

51493345

Московское
ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового
Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ТИХОНОВ ВИКТОР ПАВЛОВИЧ

УДК 621.9.07

СИНТЕЗ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ИЗ ДЕТАЛЕЙ
И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ СТАНДАРТНЫХ СИСТЕМ
ОСНАСТКИ

Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

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 Гузов А.А.
кандидат технических наук,
доцент Шатилов А.А.

Ведущее предприятие - указано в решении специализированного совета

Защита состоится "27" февраля 1988 г. на заседании специализированного совета К053.15.15 в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

Ваш отзыв в 1-м экземпляре, заверенный печатью, просим высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ.

Телефон д

Авторефер

УЧЕНЫЙ СЕ
специализирова
канд.техн

Зак. 1362...л-1

Объем I п.л.

4493345

3 экз.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из наиболее эффективных и быстрых путей интенсификации производства, снижения затрат на единицу производительности металлорежущего оборудования является оснащение технологических процессов механической обработки резанием соответствующими приспособлениями. Повышение оснащенности приводит к росту объема работ и затрат на технологическую подготовку производства. Высокая трудоемкость и продолжительность проектирования, повышение требований к качеству конструкции приспособления и ряд других причин организационного характера явились причиной возникшего несоответствия между потребностями в приспособлениях и их фактическим уровнем, хотя до 70 % станочных приспособлений, вместо 46 %, может собираться из деталей и сборочных единиц (СЕ) стандартных систем оснастки.

В связи с повышением требований к точности обработки и срокам проектирования, а также эффективности использования оборудования, особенно с ЧПУ, возрастают требования к таким характеристикам УСП, СРП и других систем стандартной оснастки, как точность, жесткость конструкции, виброустойчивость, производительность, работоспособность и др. Комплекс перечисленных выше требований к оснастке требует разработки новых подходов к конструированию и эксплуатации оснастки из стандартных элементов при изготовлении деталей. Одним из путей повышения эффективности оснастки из деталей и СЕ стандартных систем является использование методов автоматизированного проектирования. Для этого требуется выполнить большой объем предварительных исследований по изучению и систематизации используемой при проектировании информации, формализации функций, связанных с расчетами на точность и рентабельность, по выявлению закономерностей влияния большого числа организационно-технологических параметров производства на методику проектирования, структуру и характеристики приспособлений.

Таким образом, актуальное значение имеет разработка методического, информационного и математического обеспечения для проектирования приспособлений.

В связи с изложенным, исследование и разработка методики синтеза приспособлений из стандартных систем является актуаль-

I

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1493345

Тихонов В.П. Синтез

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

ной задачей, решение которой позволит повысить качество проектирования и эффективность использования приспособлений.

Цель работы. Повышение качества проектирования, обеспечивающего получение для конкретных производственных условий оптимального варианта конструкции приспособления, собираемого из деталей и СЕ стандартных систем оснастки, снижение затрат на изготовление деталей при обеспечении заданной точности в многономенклатурном машиностроительном производстве.

Методы исследования. Теоретические и экспериментальные исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения с использованием методов математической статистики и эвристического прогнозирования, системно-структурного анализа, теории графов и математической логики, теории принятия решений и планирования эксперимента. Экспериментальные и производственные исследования выполнялись на ПО "Динамо", НКМЗ и СКМЗ (г.Краматорск), НПО "НИИПТМАШ" (г.Краматорск), в лаборатории кафедры "Технология машиностроения и режущий инструмент" МЭТУ им.

Н.Э.Баумана. Эксперименты проводились на деталях и СЕ системы УСП.

Научная новизна. Установлены взаимосвязи конструктивно-технологических характеристик изготавливаемых деталей и информационного описания универсально-сборных приспособлений (УСП); разработана методика синтеза УСП исходя из обеспечения максимальной жесткости конструкции и точности положения заготовки в системе координат станка; сформулированы обобщенные и частные критерии выбора оптимальной схемы приспособления.

Практическая ценность. Предложены рекомендации по методическому, информационному и математическому обеспечению автоматизированного проектирования УСП. Разработана инженерная методика проектирования УСП с элементами расчета на ЭВМ. Внедрение этой методики в производство позволило повысить качество компоновок и обеспечить заданную точность изготовления деталей в приспособлениях, повысить эффективность использования комплектов оснастки и снизить трудоемкость технологического процесса сборки УСП.

