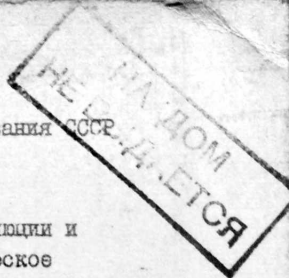


М 410956

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

ОСИПОВ Владимир Никитович

УДК 65.015.13:621.9.06-52

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ
СТАНКОВ С ЧПУ В КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ
(на примере токарной обработки)

Специальность 05.02.07 - Автоматизация в машиностроении

АВТОРЕЗЮМЕ
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 - доктор технических наук, профессор
Капустин Н.М.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Митрофанов В.Г.,

кандидат технических наук, доцент
Васильев Г.Н.

Ведущее предприятие - СПО "Красный пролетарий"
им. А.И. Ефремова

Защита диссертации состоится " " 1983 г.
на заседании специализированного совета К 053.15.01 в Москов-
ском высшем техническом училище им. Н.Э. Баумана по адресу:
107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

С диссертацией можн
Н.Э. Баумана.

Ваш отзыв и предл
заверенные г чатью, пр

Автореферат разос

Ученый секретарь
к.т.н., доцент

Л-92438 т2Х83г.Объе
Зак. 1345 Типо.

M 410956

1410956

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Возросшие требования к ускорению процесса обновления промышленной продукции и сокращения сроков внедрения достижений науки в производство вызвали значительное увеличение выпуска станков с ЧПУ, особенно типа CNC, промышленных роботов и создание на их основе технологических модулей, гибких станочных систем и комплексно автоматизированных производств. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О мерах по ускорению научно-технического прогресса в народном хозяйстве" от 18 августа 1983 года поручено "Госплану СССР, ГКНТ, Академии наук СССР разработать ... общесоюзные программы работ в области создания гибких автоматизированных производств и систем автоматизированного проектирования и их использования в народном хозяйстве".

В этой связи всевозрастающее внимание уделяется автоматизации подготовки управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ, себестоимость которой доходит до 1/3 затрат на обработку деталей. Лучшим из применяемых в настоящее время способов подготовки УП является автоматизированный геометрически ориентированный с использованием макрокоманд и диалога. Однако, диалоговые процедуры трудоемки, а принятие технологических решений остается за пользователем.

Из-за недостаточной точности обработки, на станках с ЧПУ в условиях автоматизированного производства может быть изготовлено до 60% существующей номенклатуры деталей типа тел вращения.

Отладка УП выполняется "вручную" и вызывает простой дорогостоящего оборудования с ЧПУ в пределах от 1,5 до 10 часов.

Таким образом, разработка методов автоматизации принятия технологических решений, а также методов, обеспечивающих автоматизацию отладки УП и повышение точности обработки поверхностей деталей в условиях комплексных систем автоматизированного проектирования и изготовления (КАПРИ), является актуальной задачей.

Цель работы. Снижение трудоемкости подготовки и отладки УП для токарных станков с ЧПУ с обеспечением точности обработки деталей по 7,8 квалитетам в условиях КАПРИ, включающей системы конструирования, проектирования технологии и подготовки УП для токарных станков с ЧПУ и изготовления деталей.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения, автоматизации производственных процессов с использованием методов теории множеств, математической статистики, теории графов, методов обуче-

М. В. В.
И. И. В.
БИБЛИОТЕКА

ния и самоорганизации систем проектирования, методов системно-структурного анализа. Экспериментальные исследования выполнялись в лаборатории кафедры технологии механосборочного производства МВТУ им. Н.Э. Баумана.

При обработке экспериментальных данных использованы методы статистических гипотез, метод группового учета аргументов (МГУА) и метод экспертных оценок.

Научная новизна. Выявлены и обоснованы необходимые этапы формирования процедур "обучения" и "самоорганизации" системы проектирования технологии и подготовки УП для станков с ЧПУ, использованные для автоматизации принятия решений технологических задач, на входе которых имеются качественные признаки (например, наличие геометрических особенностей и особых требований по взаимному расположению обрабатываемых поверхностей и др.). Предложен новый подход к созданию единого языка кодирования данных о деталях типа тел вращения, имеющего три уровня представления информации и учитывающего специфические требования систем, входящих в КАПРИ. Установлены этапы автоматизированной отладки УП для токарных станков с ЧПУ в КАПРИ, когда исполнительные настроечные размеры определяются результатами пробного рабочего хода, полученными по обратной связи станок - система проектирования. Сформулирован принцип уменьшения величины мгновенного поля рассеивания размеров при врезании проходного упорного резца в заготовку с постепенным увеличением подачи до требуемой.

