинин, 1982, с. 17-18.