Реализация результатов работы. Результаты работы в виде инженерной методики проектирования УСП прошли промышленную проверку и внедрены на ряде машиностроительных предприятий. Использование методики для создания приспособлений из деталей и СЕ стандартных систем оснастки, применяемых на станках фре-

зерной, сверлильной и расточной групп, позволило повысить качество комплектующих и снизить трудоемкость изготовления деталей на 5...7 %. Реальный экономический эффект, подтвержденный документами, составил 44,5 тыс. рублей.

Апробация работы. Основные разделы и диссертация в целом докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры "Технология машиностроения и режущий инструмент" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1984-1988 годах; научно-техническом семинаре отдела "Универсально-сборная и переналаживаемая оснастка" НПО "НИИЛПМАШ" в г.Краматорске (1983, 1985 гг.); на всесоюзной научно-технической конференции "Проблемные вопросы автоматизации производства" в г.Риге (1978 г.); выдвигалась на конкурс работ 1986 г. "Лучшие научные разработки Училища, выполненные по договорам о социалистическом содружестве и внедренные в народное хозяйство страны" МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Публикации. Основной материал диссертации изложен в 6-ти печатных работах.

Объем диссертации. Диссертация изложена на 133 страницах машинописного текста, включает в себя 30 таблиц, 57 рисунков и список литературы из 104 наименований, 3 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен анализ состояния работ, направленных на повышение работоспособности приспособлений, точности и производительности обработки заготовок с использованием приспособлений из стандартных систем оснастки.

Повышение качества создаваемых конструкций приспособлений связано с решением комплекса задач по разработке новых подходов к проектированию и способов оптимизации конструкции, а также по расширению автоматизации проектирования на УСП и других систем стандартной оснастки. Анализ основных работ по конструированию приспособлений и созданию стандартных систем оснастки показал, что в этой области накоплен большой объем научных и экспериментальных данных. Наибольший вклад в развитие основ проектирования, включая УСП, а также в автоматизированное конструирование приспособлений внесли: Корсаков В.С., Ансеров М.А., Болотин Х.Л., Горюшкин А.К., Дальский А.М.,

Здор В.А., Калустин Н.М., Куанецов В.С., Микитянский В.В.,
Мовшович А.А., Павлов В.В., Ракович А.Г., Тамм А.Л., Тира-
го В.П., Шатилов А.А., Шац А.С., *Callien D., Hammer H., Samek A.*
и др.

Дается анализ погрешности обработки, связанной с приспособлением. Отклонение от требуемого положения заготовки на станке перед обработкой зависит от точности установки (ξ_y) и настройки станка (Δ_H). В общем балансе погрешности обработки упругие деформации от сил, возникающих при сборке и закреплении заготовки, сил резания в ряде случаев достигают 80..85 %. Отмечается, что существующие рекомендации по выбору и компоновке структурных частей приспособления не всегда обеспечивают обоснованный выбор конструктивных и компоновочных решений в процессе сборки УСП, а время, затрачиваемое на устранение погрешности приспособления и отладку программы, снижает эффективность использования оборудования. Поэтому при синтезе конструкции приспособления необходимо обеспечить его максимальную жесткость и точность положения заготовки в системе координат станка.

В условиях различной серийности производства на предприятиях применяют несколько систем стандартной оснастки. Однако существующие подходы расчета затрат на изготовление деталей в сравниваемых вариантах не учитывают такие характеристики приспособлений как жесткость, работоспособность, время установки приспособления на станок и другие.

Анализ различных подходов автоматизированного проектирования станочных приспособлений позволил установить их достоинства и недостатки с точки зрения их применения для синтеза УСП. Отмечается, что основные положения автоматизированного синтеза конструкции приспособлений, изложенные в работах д.т.н. А.Г.Раковича и других ученых, могут быть развиты применительно к приспособлениям из стандартных систем с учетом специфики их конструирования и эксплуатации.

На основании проведенного анализа и в соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи исследования:

I. Провести системно-структурный анализ универсально-оборных приспособлений, процессов их конструирования, сборки, отладки и эксплуатации.

2. Выполнить экспериментальное исследование основных факторов, влияющих на точность изготовления деталей в УСП.

3. Разработать систему ограничений и сформулировать критерии выбора оптимального варианта конструктивного решения.

4. Разработать рекомендации по методическому, информационному и математическому обеспечению автоматизированного проектирования УСП.

5. Разработать методику синтеза УСП, обеспечивающую заданную точность и производительность обработки.

6. Разработать инженерную методику проектирования УСП.