Практическая ценность. Разработан единый язык кодирования геометрической и технологической информации о деталях типа тел вращения (ЕЯК.ГИ). Разработана методика выбора методов автоматизации принятия технологических решений и формирования процедур "обучения" и "самоорганизации" системы проектирования технологии и подготовки УП для станков с ЧПУ (САП УП). Ее применение в совокупности с ЕЯК.ГИ позволяет отказаться от "ручного" перекодирования данных о детали при их прохождении в КАПРИ и снижает трудоемкость подготовки УП для токарных станков с ЧПУ. Даны практические рекомендации по разработке структуры системы автоматизированного проектирования УП для токарных станков с ЧПУ и формализованному описанию межадачных связей, позволяющие значительно уменьшить трудоемкость создания подобных систем. Разработаны алгоритмы выбора технологических баз и формирования оптимальной инструментальной наладки для токарного станка с ЧПУ. Приведены практические рекомендации по автоматизации отладки УП с использованием обратной связи токарный станок - САП УП, по формирова-

нию траектории инструмента и врезанию резца в заготовку при обработке поверхностей деталей точностью 7,8 квалитета в условиях автоматизированного производства.

Разработанные рекомендации предназначены для пресектировщиков систем автоматизации инженерной подготовки производства и технологов, занимающихся подготовкой УП для токарных станков с ЧПУ в условиях мелкосерийного и единичного производства.

Реализация работы. Результаты исследований прошли промышленную проверку и использованы при разработке системы КАПРИ в машиностроительном производстве. Методика расчета настроечных размеров и автоматизации отладки УП передана на ряд промышленных предприятий машиностроения и приборостроения. Ожидаемый годовой экономический эффект, подтвержденный расчетами и актом внедрения результатов исследований, составил 2970 руб. на один токарный станок с ЧПУ типа I6K20TI.

Апробация работы. Материалы исследований и диссертация в целом доложены и обсуждены на научных семинарах кафедры технологии механосборочного производства МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1981-1983 годах, второй всесоюзной научно - технической конференции "Проблемные вопросы автоматизации производства" в Краснодаре (1981 г.), республиканских научно - технических конференциях "Технологические пути повышения качества в машиностроении и приборостроении" (Ереван, 1982 г.), "Состояние и перспективы применения вычислительной техники в машиностроительной промышленности Узбекистана" (Ташкент, 1982 г., два доклада).

Публикации. Основной материал диссертации изложен в 7-ми печатных работах, список которых приведен в конце автореферата.

Объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 142 страницах машинописного текста, содержит 41 таблицу, 48 рисунков и список литературы из 114 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен анализ состояния и даны перспективы развития станочных систем, способов проектирования технологии и подготовки УП для станков с ЧПУ. Отмечается, что каждая станочная система имеет свою область рационального применения, зависящую от величины партии деталей. Например, при 30...50 деталях (мелкосерийное производство) рационально применение технологических модулей.

Дается анализ основных направлений автоматизации проектирования технологических процессов, методологические положения кото-

рых разработаны в трудах советских ученых Бруевича Н.Г., Гильмана А.М., Горанского Г.К., Капустина Н.М., Митрофанова В.Г., Митрофанова С.П., Соломенцева Ю.М., Тетерина Г.П., Цветкова В.Д. и др. Выявлены достоинства и недостатки каждого из направлений.

Особое внимание уделено способам подготовки УП для станков с ЧПУ. Рассмотрены способы проектирования: неавтоматизированный, с помощью специальных устройств типа ELTROPILOT-D и автоматизированные (геометрически и технологически ориентированные).

Отмечено, что наибольшую применяемость получили геометрически ориентированные системы автоматизированного проектирования, например, IFAPT, LTTS, АПТ-СМ. Однако их серьезными недостатками являются большая трудоемкость диалога и то, что технологические решения оставлены за пользователем.

Показано, что разработка автоматизированных систем подготовки УП для станков с ЧПУ — длительный процесс, трудоемкость которого колеблется от 100 до 200 чел/лет.

Отмечено, что современной тенденцией является применение технологически ориентированных и комплексных систем проектирования и изготовления деталей. Анализ некоторых таких систем (лаборатории RWTH г. Аахен, ФРГ; CAPP — McDonell Douglas, США; NASTRAN, Англия; ИТК АН БССР и др.) показал, что в них используется "ручное" перекодирование данных о детали при передаче информации из одной системы в другую.

Констатируется, что по данным Международного института исследований в области производственных систем в общем объеме выпуска станков с ЧПУ 44% составляют токарные станки, при этом к 1985 г. доля станков с оперативными системами управления возрастет до 57%. Поэтому было решено задачи, поставленные в работе, рассматривать на примере токарной обработки на станках с CNC управлением.

Анализ обработки деталей на токарных станках с ЧПУ показал, что из-за повышенных требований к точности до 40% номенклатуры деталей не может обрабатываться в условиях автоматизированного производства.

Потери времени на переналадку станка и инструмента превышают 17% при средней величине партии деталей равной 24 штукам.

Отмечено, что в кибернетике с успехом применялись методы обучения и эвристической самоорганизации, однако, для решения задач автоматизации технологической подготовки производства сделаны лишь отдельные попытки их использования в работах Белишской Н.В.,

Волкова О.Ю., Палуна Б.С., Соскина Л.Б. и др.

На основе проведенного анализа и в соответствии с целью работы поставлены следующие основные задачи исследования:

1. Разработать методику автоматизации принятия решений технологических задач (выбор технологических баз, формирование оптимальной инструментальной наладки, расчет погрешности обработки и др.), основанную на обучении и самоорганизации системы при активном управлении.

2. Разработать язык кодирования геометрической и технологической информации о детали, единый для всех систем, входящих в КАПРИ деталей типа тел вращения.

3. Разработать методику расчета исполнительных настроечных размеров при обработке деталей на токарных станках с ЧПУ, обеспечивающую автоматизацию отладки УП в условиях КАПРИ.

4. Выдать рекомендации по обработке поверхностей деталей точностью 7,8 качества на токарных станках в условиях КАПРИ.

5. Разработать обоснованную структуру системы автоматизированной подготовки УП для токарных станков с ЧПУ.

Во второй главе показана разработка единого для всех систем КАПРИ языка кодирования геометрической и технологической информации (ЕЯКГТИ) о деталях типа тел вращения.

Проведен анализ существующих языков, применяемых при автоматизированном конструировании деталей, проектировании технологических процессов и подготовке УП для станков с ЧПУ. Это позволило выявить требования к представлению информации о детали, налагаемые системами, входящими в КАПРИ. На их основе разработан ЕЯКГТИ, имеющий три уровня представления информации.

На первом уровне это образный предметный язык, с помощью которого технолог формирует математическую модель детали. Модель можно представить в виде последовательности множеств кортежей:

$$M_d = \{R_1^i, R_2^i, R_3^i\}$$

Содержание кортежей:

$R_1^i = \langle a_1^i, a_2^i, a_3^i, \dots, a_n^i \rangle$ — общие сведения о детали;

$R_2^i = \langle b_1^i, b_2^i, b_3^i, \dots, b_n^i \rangle$ — количественные и качественные характеристики обрабатываемых поверхностей;

$R_3^i = \langle c_1^i, c_2^i, c_3^i, \dots, c_n^i \rangle$ — отклонения формы и взаимного расположения поверхностей.

При кодировании деталь разбивают на геометрические образы элементарных, типовых и комплексных обрабатываемых поверхностей в соответствии с разработанным классификатором. В классифи-

катере выделены геометрические образы основных, вспомогательных, служебных и фиктивных поверхностей. Разработана карта исходных данных, куда вносят данные о детали, а в ЭВМ их вводят с дисплея через запылку, пропуская пустые графы, тем самым уменьшая потери машинного времени.

На основании применений теории графов проведена минимизация количества размеров поверхностей, вводимых в ЭВМ. В результате уменьшена трудоемкость этой операции по сравнению с КАС ТПП ТЕХНОЛОГ" и АПТ-СМ в 3...5 раз.

Второй уровень представления данных о детали предназначен для обмена информацией между системами, входящими в КАПРИ. Установлено, что деталь целесообразно представлять находящейся в двухкоординатном потенциальном размерном поле, уровни нулевого потенциала которого совпадают с осями основной системы координат детали. Описан промежуточный массив, в котором информация о детали хранится в памяти ЭВМ. Отмечено, что кроме уравнений, характеризующих образующие геометрических образов (ГО), в него занесены потенциалы опорных точек контура детали, номер и код ГО. Приведены разработанные на этой основе методика, а для одной из схем движения инструмента алгоритм расчета координат опорных точек УП при снятии напуска с детали.

На третьем уровне представления информации использован язык CLDATA (промежуточный язык процессор - постпроцессор), с помощью которого формируют УП для обработки детали на станке с ЧПУ и управления роботом.

В третьей главе разработаны теоретические положения автоматизации принятия технологических решений в системах проектирования технологии и подготовки УП для станков с ЧПУ (САП УП).

Для уменьшения трудоемкости создания САП УП предложено использовать организацию работ по методологии "бригады главного программиста" (фирма IBM) и идеи нисходящего проектирования и структурного программирования.