7. Провести внедрение выполненных разработок в промышленность и определить технико-экономическую эффективность результатов исследования.

Во второй главе рассматривается решение задачи исследования процесса создания и эксплуатации УСП, в которую входит: определение этапов создания приспособлений, выявление последовательности выполнения этих этапов, определение продолжительности этапов, выявление влияния сложности УСП на последовательность выполнения этапов проектирования.

Для исследований применялся метод эвристического прогнозирования на основе экспертных оценок. Информационным массивом для оценки результатов исследования являлись заполненные экспертами анкеты для УСП I, II, ..., V групп сложности. На базе анкет были созданы матрицы ответов экспертов и матрица компетентности экспертов. Компетентность оценивалась стажем работы на предприятии. Полученные результаты обрабатывались на ЭВМ.

Были выявлены две последовательности создания УСП. Для компоновок III, IV и V групп сложности: анализ технологом и конструктором (индекс "к") исходных данных (ИД) для определения возможности использования УСП и его группы сложности (этап 1к); анализ конструктором и сборщиком (индекс "с") ИД и разработка схемы УСП (этап 2к(1с)); анализ сборщиком схемы УСП, разработанной конструктором (этап 2с); подбор деталей, СЕ и монтаж УСП (этап 4с); расчет и установка деталей на размер (этап 5с); отладка УСП (этап 6с); разборка УСП и раскладка деталей и СЕ по местам хранения (этап 7с).

Компоновки I и II групп сложности проектируются по следующей последовательности - 1к, 2к(1с), 3с, 4с и 7с. Этап 3с

включает анализ ИД и разработку схемы УСП сборщиком. Продолжительность этапов 4с, 5с и 6с (трудоемкость 80 %) в основном и определяет время создания УСП. Выявлена структура процесса сборки-разборки и эксплуатации УСП. Установлено, что суммарные затраты на обработку зависят от жесткости, работоспособности и точности сборки УСП. Параметры этих характеристик определяют то или иное состояние УСП: "не готов" или "готов" к выполнению задачи и ряд промежуточных состояний, связанных с циклами по отладке и регулировке, по подналадке в процессе обработки i -й партии.

При системно-структурном анализе рассматривались: схемы компоновки УСП на станке и способы обработки; схемы установки заготовок и приспособлений; схемы настройки станка и измерительная оснастка для их реализации; функциональные группы деталей и СЕ комплекта УСП, их состав и взаимосвязи в приспособлении; конструктивные особенности базисных деталей (накладные плиты, угольники и блоки) и их состав; способы членения приспособления. Для однозначного описания выявленных закономерностей в работе определены исходные понятия, такие, как элемент приспособления и модуль элемента, стандартный и сборный элемент, главные или вспомогательные детали, СЕ или их элементарные, типовые и нормализованные поверхности.

Любое станочное приспособление $\bar{B}_j \in T$ состоит из множества деталей и СЕ, которые входят в группы определенного функционального назначения - элементы приспособления:

$$\bar{B}_j = (\bar{b}_1, \bar{b}_2, \dots, \bar{b}_\varphi, \dots, \bar{b}_m) \quad (1)$$

где φ - номер функционального элемента.

Конструкция $\bar{b}_\varphi$ элемента состоит из "K" частей (модулей) этого элемента:

$$\bar{b}_\varphi = (\bar{b}_\varphi^1, \bar{b}_\varphi^2, \dots, \bar{b}_\varphi^j, \dots, \bar{b}_\varphi^K) \quad (2)$$

где $\bar{b}_\varphi^j$ - модуль элемента, в конструкцию которого входит определенное подмножество деталей и СЕ.

Состав функциональных элементов, обеспечивающих генерацию всех возможных функциональных схем приспособления, описывается множеством:

$$\bar{B} = (\bar{b}_2, \bar{b}_3, \dots, \bar{b}_n) \quad (3)$$

где, например, $\bar{b}_2, \bar{b}_5$ — установочные элементы, предназначенные соответственно для ориентации заготовки и основания приспособления; $\bar{b}_3, \bar{b}_6$ — зажимные элементы, используемые соответственно для крепления заготовок и основания; $\bar{b}_4$ — основание приспособления, связывающее воедино всю конструкцию.

С учетом $(\bar{b}_y \in \bar{b}_7, \bar{b}_{no} \in \bar{b}_8) \in T$, где $\bar{b}_y$ — установ, $\bar{b}_{no}$ — измерительная оснастка, обеспечивающая ориентацию инструмента в заданное положение, полный состав функциональных элементов технологической оснастки для одного из классов приспособлений описывается множеством:

$$\bar{T}_{\bar{b}_y}^3 = (\bar{t}_{\bar{b}_2}, \bar{t}_{\bar{b}_3}, \bar{t}_{\bar{b}_4}, \bar{t}_{\bar{b}_5}, \bar{t}_{\bar{b}_6}, \bar{t}_{\bar{b}_7}, \bar{t}_{\bar{b}_8}) \quad (4)$$

Анализ показал, что на более высоком уровне членения приспособление $\bar{b}_j \in \bar{P}$ является отдельной структурной единицей. Состав функциональных элементов этого уровня членения описывается множеством:

$$\bar{B}_c = (\bar{y}\bar{y}\bar{y}, \bar{P}, \bar{A}) \quad (5)$$

где $\bar{y}\bar{y}\bar{y}$ — универсально-установочный элемент, детали которого обеспечивают ориентацию заготовки или приспособления при установке, например, заготовки на стол станка; $\bar{A}$ — базисный элемент, структурные части которого расширяют технологические возможности оборудования.

Различные комбинации $\bar{y}\bar{y}\bar{y}, \bar{P}, \bar{A}$ со столом станка ($\bar{C}_c$) и заготовкой ($\bar{Z}$) отображаются на чертеже принципиальными схемами приспособления.

Выявлены девять уровней описания стандартных систем оснастки: вид системы (УСП, СП, УП и т.д.), разновидность вида (УСП 8, УСП 12 и т.д.), группа (базовые, корпусные и т.д.), подгруппа (детали, сборочные единицы), степень механизации, тип (плиты, угольники и т.д.), разновидность формы, типопредставитель, типоразмер. Разработан классификатор, позволяющий кодировать детали и СЕ стандартных систем оснастки с помощью девятипозиционного цифрового кода со структурой вида:

$$Z_{d_i} = \langle \begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 & X_8 & X_9 \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \end{matrix} \rangle \quad (6)$$

где $\bar{d}_i \in \bar{D}^i$ — i -я деталь комплекта $\bar{D}^i$ системы; $X_1, X_2, \dots, X_9$ — уровни членения; $\bar{d}_1, \dots, \bar{d}_9$ — коды признаков по классификатору.

При анализе состава размерных связей на станках с ЧПУ установлено, что погрешность взаимного положения заготовки и инструмента перед обработкой ($\bar{\epsilon}$) определяется суммарной величиной векторов погрешности установки ($\bar{\epsilon}_y$) и настройки станка ($\bar{\Delta}_n$): $\bar{\epsilon} = \bar{\epsilon}_y + \bar{\Delta}_n$. Проанализировано влияние положения ноля станка (O_c), исходной точки (ИТ) относительно обрабатываемых поверхностей заготовки на состав элементарных погрешностей и степень их влияния на величину $\bar{\epsilon}$. Для типовых групп приспособлений получены зависимости для расчета погрешности $\bar{\epsilon}$ и ее допустимой величины $[\bar{\epsilon}]$.

В третьей главе приведены исследования основных факторов, связанных с оснасткой, влияющих на точность обработки, с целью получения количественной и качественной информации. Эта информация необходима для принятия оптимальных решений при синтезе УСП и разработке рекомендаций по уменьшению влияния выявленных погрешностей приспособления на точность обработки.

Исследовалось влияние зазоров в шпоночном соединении двух деталей и силовых факторов, возникающих при сборке. К силовым факторам относятся сила P , направленная по нормали к собираемым деталям, и момент затяжки M , возникающий на торце гайки и верхней детали. В качестве параметра оптимизации (Y) принято линейное $\bar{b}$ и угловое γ смещение верхней детали относительно нижней. Аналитическая функция отклика отображалась полиномом первой степени. Для определения многофакторных связей применялся эксперимент типа 2^K . Анализ функции Y показывает, что отклонение от параллельности торцов собираемых деталей возрастает с увеличением зазоров в шпоночном соединении, а наибольшее влияние на γ оказывает ширина шпонки.

Сопоставление эмпирических кривых распределения геометрической точности сборки и под действием сил, возникающих при сборке показало, что имеет место смещение центра группирования ($\Delta\bar{X}_y = 4$ мкм, $\Delta\bar{X}_\gamma = 8$ мкм) и изменение закона распределения для отклонений от параллельности торцов, увеличение полей рассеивания исследуемых параметров.