В качестве важнейшей задачи выделена разработка структуры САП УП. Показано, как выделять задачи, составляющие вертикальную и горизонтальную структуру системы. Необходимость формализованного описания межзадачных связей проиллюстрирована на примере определения последовательности обработки поверхностей детали.

Процесс нахождения технологического решения рассмотрен как процесс отбора. Если имеем множество объектов $D_0 = \{D_{0i}\}$, $i = \overline{1, n}$ и множество технологических решений $R_n = \{R_{nj}\}$, $j = \overline{1, m}$, то принять

решение - это значит сопоставить элементы множеств D_0 и R_k . Каждому элементу множества D_0 соответствует один элемент множества R_k , т.е. D_0 отображается в R_k :

$$\Gamma: D_0 \rightarrow R_k.$$

где Γ - множество, определяющее закон, в соответствии с которым осуществляется отображение.

Представляя каждую задачу D_{0i} упорядоченным набором входных признаков $(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni})$ и выходных параметров $(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{mj})$, перешли к описанию технологического решения через информацию об объекте.

Произведено разделение входных существенных признаков на качественные и количественные. Определена область их изменения.

Располагая количественные признаки за качественными по степени их влияния на принимаемое решение и объединяя их идентификаторы, получают макет кода поискового предписания. Например,

WS1UWS2U...UWA1U...UWAK.

Отмечено, что если задача характеризуется только количественными признаками, то она удовлетворяет требованию компактности, и решающее правило может быть найдено в виде гиперплоскости простого вида, представленной функцией входных параметров:

$$R_j = F\{\theta(\vec{x}, \vec{c})\}, \quad (I)$$

где θ некоторая заранее заданная функция;

$\vec{c} = (c_1, c_2, \dots, c_m)$ - вектор оценочных коэффициентов;

$\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ - вектор входных признаков.

Для построения функциональной зависимости (I) предложено использовать модифицированный упрощенный алгоритм по методу группового учета аргументов (МГУА), основанный на принципе эвристической самоорганизации. От методов, используемых в теории статистических решений, МГУА выгодно отличается тем, что на каждом ряду селекции решение принимается не окончательно и для его выбора используется несколько критериев.

Когда на входе задачи имеются качественные признаки, нарушается непрерывность значений переменных, и решение не может быть получено в виде математической модели. Для этого случая предложено разрабатывать процедуры обучения и самоорганизации САП УП. Разработка этих процедур подробно рассмотрена при описании четвертой главы и для исключения повторов здесь не излагается.

В четвертой главе на примере выбора технологических баз и формирования оптимальной инструментальной наладки для токарного станка с ЧПУ показано применение методики принятия технологичес-

ких решений, когда на входе задачи присутствуют качественные признаки.

Стмечено, что перед разработкой процедур обучения и самоорганизации САП УП необходимо выполнить ряд действий:

1. Выделить входные существенные признаки, влияющие на получение решения задачи, и ее выходные параметры. Выходные параметры представлены в виде формулы базирования $\Phi B = N_1/N_2$ (N_1, N_2 - число баз соответственно на левой и правой половинах детали), кода вида базы, величины диаметра базирующей поверхности и расстояния от правого торца детали до силовых элементов приспособления.
2. Организовать массивы градаций существенных признаков, определенным образом разбивая интервалы их значений.
3. Из кодов градаций существенных признаков сформировать код поискового предписания в соответствии с полученным ранее макетом.
4. Разработать алгоритм формирования технологического решения. Для этого перечисляют все решения конкретной задачи (возможные технологические базы). К каждому решению разрабатывают алгоритм его получения. Выделяют у алгоритмов общие и специальные части и записывают их в библиотеку элементарных высказываний.

Показана процедура разработки алгоритмов выбора технологических баз и приведены элементарные высказывания для формулы базирования $\Phi B = 2/2$. Например, для базы Б1 они имеют вид:

- Ж1 - "КОД ВИДА БАЗЫ";
- Ж2 - "ЗА БАЗОВУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ПРИНЯТЬ НАРУЖНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ЗАГОТОВКИ, КОД ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ОБРАЗА КОТОРОЙ КВО=";
- Ж3 - "БАЗОВАЯ ПОВЕРХНОСТЬ НАХОДИТСЯ БЛИЖЕ ВСЕХ К ПРАВОЙ ПОЛОВИНЕ ДЕТАЛИ";
- Ж4 - "БАЗОВАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ДОСТАТОЧНА ДЛЯ ЗАХВАТА В ПАТРОНЕ";
- ЖЖ1 - "ВЫЧИСЛИТЬ ДИАМЕТР БАЗИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ D_6 ";
- ЖЖ2 - "ВЫЧИСЛИТЬ РАССТОЯНИЕ ОТ ГАЗЫ ДО ПРАВОГО ТОРЦА ДЕТАЛИ L_5 ";
- Ж5 - "ФОРМУЛА БАЗИРОВАНИЯ ИМЕЕТ ВИД".

Определены три различных вида операторов, применяемых при формировании алгоритма выбора баз: Ж - утверждения; ЖЖ - вычисления; РР - переопределения.

Для определенности положения детали в пространстве были установлены условия разделения детали на правую и левую половины. В качестве примера приведены входные существенные признаки, влияющие на выбор первой технологической базы.

Для формулы базирования $QB=2/I$ и признаков: WS^* - заготовка единичная или пруток, $WS7$ - наличие на левой половине заготовки поверхности, достаточной для зажима в патроне, $WS9$ - наличие особых требований по взаимному расположению поверхностей детали, $WA6$ - максимальный диаметр заготовки $WA7$ - отношение длины правой половины детали к наружному диаметру крайней правой ступени, - разработаны алгоритмы для определения кодов их градаций.

Для определения отношения количества максимально совмещенных видов инструментов на правой половине детали к числу инструментальных позиций станка ($WA9$) необходимо сформировать инструментальную наладку.

Для этого сформулированы правила создания массива планов и преобразования его в массив переходов обработки поверхностей для правой и левой половин детали. В массиве переходов обработки против их кодов перечисляют поверхности, обрабатываемые в каждом переходе.

Разработаны алгоритмы выбора наиболее предпочтительного инструмента для обработки отдельных поверхностей и возможных совмещений видов инструмента. Например, возможна замена резца для нарезания наружной резьбы резцом для нарезания внутренней резьбы.

Выделены четыре инструментальные группы, в которых выполняются совмещения.

Показана также возможность межгрупповых совмещений. Определены правила для расчета количества поверхностей, для обработки которых требуются инструменты различного вида.

Выполнив эти предварительные работы, заполняют промежуточный массив расчета требуемого количества инструмента $MPS1$. Определен порядок заполнения этого массива. После его заполнения определяют число инструментальных позиций, занимаемых выбранным инструментом ($N_{ин}$), и сравнивают с числом инструментальных позиций станка ($N_{ст}$). Затем путем проведения совмещения инструментов стараются привести к равенству $N_{ин}$ и $N_{ст}$.

Если после проведения всех возможных совмещений не удается добиться такого результата, то обработку правой (левой) половины детали разделяют на две операции, а выбранный инструмент по приведенным правилам разбивают на две инструментальные наладки.

Определяют $WA9$ ($WA1''$) и вид формулы базирования QB , после получения которой возвращаются к задаче выбора технологических баз.

Если САП УП при выборе соответствующей технологической базы

не нашла в библиотеке рассчитанного кода поискового предписания, то она выдает запрос пользователю "ДАЙ НОМЕР РЕШЕНИЯ". При этом на экран дисплея передаются три кода поискового предписания, наиболее близких искомому, а по запросу технолога - предикат и решения, соответствующие высвеченным кодам. Выбрав режим "Д", технолог сам назначает базу и задает ее параметры. Режим "Д" - это диалог под управлением пользователя.

При ответе "СБ" система переходит в режим обучения и выдает требование "СФОРМИРУЙ АЛГОРИТМ ВЫБОРА БАЗЫ".

Отвечив "МЗ", технолог переводит САП УП в режим "самоорганизации" (вместо J указывает номер решения - 1, 2, 3).

В режиме "обучения" технолог, пользуясь библиотекой элементарных высказываний, формирует с дисплея алгоритм выбора решения и само решение. Система образует из элементарных высказываний предикат и, ставя его во взаимнооднозначное соответствие коду поискового предписания, записывает в соответствующую библиотеку.

Например, при обработке деталей типа "Фланец" для $\Phi 6=2/1$ и выборе базы Б1 процедура "обучения" имеет вид:

ДАЙ КОД ВИДА БАЗЫ,

(Технолог может перейти в режим сервисного диалога и узнать, что означает тот или иной идентификатор, входящий в код поискового предписания, -

NRWS2

ЗАГОТОВКА ЕДИНИЧНАЯ (1) ИЛИ ПРУТОК (0)

Выйдя из режима сервисного диалога, САП УП повторяет запрос.)