В результате проведенного исследования точности настройки станка оправкой-ловителем и другими устройствами получены параметры их законов распределения погрешности настройки, которые были использованы при расчете размерных цепей компоновок.

Исследование влияния конструктивных особенностей деталей

и их сочетаний на упругие перемещения элементарных компоновок проводились в зависимости от: количества стыков $\Pi = 1,5$; усилий затяжки $N_3 = (1...4) \cdot 10^4$ Н; внешних сил $P = (1...5) \cdot 10^3$ Н, фиксирующих силы закрепления и резания; количества и расположения базовых болтов; различного сочетания одних и тех же деталей в элементарной компоновке. Исследовались опоры с размерами в плане 60х60, 60х90, 120х60 мм с общей высотой компоновки $H = 120$ мм. У компоновок, нагруженных силами затяжки, замерялась величина осадки, а у компоновок, нагруженных силами N_3 и P — перемещения в направлении действия силы P . Было установлено, что введение в компоновку дополнительного стыка вызывает прирост осадки на 10 мкм. Увеличение силы затяжки на $1 \cdot 10^4$ Н повышает осадку в среднем на 2...3 мкм. Затяжка компоновки с $N_3 = 3 \cdot 10^4$ Н по сравнению с $N_3 = 1 \cdot 10^4$ Н примерно в 2,5...3 раза повышает жесткость элементарной компоновки. Дальнейшее увеличение N_3 существенно не повышает жесткость.

Исследование влияния упругих перемещений базовых плит на положение заготовки в выбранной системе координат строилось следующим образом. На первом этапе с целью выявления наиболее значимых технологических факторов проводились однофакторные зондирующие эксперименты, а затем проводилось их комплексное исследование. Исследовался процесс закрепления заготовки на базовой плите УСП двух типоразмеров: 360х180х60 мм (ГОСТ 15187-70) и 360х120х60 мм (ГОСТ 15186-70). Было установлено, что наибольшее влияние на деформацию плит оказывают габариты плит, отношение размера базовой поверхности заготовки к соответствующему размеру плиты, силы и охемы закрепления заготовки и плиты, тип зажимного устройства.

Анализ полученных результатов эксперимента позволил установить, что смещение заготовки (ΣZ) является результатом суммарной деформации плиты по установочной (сопрягаемой с заготовкой) и опорной (сопрягаемой со столом станка) плоскостям. Прогиб опорной или установочной плоскости плиты, в зависимости от схемы закрепления заготовки и типа зажимного устройства, может иметь выпуклый или вогнутый вид. При выпуклом виде между столом станка и плитой в её центральном сечении образуется зазор, а при вогнутом виде — принодвигаются края плиты. При определенных силах резания наличие зазора может отрицательно сказаться на качестве обрабатываемой поверхности. Установлена

взаимосвязь схем и сил закрепления заготовки и плиты с величиной зазора, а также выявлен характер влияния деформации плит по установочной и опорной плоскостям на величину смещения заготовки. Разработаны рекомендации, позволяющие устранить или уменьшить влияние выявленных факторов на упругие перемещения элементов приспособления и точность настройки станка.

В четвертой главе рассматривается решение задачи разработки модели процесса создания рабочей конструкции и излагается методика принятия решений на этапах синтеза УСП. Процессы создания и эксплуатации УСП были представлены в виде этапов разработки принципиальной ($T_c, i=1$), компоновочной ($T_k, i=2$) и монтажной ($T_m, i=3$) схем, а также этапов сборки ($i=4$), отладки ($i=5$) и эксплуатации ($i=6$) приспособления.

Под монтажной схемой УСП понимается такое описание конструкции, когда на ее структурные части (детали и СЕ) дана полная размерная характеристика, а под компоновочной схемой УСП - в которой определен состав главных деталей и СЕ, а их размерная характеристика описывается на уровне типопредставителя разработанного классификатора стандартных систем оснастки.

Обосновывается необходимость хранения результатов проектирования в матрицах, отражающих структурные и пространственные связи, ограничения и критерии оптимизации и т.д.

Разработан алгоритм действия проектировщика в процессе генерации вариантов, анализа, оценки и принятия решений.