ДАЙ КОД ВИДА БАЗЫ,

Ж2А

ТРЕБОВАНИЕ К ФОРМЕ ПОВЕРХНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ

Ж2=3A5A53A55

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОВЕРХНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ

Ж3, Ж4

ПРЕДИКАТ ВЫБОРА БАЗЫ Ж1AЖ2AЖ3AЖ4

ДАЙ ПАРАМЕТРЫ БАЗЫ

Ж11, Ж12

Алгоритм выбора базы Ж1AЖ2AЖ3AЖ4Ж1AЖ12; Б1=Ж1, Ж11, Ж12

В режиме "самоорганизации" САП УП должна объединить код поискового предписания $KP = d_1Ud_2U...Ud_kU...d_n$ хранящийся в библиотеке, и $KPP = d_1Ud_2U...Ud_kmU...Ud_n$, который составлен как поисковое предписание. Для этого в ячейки массива $M(2, i)$, содержащие номер градаций признака "к" от d_k до d_{km} включительно, вносят

значение d_{kl} . Под массивом M1 нужно понимать тот массив, где записаны градации признака, код которого имеет разное значение в составленном и имеющемся в библиотеке коде поискового предписания. Таким образом, код d_{kl} как бы "поглощает" все промежуточные коды.

Процедура самоорганизации, например, для $CB=2/3$ и кода поискового предписания KPP=II0002 имеет вид:

.В БИБЛИОТЕКЕ ЕСТЬ ПОДПРОГРАММЫ ДЛЯ:

1) KPP=II0001

2) KPP=II0012

3) KPP=II0011

.ДАЙ НОМЕР РЕШЕНИЯ

№ N2

В результате самоорганизации кода поискового предписания изменилась градация признака WA9, т.е. код градации "0" "поглотил" значение градации, соответствовавшей коду "1".

Пятая глава посвящена вопросам автоматизации отладки УП для токарных станков с ЧПУ.

Отмечается, что процесс отладки УП тесно связан с расчетом исполнительных настроечных размеров и размерной настройкой инструмента. Подчеркивается вклад советских ученых Бурцева В.М., Комиссарова В.И., Корсакова В.С., Яхина А.Б. и др. в развитие этих вопросов. Однако констатируется, что при обработке деталей на токарных станках с микропроцессорами в условиях КАПРИ их рекомендации требуют дальнейшего развития.

Выделены два основных способа повышения точности обработки деталей на токарных станках - расчетный и компенсационный. Суммарная погрешность обработки представлена как результат действия случайных и систематических факторов.

Было произведено разделение погрешности от упругих деформаций технологической системы на две составляющие: Δy - возникающую под действием статических составляющих сил резания; Δy_d - под действием динамической нагрузки в момент соприкосновения резца с деталью.

Анализ составляющих погрешности обработки позволил выделить доминирующие и исключить из рассмотрения незначительные первичные погрешности (погрешности установки и закрепления заготовки в патроне E_1, E_2 , погрешности от тепловых деформаций резца и детали $\Delta T_p, \Delta T_d$).

На основании проведенных экспериментов разработаны рекоменда-

дации по определению погрешностей повторяемости при выходе инструмента на размер $\Delta_{\text{нз}}$, поворота и фиксации револьверной головки $\Delta_{\text{пв}}$, относительного размерного износа инструмента Δu .

На примере построения математической модели расчета относительного размерного износа проходного упорного реза h_{r_0} рассмотрено использование предложенной программы МГУА, разработанной к.т.н. Пятерук С.Г. С ее помощью рассчитаны и выведены на печать данные для построения математической модели на каждом из 9 рядов селекции. Отмечено, что с увеличением ряда селекции повышается точность модели, но увеличивается ее сложность. Исходя из этого остановились на математической модели, полученной на 6 ряду селекции, которая имеет вид: $\ln h_{r_0} = 161,25 + 2,46 \frac{S}{V} - 29,7 \frac{D S^3}{V} - 1,21 \frac{\ln D}{D} - 33,52 \left(\frac{\ln D}{D} \right)^2 - 22,73 \frac{t}{V} \frac{\ln D}{D} - 212,7 \frac{\ln D}{V D}$.

Проверка модели на адекватность по F - критерию Фишера дала положительный результат при 5% уровне значимости ($F_0 = 1,85$; $F_T = 2,0941$). Отмечены преимущества МГУА по сравнению с методами теорией статистических решений.

По графикам зависимостей $h_{r_0} = f(S, V)$, $h_{r_0} = f(t, V)$ определена оптимальная скорость резания V_0 , хорошо согласующаяся с расчетными данными д.т.н. Макарова А.Д.

С целью выявления технологических факторов, влияющих на погрешность чистовой обработки деталей на токарном станке с ЧПУ, на экспериментальной установке, состоящей из станка модели I6K20TI и универсального динамометра конструкции ВНИИ, проведены исследования на образцах из стали 35. На осциллографе НН7/Г фиксировалась величина радиальной составляющей силы резания и измерялись фактические размеры образцов.

Было высказано предположение, что нестабильность величины мгновенного поля рассеивания размеров W - результат влияния переходного процесса резания проходного упорного реза в заготовку, носящего динамический характер.