Весь процесс проектирования приспособления представляется в виде циклического процесса принятия решений, имеющего следующую последовательность основных этапов: а) определение целей, которые необходимо достичь на конец P_i -го этапа ($i=1, \bar{n}$) и β_j -й задачи ($j=1, \bar{n}$) синтеза; б) выбор критериев оптимизации общего плана действий; в) определение ограничений, определяющих область допустимого множества вариантов решений; г) определение критериев, по которым можно оценить качество вариантов; д) формирование состава рассматриваемых вариантов; е) анализ и исключение из состава заведомо неприемлемых решений; ж) оценка оставшихся вариантов и определение рациональных (оптимальных).

Были выявлены четыре группы критериев оценки вариантов. В первую группу входят критерии K_p , используемые для оценки вариантов решения β_j -х задач, например, погрешность базиро-

вания (ε_2), закрепления (ε_3) заготовки или установки приспособления ($\varepsilon_{уст}$); во вторую - критерии K_g для оценки всей совокупности решенных задач β_j , например, погрешность установки заготовки $\varepsilon_j = f(\varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_{уст})$; в третью - критерий $E \in K$, используемый в начале второго и третьего этапа синтеза для определения общего плана действий на соответствующем этапе и в четвертую - критерии K^e для оценки вариантов принципиальной, компоновочной или монтажной схемы УСП.

Предложена и сформулирована схема принятия решений по критериям K^e . Из всех рассматриваемых вариантов схемы приспособления отбираются и ранжируются только те, которые обеспечивают $\min \Delta_{пр i}$, где $\Delta_{пр i}$ - комплексный критерий, отражающий технические характеристики (точность, жесткость) i -го варианта. Оставшиеся варианты ранжируются по минимуму затрат (3^x) на обработку деталей годовой программы: $\text{opt } 3_i^x = \min 3_i^x$, где i - номер этапа p . Например, при выборе оптимального варианта компоновочной или монтажной схемы УСП, затраты 3^x зависят от оперативного времени обработки; подготовительно-заключительного времени на установку приспособления; количества циклов на отладку и подналадку; наличия циклов по регулировке, связанных с потерей точности настроечных размеров после повторной сборки приспособления; затрат на оснастку; годовой программы; числа партий запуска и ряда других факторов. Выбор оптимального варианта схемы проводится из условия обеспечения заданной точности изготовления деталей.

Для реализации задачи анализа и оценки вариантов схемы приспособления по критериям $\Delta_{пр}$ и 3^x разработана методика выбора рациональных решений, позволяющая конструктору оперировать не только количественными, но и качественными оценками типа больше ">", меньше "<" и равно "=". Для облегчения работы конструктора при переходе от качественных оценок к количественным и расчете показателей обобщенных критериев разработана программа на языке Фортран IV, реализованная на ЭВМ БС10-22. Задача оценки решалась методом расстановки приоритетов.

Применение методики принятия рациональных решений с элементами расчета на ЭВМ позволяет снизить трудоемкость проектирования, повысить качество проектных решений (оптимизация состава структурных частей приспособления и их компоновочного

решения).

В пятой главе изложена инженерная методика проектирования УСП, а также даны рекомендации по методическому, информационному и математическому обеспечению автоматизированного синтеза конструкции.

При проектировании решаются задачи, связанные с выбором количества структурных частей приспособления и их компоновки, корректировки контура и очертания. Для решения этих задач в работе предложен метод, обеспечивающий разработку конструкции из типовых проектных решений (ТПР), которые используются при синтезе принципиальной и компоновочной схем УСП. Подмножество ТПР ($\bar{d}_{\phi_k}^n$) для любой $\bar{\phi}_k$ -ой структурной части приспособления представляет собой группу объектов, которые описываются параметрами ($\bar{z}_{\phi_k}^n$), отражающими свойства ($\bar{d}_{\phi_k}^n$)-й группы. Детали и СЕ, входящие в ТПР, кодируются по разработанному классификатору стандартных систем оснастки и описываются параметрами, соответствующими седьмому и выше уровню членения системы. На этапе разработки банка ТПР для каждого из них определяется условное графическое изображение, однозначно характеризующее тип, разновидность (общая конструктивная форма) деталей и СЕ, входящих в ТПР.

В работе разработаны типовые формы представления исходной, промежуточной и выходной информации. Условно-постоянная информация отражает свойства ТПР и их графические модели, описывает взаимосвязь ТПР с деталями и СЕ комплекта, а также с конструктивно-технологическими параметрами заготовок. В неё входят классификаторы и таблицы применяемости ТПР.