С целью уменьшения величины W предложено подавать увеличивать постепенно на небольшом участке врезания реза в заготовку. Эксперименты, выполненные при увеличении подачи за три шага ($S = 0,07; 0,09; 0,1$ мм/об), показали стабилизацию величины W и уменьшение ее значения в 1,7...2 раза. При этом колебания R_y уменьшились с 3,82 Н до 1,91 Н, но ее абсолютная величина увеличилась на 5,7 Н.

С целью выявления схемы движения инструмента, дающей наимень-

цую погрешность обработки различных поверхностей на токарном станке с ЧПУ, проведены исследования трех наиболее применяемых вариантов. Рекомендована схема движения инструмента, обеспечивающая подход резца к обрабатываемой поверхности с одной стороны за счет возвратно-поступательного движения суппорта по оси X (у станков с ЧПУ направлена на оператора).

Разработана методика расчета исполнительных настроечных размеров и автоматизации отладки УП при обработке деталей на токарных станках с CNC управлением. Она проиллюстрирована на примере расчета диаметрального размера:

$$\bar{d}_n = \bar{d}_{min} + \Delta \bar{d}_p + \Delta \bar{d}_n,$$

где $\bar{d}_{min}$ - минимальный предельный диаметр; $\Delta \bar{d}_p$ - расчетное отклонение от минимального диаметра ($\Delta \bar{d}_p = \sqrt{\Delta \bar{d}_{изм}^2 + W^2}$); $\Delta \bar{d}_n$ - отклонение, определяемое по данным пробного рабочего хода.

САП УП рассчитывает параметры пробного рабочего хода по формулам: $d_{np}^n = d_{изм}^q - 2t_{чп} + \epsilon t + \frac{1}{2} \Delta d_p$; $d_{np}^n = d_{np}^n - \Delta \epsilon_{\sigma} \cdot l_{np} - \Delta u_{np}$ где индекс np обозначает пробный рабочий ход; $d_{изм}^q$ - фактический диаметр заготовки; $t_{чп}$ - глубина резания перехода чистовой обработки; $\Delta \epsilon_{\sigma}$ - относительная погрешность станка; Δu_{np} - износ резца на длине пробного рабочего хода.

После выполнения пробного рабочего хода система активного контроля или наладчик измеряют фактические размеры и по обратной связи станок - САП УП передают в ЭВМ. САП УП определяет величину компенсируемых погрешностей обработки Δd_n , рассчитывает настроечные размеры по обработке всей детали, число деталей, через которое необходимо производить поднастройку, и величину поднастройки для компенсации размерного износа резца. В расчетах учитывается величина дискретности перемещения суппорта.

Разработанная методика проверена в промышленных условиях при обработке деталей из стали 12Х18Н9Т. При этом за счет более полного использования поля допуска на размер чисел поднастроек для компенсации размерного износа резца, при обработке партии из 50 деталей, уменьшается с 3...10 до 5, время на переналадку станка и инструмента на обработку новой детали сокращается в 1,4...1,8 раза.

Разработана инженерная методика расчета предискажений траектории резца при обработке жестких деталей. В ее основе лежит заполнение расчетной таблицы, составляемой после пробного рабочего хода.

Подчеркнуто, что траектория резца при обработке детали в

центрах состоит из двух участков и на их стыке необходимо делать кольцевую писточку для сглаживания переходного процесса вызванного выбором лифтов в технологической системе при реверсе суппорта.

Проведено исследование технической производительности обработки деталей на токарном станке с CNC управлением. Она рассчитана по данным опытного машиностроительного производства и ЦО "Станкостроительный завод им. С. Орджоникидзе". При внедрении разработанных рекомендаций получено увеличение технической производительности при обработке деталей в две смены ^{год} на 9...12%. Потеря времени на регулировку резцов для компенсации их размерного износа и на измерение деталей уменьшились в среднем соответственно с 4,06% до 2,68% и с 3,06% до 0,71%.

В шестой главе приведены результаты внедрения выполненных исследований в производство.

Показано, что экономический эффект получен за счет сокращения трудоемкости ввода данных в ЭВМ в результате использования ЕЯКТИ, уменьшения времени подготовки УП для токарных станков с ЧПУ вследствие автоматизации принятия технологических решений, уменьшения затрат времени на отладку УП, настройку и подналадку инструмента.

Приведен расчет ожидаемого экономического эффекта от внедрения результатов работы в машиностроительном производстве.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ:

1. Разработана методика формирования процедур обучения и саморганизации системы проектирования технологии и подготовки управляющих программ (УП) для токарных станков с ЧПУ, предназначенная для автоматизации принятия решений технологических задач (выбор баз, выбор последовательности обработки, формирование инструментальной наладки и т.п.), на входе которых присутствуют качественные признаки (например, наличие геометрических особенностей обрабатываемых поверхностей).