Задача конструирования приспособлений тесно связана с разработкой технологического процесса изготовления деталей. Известно, что состав факторов и признаков, влияющих на принципиальные схемы приспособления ($\bar{T}_c$), значительно определяются построением операции обработки. Каждый p -й вариант структуры станочной операции описывается определенным набором факторов и признаков ($\bar{Z}_{T_c}^p$), которые должен реализовать конструктор на этапах синтеза компоновки. На этапе разработки принципиальной схемы конструктор рассматривает различные схемы установки: заготовки - в приспособление, непосредственно на стол или через УУЗ, накладные плиты и т.д.; приспособления - на стол станка, накладную плиту и т.д.; рассматривает возможность

применения различных систем стандартной оснастки, размещения на станке одного или двух приспособлений и ряд других факторов. Далее конструктор анализирует полученную информацию, оценивает варианты и выбирает рациональное решение. В зависимости от сложности компоновки решается вопрос о разработке компоновочной схемы или конструировании приспособления по принципиальной схеме.

Процесс проектирования компоновочной и монтажной схем приспособления, основанием которых служат базовые плиты УСП, связан с построением конструкции функциональных элементов $\bar{t}_{ij}$ из множества (4). Для этого класса приспособлений состав решаемых задач (β_j) включает разработку схемы базирования ($j=1$) и закрепления ($j=2$) заготовки, основания (корпуса) приспособления ($j=3$), схемы ориентации ($j=4$) и закрепления ($j=5$) основания на станке, схемы настройки станка ($j=6$) и оформление технической документации ($j=7$). Для реализации процедур генерации вариантов решения β_j -х задач при автоматизированном синтезе T_k и T_m разработана табличная модель состава задач и последовательности их решения, алгоритмы синтеза $\bar{\delta}_v$ -х функциональных элементов приспособления на примере схемы базирования и закрепления заготовки, а также математическая модель зажима - структурной части ($\bar{\delta}_3^1$), схемы закрепления заготовки.

Например, синтез схемы базирования заготовки (элемент $\bar{\delta}_2$) включает следующую последовательность выполнения этапов (стадий): для заданного состава базовых поверхностей заготовки определяется схема базирования с условным изображением опорных точек приспособления; разбиение схемы на различные сочетания базовых поверхностей - $\bar{\delta}_{20} \vee \bar{\delta}_{201211} \vee \bar{\delta}_{201212}$ и т.д., где $\bar{\delta}_{20}$, $\bar{\delta}_{21}$, $\bar{\delta}_{22}$ - соответственно признаки установочной, направляющей и опорной баз; для каждого варианта, например, установочной базы, определяется количество и форма поверхности опор, контактирующих с заготовкой, их схемы размещения; выбор типа и разновидностей деталей (опор); для придания ранее отобранным опорам требуемого положения в пространстве проводится выбор деталей и СЕ, их компоновка (синтез корпусной части модуля $\bar{\delta}_2^1$); анализ, оценка и выбор рационального варианта по критериям K_d и K_p (погрешности сборки, величине упругих перемещений, погрешности базирования и т.д.).

Последовательность проектирования схемы закрепления заго-

товки (элемент δ_2) включает разработку схем действия сил резания и закрепления заготовки, расчет этих сил. Для подобных расчетов необходимо иметь комплекс программ, каждая из которых разрабатывается применительно к одному типу зажимного устройства. Примером такой программы является разработанная нами на языке Фортран IV программа расчета силы закрепления заготовки в трехлучевом патроне и реализованная на ЭВМ ЕС10-22.

Методика проектирования предусматривает для каждого варианта компоновочной или монтажной схемы приспособления расчет погрешности взаимной ориентации заготовки и инструмента (E), как одного из обобщенных критериев, характеризующего технический уровень конструкции приспособления. Далее по методике выбора рациональных решений проводится анализ, оценка и выбор рационального варианта компоновочной или монтажной схемы приспособления.

В шестой главе описывается экспериментальная проверка разработанной методики синтеза УСП и приведены результаты внедрения выполненных исследований в производство.

Использование научных рекомендаций при проектировании и сборке компоновок позволило снизить трудоемкость изготовления деталей при обеспечении заданной точности обработки. Полученные результаты подтверждены экспериментальными исследованиями и производственными наблюдениями. Показано, что экономический эффект достигается за счет оптимизации структуры и параметров приспособления, обеспечения оценки производственной ситуации, конструкции приспособления и принятия решений, что позволило уменьшить на 5...7 % трудоемкость изготовления деталей в компоновках на металлорежущем оборудовании фрезерной, сверлильной и расточной групп. Проведен расчет экономического эффекта от внедрения результатов работы в машиностроительном производстве.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

I. На основе системно-структурного анализа конструкций приспособлений из деталей и сборочных единиц стандартных систем оснастки, процессов их создания установлено, что проектирование приспособлений необходимо рассматривать как задачу многоуровневого поиска оптимального варианта конструкции на основе

14.

нове типовых проектных решений и последующего параметрического синтеза, взаимосвязи конструктивно-технологических характеристик изготавливаемых деталей и информационного описания приспособлений.

2. Предложена методика синтеза УСП, которая позволяет использовать типовые решения на этапах разработки вариантов компоновки, обеспечивающих максимальную жесткость конструкции и точность положения заготовки в системе координат станка.

3. На каждом этапе проектирования необходимо выбрать не один вариант, а 2-3 наиболее перспективных. Работа с этим количеством вариантов приводит к проектированию нескольких компоновок, обеспечивающих заданную точность и производительность обработки.

4. Для выбора оптимальной принципиальной и компоновочной схемы приспособления целесообразно применять метод расстановки приоритетов, позволяющий конструктору переходить от качественных оценок рассматриваемых вариантов типа больше ($>$), меньше ($<$) или равно ($=$) к количественным для обработки на ЭВМ.

5. Выбор оптимального варианта конструкции приспособления рекомендуется проводить по следующей схеме. На первом уровне отбора - анализ, оценка и ранжирование вариантов по критериям, характеризующих точность и жесткость приспособления, на втором - по критерию минимальных затрат на изготовление деталей в приспособлении и на третьем - выбор оптимального варианта проводится из условия обеспечения заданной точности изготовления деталей.

6. Предложенная методика синтеза компоновок, на примере УСП, может использоваться и для проектирования приспособлений других систем стандартной оснастки, например, УНЦ, СРЦ и др.

7. Разработаны рекомендации по методическому обеспечению (описание последовательности синтеза приспособления, методика выбора рациональных решений, описание свойств деталей и СЕ системы УСП на различных уровнях членения), информационному обеспечению (классификаторы и таблицы применимости типовых решений, классификатор систем стандартной оснастки, типовые формы представления исходной, промежуточной и выходной информации) и математическому обеспечению (математические модели состава критериев и ограничивающих условий при выборе и анализе проектных вариантов, общий алгоритм действий проектиров-

щика на этапах синтеза приспособления, сетевая модель изменения состояния конструкции в процессе проектирования и эксплуатации приспособления, математическая модель описания факторов и признаков принципиальной схемы УСП), которые можно использовать в системах автоматизированного проектирования приспособлений.

8. Разработанные рекомендации и программы для ЭВМ переданы для использования в промышленность для конструирования УСП, что позволило снизить трудоемкость изготовления деталей на 5...7 % при обеспечении заданной точности обработки.

Годовой экономический эффект, подтвержденный актами внедрения, составил 44,5 тыс. рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Грановский Э.Г., Курбатов А.П., Тихонов В.П. Автоматизация проектирования станочных приспособлений из нормализованных деталей и узлов // Совершенствование технологических процессов в машиностроении. - М.: НИИИНФОРМТМАШ, 1975. - № 185. - С. 42-45.
2. Грановский Э.Г., Тихонов В.П. Влияние конструктивных особенностей компоновок УСП на их жесткость // Известия вузов. Машиностроение. - 1976. - № 2. - С. 189-192.
3. Грановский Э.Г., Тихонов В.П. Точность настройки приспособлений на станках с ЧПУ: Тезисы доклада всесоюзной научно-технической конференции // Проблемные вопросы автоматизации производства. - М., 1978. - С. 144-145.
4. Грановский Э.Г., Тихонов В.П. Приспособления для станков с программным управлением. - М.: Машиностроение, 1981. - 52 с.
5. Капустин Н.М., Грановский Э.Г., Здор В.А., Тихонов В.П. Синтез конструкций станочных переналаживаемых приспособлений // Применение универсально-сборной и переналаживаемой оснастки на предприятиях тяжелого машиностроения: Сб. тр. / НИИПТМАШ. - Краматорск, 1984. - С. 8-21.
6. Тихонов В.П. Принятие решений на этапах автоматизированного синтеза универсально-сборной и переналаживаемой оснастки для станков с ЧПУ // Автоматизация производственных процессов: Сб. тр. / ВЗММ. - М., 1987. - С. 78-83.