2. Разработан единый язык кодирования геометрической и технологической информации, представляющий данные о детали на трех взаимно связанных уровнях (набор геометрических образов, потенциальное размерное поле, промежуточный язык процессор-постпроцессор), который рекомендуется использовать для уменьшения трудоемкости ввода данных в ЭВМ (в 3...5 раз) и исключения их "ручного" перекодирования в комплексной системе проектирования и изготов-

ления (КАПР.), состоящей из автоматизированных систем конструирования, проектирования технологии и подготовки УП для токарных станков с ЧПУ и изготовления деталей.

3. Для автоматизации и сокращения трудоемкости отладки УП к токарным станкам с ЧПУ необходимо применять разработанную методику расчета исполнительных настроечных размеров, по которой погрешность от размерного износа инструмента и величину мгновенного поля рассеивания размеров рассчитывают, а остальные элементарные погрешности обработки компенсируют, передавая результаты пробного рабочего хода по обратной связи станок - система проектирования УП.

4. Для сокращения времени разработки и отладки системы автоматизированной подготовки УП для станков с ЧПУ следует начинать построение ее структуры с формализованного описания "Входов", "Решаемых задач" и "Выходов" каждого из этапов проектирования и их взаимной увязки.

5. Для построения математических моделей расчета технологических параметров (погрешности от размерного износа инструмента, мгновенного поля рассеивания размеров и т.п.) без постановки специальных экспериментов и при минимуме исходной информации целесообразно использовать программу модифицированного упрощенного алгоритма по методу группового учета аргументов.

6. Для обеспечения обработки поверхностей деталей 7,8 квалитета зв точности на токарных станках (например, модели 16К20Т1) в условиях КАПР целесообразно производить врезание в заготовку с постепенным увеличением подачи до требуемой (например, $S=0,07; 0,09; 0,1$ мм/об), а логикой технологической системы выбрать возвратно-поступательным движением суппорта.

7. Использование разработанного классификатора вида инструмента, алгоритмов выбора его предпочтительного вида и возможной замены позволяет сформировать оптимальную инструментальную наладку для токарного станка с ЧПУ, имеющего ограничение по числу позиций инструментального магазина.

8. Научные результаты, полученные в настоящем исследовании, могут быть применены при создании КАПР для таких деталей, например, корпусных.

9. Результаты исследований прошли промышленную проверку при разработке и внедрении КАПР типа тел вращения в машиностроительном производстве, при этом трудоемкость подготовки УП снижена по сравнению с системой "Диалог-1" на 40...50%, техничес-

кая производительность обработки деталей при средней величине партии 15...50 шт. возросла на 9...12%. Ожидаемый годовой экономический эффект составил 2 970 руб. на один токарный станок с ЧПУ.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Капустин Н.М., Киселев В.Л., Осипов В.Н. Принятие технологических решений в системах автоматизированного проектирования (САП) с элементами обучения и самообучения. -Тез. докл. респ. н.-техн.конф. "Состояние и перспективы применения вычислительной техники в машиностроительной промышленности Узбекистана". Ташкент, 1982, с. 45-46.

2. Осипов В.Н. Расчет режимов резания с адаптацией "САП" к конкретным условиям производства. -Тез. докл. респ. н.-техн.конф. "Состояние и перспективы применения вычислительной техники в машиностроительной промышленности Узбекистана". Ташкент, 1982, с. 40-42.

3. Осипов В.Н. Повышение точности обработки на токарных станках с ЧПУ оперативно управляемых мини-ЭВМ. -Тез. докл. респ. н.-техн.конф. "Технологические пути повышения качества в машиностроении и приборостроении". Ташкент, 1982, с. 95-96.

4. Правила диалогового проектирования техпроцессов механической обработки и сборки: Методические рекомендации САПР. I-ая ред./ВНИИМАШ, МВТУ, МАТИ.-М.: ВНИИМАШ, 1982, -98 с.

5. Капустин Н.М., Осипов В.Н. Кодирование геометрической информации при проектировании программ для станков с ЧПУ. -Изв. вузов. Машиностроение, 1983, №2, с. 118-122.

6. Осипов В.Н. Автоматическое определение координат опорных точек управляющих программ. -Изв. вузов. Машиностроение, 1983, №4, с. 133-137.

7. Капустин Н.М., Осипов В.Н. Автоматизация принятия решений в системах автоматизированного проектирования на основе их обучения и самоорганизации. -М. 1983. -8с. -Рукопись представлена МВТУ им. Н.Э. Баумана в ВНИИМАШ 28 апр. 1983, № 125-83.

Осипов В.Н.

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА