

ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Рахимбавафи Циталалаина Марсэль

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ  
УНИКАЛЬНОГО АГРЕГАТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ УНИФИКАЦИИ  
ПРОЕКТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Специальность 05.02.08 - Технологии машиностроения

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Харьков - 1993

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00756678 (\$)

Работа выполнена на кафедре "Технология машиностроения и металлорежущие станки" Харьковского политехнического института.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Тимофеев Юрий Викторович

Научный консультант: доктор технических наук, с. н. с.  
Захаров Николай Владимирович

Официальные оппоненты: доктор технических наук  
Мовшович Александр Яковлевич

кандидат технических наук  
Васерман Михаил Соломонович

Ведущая организация: Харьковский завод агрегатных станков.

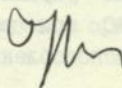
Защита состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1994 г. в \_\_\_ часов на заседании Специализированного Совета Д 02.09.01 Харьковского политехнического института по адресу:

310002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Харьковского политехнического института.

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1993 г.

Ученый секретарь  
Специализированного Совета



Узунян М. Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы исследования. Ускорение развития современного машиностроения на базе комплексной автоматизации производственных процессов и внедрения прогрессивных технологий во многом связано с уровнем технологической оснащённости и сокращением сроков подготовки производства. Затраты на изготовление технологической оснастки приблизились к стоимости производства металлорежущего оборудования, что в первую очередь относится к агрегатным станкам, на которых изготавливаются наиболее трудоёмкие детали в массовом и крупносерийном производстве.

Повышение эффективности и качества технологической оснастки стало одной из важнейших народнохозяйственных проблем, что относится и к установочно-зажимным приспособлениям (УЗП) агрегатных станков (АС), так как этот узел является элементом, определяющим во многом точность механической обработки и производительность станков. Поэтому УЗП АС должно отвечать требованиям наивысшей эффективности и, следовательно, иметь оптимальные технологические характеристики с повышением уровня унификации, используемой при создании агрегатированного оборудования. Необходимость постоянного сокращения сроков изготовления больших объёмов технологической оснастки в общем цикле подготовки производства новых изделий ставит задачу поиска путей решения рассматриваемых проблем. Одним из таких путей является автоматизация проектирования приспособлений, значительно сокращающая сроки конструкторско-технологической подготовки производства. Это взаимосвязано с разработкой систем автоматизации проектирования установочно-зажимных приспособлений (САПР УЗП) и информационно-поисковых систем (ИПС УЗП) для агрегатных станков различных классов. Разработке общих подходов к решению этих актуальных задач посвящена данная диссертация.

Автор защищает:

- принципы и методику построения классификаторов конструктивных элементов УЗП АС, вытекающие из особенностей конкретных конструкций и технологии производства приспособлений;
- принципы управления процессом формирования компоновочных решений УЗП АС при разработке математических моделей основных компоновок приспособлений, отражающие связи между элементами УЗП

и заготовками;

- методику сравнительной оценки вариантов решений, позволяющую соизмерять качественные стороны конструкции УЗП АС.

Целью исследования является повышение эффективности УЗП агрегатных станков среднего размера за счет обеспечения возможности быстрого получения достоверной информации при использовании ИИС, сокращения времени на проектирование и изготовление, повышение уровня унификации структур и элементов УЗП и качества разработанных конструкций, совершенствования технологии изготовления наиболее трудоемких элементов - корпусов приспособлений.

Методы исследования включают в себя:

- статистический анализ структуры и параметров конструкций УЗП, процессов проектирования и изготовления УЗП АС и уровня унификации элементов и конструкторских решений;

- математическое моделирование структуры и параметров УЗП АС среднего размера;

- системный подход при проектировании и изготовлении технологического оснащения специального агрегатированного оборудования;

- принципы декомпозиции, теорию графов, множеств и формальной логики;

- экономический анализ принимаемых конструкторских и технологических решений.

Объект исследования. В качестве объекта исследования выбраны УЗП АС, которые, с одной стороны, во многом определяют технологические и эксплуатационные параметры этого оборудования, а с другой - трудоемкость его проектирования и изготовления, а значит, и экономичность, так как представляют собой группу оригинальных и наиболее трудоемких в создании узлов агрегатных станков.

Научная новизна. Разработаны общие принципы управления структурой и параметрами оригинальных установочно-зажимных приспособлений специальных агрегатных станков, способствующие повышению их надежности, снижению трудоемкости проектирования и изготовления. На основе теоретического и экспериментального обобщения в работе разработаны и установлены:

- математические модели формирования основных компоновок приспособления, базирующиеся на результатах анализа процесса создания УЗП и повышающие уровень их структурно-параметрической унификации;

- новые подходы к синтезу компоновок и оригинальных элемен-

тов УЗП, позволяющие максимально автоматизировать процесс проектирования приспособлений на основе информационно поисковой системы.

Практическая ценность. По результатам выполненных исследований разработаны:

- методика анализа основных характеристик конструкторских элементов УЗП АС;
- методика выбора основных элементов для расширения унификации компоновочных решений УЗП АС;
- методика математического моделирования УЗП АС среднего размера, которую можно использовать для решения аналогичных задач в других отраслях машиностроения;
- структура системы автоматизированного проектирования приспособления АС, включающей в себя ИПС УЗП;
- пакет прикладных программ, с помощью которых организована работа ИПС УЗП АС для выбора на первом этапе проектирования приспособления-аналога;
- модернизированный технологический процесс изготовления сварных корпусов приспособлений, позволяющий значительно снизить трудоемкость производства.

Реализация результатов работы.

1. Основные положения работы используются на практике в процессе проектирования и производства АС Харьковским производственным объединением по выпуску агрегатных станков (ХПО АС).

2. Созданная на основе разработанной математической модели САПР УЗП АС эксплуатируется в Харьковском специальном конструкторском бюро агрегатных станков при проектировании агрегатных станков среднего размера.

3. Лабораторная работа "Проектирование технологического оснащения специального агрегатированного металлорежущего оборудования" используется в учебном процессе кафедры технологии машиностроения и металлорежущих станков Харьковского политехнического института.

4. Общий экономический эффект от внедрения результатов исследования, подтвержденный актами, составляет 660 000 рублей в ценах 1992 г.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и одобрены на ежегодных научно-технических семинарах и конференциях кафедры технологии машинострое-

ния и металлорежущих станков ХПИ в 1989-1993 г.г.; на технических советах СКБ АС и Харьковского завода агрегатных станков; на республиканской научно-практической конференции "САПР конструкторской и технологической подготовки автоматизированного производства", г. Харьков, 1990 г.; на республиканской научно-технической конференции "Технологические методы повышения эффективности и качества механосборочного производства", г. Ставрополь, 1992 г.; на международной научно-технической конференции "Компьютер: наука, техника, технология, здоровье", г. Харьков, 1993 г.; на научно-технической конференции преподавателей, сотрудников и студентов СГУ, г. Сумы, 1993 г.

Публикации. По теме диссертации имеются технические отчеты и методики, опубликованы 4 работы.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, общих выводов и рекомендаций, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 105 страниц основного машинописного текста, 42 рисунка, 16 таблиц, 125 наименований использованных источников и приложения на 28 страницах. Общий объем работы - 194 страницы.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование актуальности работы и ее общие характеристики, позволяющие судить о научной новизне, практической ценности исследования, достоверности результатов и апробации материалов.

В первом разделе рассматриваются УЗП АС малого и среднего размера, их функциональное назначение, взаимосвязь структурно-параметрических характеристик УЗП АС с геометрией и параметрами заготовки-детали, а также анализируются особенности проектирования и изготовления этого оригинального узла агрегатированного оборудования.

Проведенный анализ технологических особенностей создания АС показал, что наиболее критическими по времени проектирования и изготовления являются оригинальные узлы, к которым относится УЗП. Разнообразие структурных схем и конструкторских исполнений УЗП обусловлено большим числом влияющих факторов, имеющих широкие пределы варьирования: параметров заготовок, обрабатываемых по-

верхностей и др. К тому же к неунифицированным элементам относятся наиболее сложные при проектировании и изготовлении детали. Таким образом, одним из перспективных направлений при повышении эффективности АС, снижении трудоемкости проектирования и изготовлении, решении некоторых других проблем технологических систем является дальнейшая унификация УЗП, разработка унифицированных заготовок для корпусов и других деталей, а в дальнейшем переход на создание ИПС установочно-зажимных приспособлений АС, полностью собираемых из унифицированных узлов с частичной их доработкой в случае необходимости.

Вопросам проектирования станков из унифицированных узлов посвящены работы: Н. М. Вороничева, А. П. Владзиевского, Х. Гебеля, А. И. Дашенко, В. В. Войцова, Г. К. Горанского и других. Работы Г. К. Горанского, А. Г. Раковича послужили основой для разработки концепции автоматизации проектирования приспособлений, предусматривающей комплексное решение на ЭВМ задач автоматизированного проектирования. Однако вопросам комплексного подхода к проектированию и изготовлению УЗП АС малого и среднего размеров уделялось недостаточно внимания, и поэтому во многих случаях эффект от эксплуатации такого оборудования был неполным.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- установить признаки, определяющие взаимосвязь конструкторско-технологических элементов УЗП АС и технологического процесса обработки заготовки на станке, особенностей ее конструкции;
- решить задачу классификации УЗП АС, систематизации и кодирования, максимально унифицировать и нормализовать элементы возможных структурных схем и конструкций для сокращения сроков проектирования;
- разработать принципы управления процессом формирования компоновочных решений УЗП АС;
- разработать алгоритм решения задач направленного синтеза компоновок УЗП АС;
- разработать метод сравнительной оценки вариантов решений, позволяющий соизмерять качественные стороны конструкции УЗП АС.

Во втором разделе проводится структурно-параметрический анализ установочно-зажимных приспособлений.

На основе анализа вырабатываются требования к классификации деталей и УЗП, выявляются все возможные нерациональные конструкции. Выделяются основные классификационные признаки. При этом оп-

ределяются общие положения повышения уровня унификации основных конструктивных элементов установочно-важных приспособлений АС. Разработанная классификация должна использоваться для поиска необходимой конструкции приспособления, подбора компоновочной схемы из множества альтернативных вариантов. При этом решается задача типизации и повышения уровня унификации компоновочных схем УЗП. Проведенный статистический анализ повторяемости различных компоновочных схем и элементов УЗП позволил установить уровень их унификации. Наиболее унифицированным узлом является привод (96% унификации), наименее унифицированными - элементы базирования (62%). Наряду с этим был проведен анализ трудоемкости проектирования ( $T_p$ ) и изготовления ( $T_i$ ) в зависимости от уровня унификации УЗП для наиболее распространенных компоновочных схем (рис. 1). Очевидно, что с ростом уровня унификации трудоемкость падает. С целью автоматизации проведения анализа применимости различных конструкторских вариантов приспособлений одновременно с

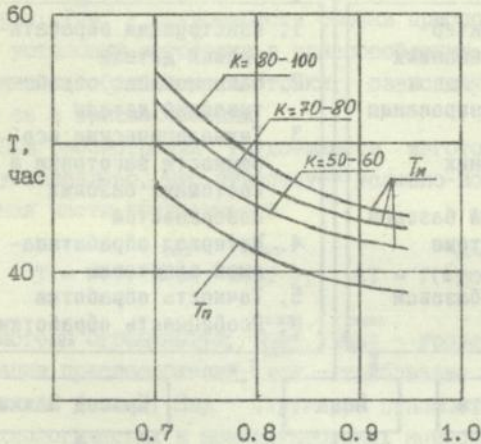


Рис. 1. Трудоемкость проектирования и изготовления одного УЗП в зависимости от уровня его унификации.

классификацией разрабатывается система кодирования элементов конструкции, компоновочных схем приспособлений деталей, обрабатываемых на АС (рис. 2).

Формирование кода осуществляется поэтапно, процесс кодирования управляется основной программой. Закодированные конструктивные элементы или детали записываются в соответствующую базу данных. После установления принадлежности конструктивных элементов или детали к определенной группе можно вызвать из архива разработанные ранее приспособления и использовать как основу для формирования УЗП конкретной детали.

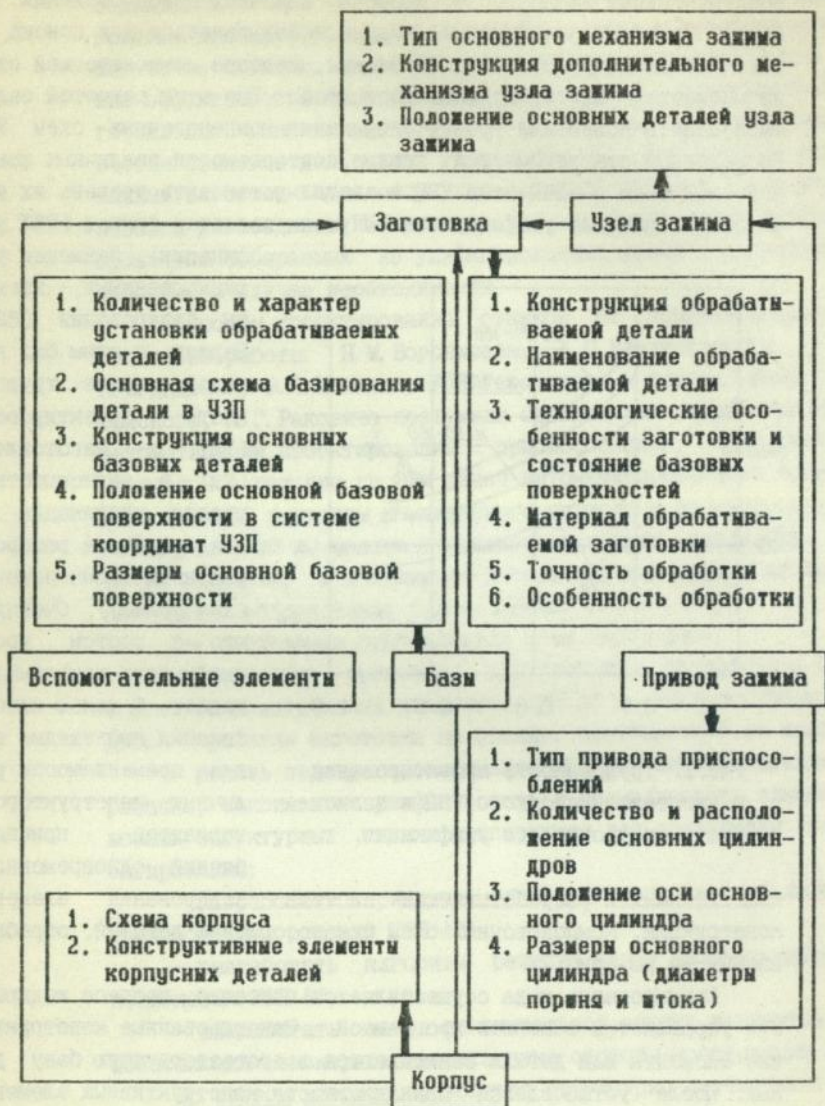


Рис.2. Структурная схема УЗП АС и основные классификационные признаки

В третьем разделе рассматриваются вопросы формализации и постановки в общем виде задачи повышения эффективности УЗП. Математическая модель управления структурой и параметрами приспособлений АС основана на оценке интегральной функции общей трудоемкости проектирования и изготовления:

$$T_{пр} = f(T_{пр}^{проект}, T_{пр}^{изг}, T_{пр}^{сб}, E, K) \rightarrow \min \text{ при } \epsilon < \epsilon_{доп},$$

где  $T_{пр}^{проект}$  - трудоемкость проектирования;  $T_{пр}^{изг}$  - трудоемкость изготовления;  $T_{пр}^{сб}$  - трудоемкость сборки приспособлений;  $\epsilon$  - погрешность установки заготовки в приспособлении;  $\epsilon_{доп}$  - допустимая погрешность обработки заготовки, зависящая от погрешности установки ее в приспособлении.

При рассмотрении трудоемкости изготовления приспособления было установлено, что существует условно-постоянная и условно-переменная части трудоемкости:

$$T = f(U, M_{авт}^{мех}, M_{авт}^{пронз}), \quad \Delta T = f(\epsilon_{доп}, S_{пр}, S_{ст}),$$

$U$  - система ограничений;  $M_{авт}^{мех}$ ,  $M_{авт}^{пронз}$  - уровень механизации и автоматизации приспособлений;  $\epsilon_{доп}$  - требование к точности обрабатываемой на АС детали;  $S_{пр}$  - структура приспособлений;  $S_{ст}$  - структура технологических и конструкторских компоновок УЗП АС.

Модель управления структурой и параметрами приспособлений можно представить в виде графа, где выделены пять точек принятия решений (рис. 3):

$$Q = \{q_i\}; \quad i=1,5,$$

$$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6\},$$

где  $t_1$  - обрабатываемая деталь УЗП АС;  $t_2$  - элементы базирования;  $t_3$  - элементы зажима;  $t_4$  - привод;  $t_5$  - силовые механизмы;  $t_6$  - корпус приспособления;  $q_1$ - $q_5$  - выбор базовых элементов, типа зажима, привода, силового механизма и корпуса.

Процесс проектирования в каждой точке принятия решения представляет собой многовариантную процедуру. В результате образуется дерево допустимых вариантов (рис. 4), отвечающих заданным техническим ограничениям:

$$1. \forall t_i \exists P_{ij} / i=2, n, P_{ij} \in P_i,$$

$$2. \forall I_i \exists P_{ij} / V_{ij}(I, P_{ij}, L) = 1.$$

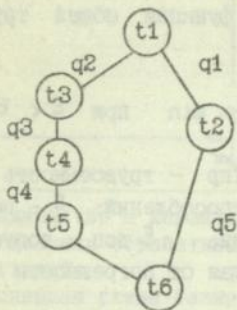


Рис. 3. Граф-структура  
УЗП АС

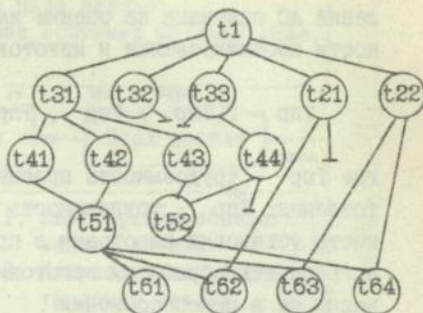


Рис. 4. Мультиграф возможных структур  
проектируемого УЗП АС

В результате многоуровневой декомпозиции задача проектирования сводится к определению наиболее рациональных системных характеристик:

$$G' = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}.$$

Такая постановка задачи позволяет оптимизировать структуру и параметры приспособлений на каждом шаге проектирования, используя при этом возможность автоматизированного поиска рационального варианта из существующего банка ранее созданных аналогов. С помощью операции "поиск аналогов" на любой точке принятия решений отыскиваются соответствующие аналоги схем конструкции, элементов, технологии изготовления. Детали или элементы  $B_1$  и  $B_2$  считаются технологически подобными  $B_1 \sim B_2$ , если их различия в размерах ( $F$ ), структуре ( $S$ ) и свойствах ( $Z$ ) не превышают некоторых допустимых величин, при которых искомый техпроцесс или его элементы могут быть получены путем преобразования структуры и характеристик процессов-аналогов:

$$F_{B_1} \rightarrow F_{B_2} \leq F,$$

$$S_1(X, U) - S_2(X, U) \leq S(X, U),$$

$$Z_{B_1} - Z_{B_2} \leq \Delta Z.$$

Диапазон изменения величин  $\Delta F$ ,  $\Delta S(X, U)$  и  $\Delta Z$  устанавливается заранее.

Для выявления технологического подобия функции двух структурных элементов процесса  $F_1 \leftrightarrow F_2$  необходимо, чтобы в выражениях

$$\varphi_i: C_{i-1} \rightarrow C_i \quad \text{и} \quad \varphi_j: C_{j-1} \rightarrow C_j$$

выполнялись следующие условия: виды преобразования (типы операций) должны быть одинаковыми  $\varphi_i = \varphi_j$ ; характеристики, описывающие состояние деталей на предшествующей и выполняемых операциях, должны отличаться на величину, не более некоторой наперед заданной, т. е.

$$C_{i-1} - C_{j-1} \leq \Delta C \quad \text{и} \quad C_i - C_j \leq \Delta C_2.$$

Таким образом, при поиске деталей, элементов-прототипов по описаниям их системных характеристик  $F$ ,  $S$ ,  $Z$  необходимо указывать их допустимые отклонения. В результате выполнения этих условий может быть найдено решение, удовлетворяющее запросу.

Предложенная математическая модель послужила основой для разработки компоновок УЗП АС с максимальным использованием принципов унификации компоновочных схем и элементной базы корпусов.

В четвертом разделе рассматриваются принципы разработки САПР установочно-зажимных приспособлений АС. Укрупненная схема автоматизированного проектирования приспособлений АС представлена на рис. 5. Для выполнения функции накопления, хранения и выдачи информации об имеющихся разработках в соответствии с запросами, возникающими при проектировании и изготовлении приспособления, предложена информационно-поисковая система.

В поисковый образ (ПО) УЗП включены параметры заготовки (форма, способ получения, размеры и т. д.), характер ее базирования в процессе обработки (схема, форма и размеры базовых поверхностей), а также описание обрабатываемых поверхностей (тип, предельные размеры, требования точности, шероховатости и др.). Для описания ПО создана система классификации и кодирования качественных характеристик. Все количественные параметры записываются в натуральном виде.

Аналоги определяются последовательным просмотром базы данных и сравнением качественных и количественных параметров поискового предписания (ПП) и ПО. Алгоритм поиска можно представить в виде

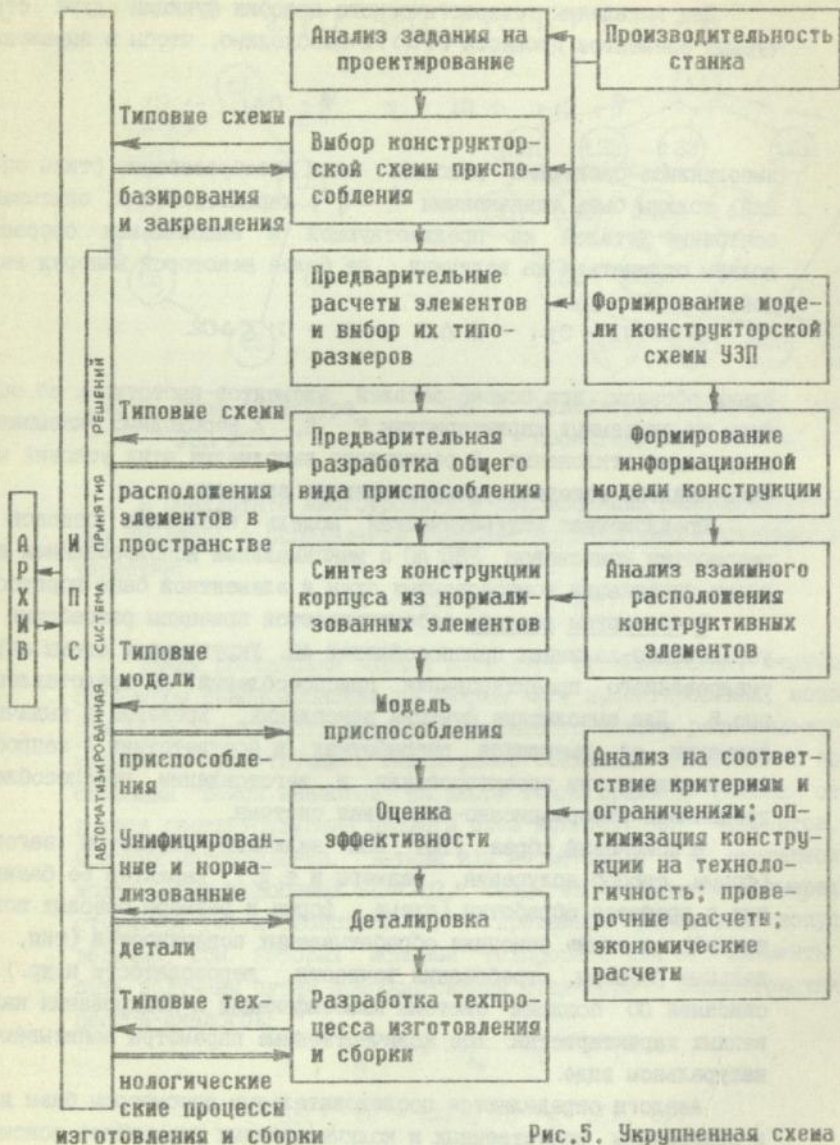


Рис.5. Укрупненная схема функционирования САПР 3Д АС

III = {X', Y', D}; POI = {K, X, Y},  $\forall i \in I$ ;

$\forall (x_m^i = x'_m \vee x_m^i \in O) \wedge (|y_n^i - y'_n| \leq d_n) \Rightarrow$

$a_j = POI \in A, \forall j \in J$

где  $X = \{x_m\}$ ,  $X' = \{x'_m\}$ ,  $\forall m \in M$  - множество качественных характеристик ПО и III соответственно;  $Y = \{y_n\}$ ,  $Y' = \{y'_n\}$ ,  $\forall n \in N$  - множество количественных параметров ПО и III соответственно;  $D = \{d_n\}$  - множество допустимых отклонений соответствующих количественных параметров;  $O$  - пустое множество;  $A = \{a_j\}$ ,  $\forall j \in J$  - множество аналогов;  $I$  - число образов УЗП в базе данных;  $K$  - архивные координаты ПО УЗП.

Ранжирование аналогов производится по критерию близости ПО к запросу, в качестве которого используется относительное евклидово расстояние в пространстве количественных параметров  $r$

$$r = \sqrt{\sum_{n=1}^N \left( \frac{y_n^j - y'_n}{y_n^j + y'_n} \right)^2} \Rightarrow \min$$

В пятом разделе рассматривается унификация проектирования и изготовления корпусов установочно-важимых приспособлений агрегатных станков. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований выделены наиболее характерные элементы корпусов УЗП и разработаны рекомендации по созданию оптимальных параметрических рядов этих элементов. Статистический анализ функционального назначения основных поверхностей корпусов УЗП и их элементов показал, что можно выделить два основных класса корпусов по разновидностям формы. Это позволило разработать классификацию элементов корпусов для создания универсально-металлических моделей собираемых из этих унифицированных элементов. На основании этой классификации также были разработаны рекомендации по внедрению вместо базового технологического процесса изготовления корпусных деталей более прогрессивного, в котором осуществляется сварка корпусных деталей из унифицированных базовых элементов. Предлагаемый вариант обеспечивает годовой экономический эффект у изготовителя станка 860 000 рублей в ценах 1992 г.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Выявлены и классифицированы основные функциональные элементы УЗП АС, их количественные и качественные характеристики. Установлены признаки, определяющие взаимосвязь конструкторско-технологических элементов УЗП АС с технологическим процессом обработки заготовки на станке и позволяющие решить задачи классификации элементов УЗП, их систематизации и кодирования, которые являются основой дальнейшего решения при создании ИПС и САПР УЗП.

2. Установлены уровни унификации различных компоновочных схем УЗП и выявлено влияние уровня унификации на трудоемкость проектирования и изготовления приспособлений агрегатных станков.

3. Разработана математическая модель структуры УЗП АС, отражающая объективные взаимосвязи между установочно-важними приспособлениями и обрабатываемыми заготовками. Основываясь на полученных результатах, разработаны принципы управления процессом формирования компоновочных решений УЗП АС при обеспечении максимально возможного уровня унификации.

4. Разработан метод сравнительной оценки вариантов компоновочных решений УЗП, позволяющий соизмерять качественные стороны конструкции и выбрать требуемый вариант из альтернативных.

5. Разработан комплекс информационного, алгоритмического и программного обеспечения ИПС УЗП АС, что позволяет снизить трудоемкость проектирования технологического оснащения на 40%.

6. При изготовлении корпусов установочно-важных приспособлений агрегатных станков среднего размера внедрен технологический процесс производства литых корпусов по металлическим моделям, состоящим из универсально-сборочных элементов, а также технологический процесс получения сварных корпусов из унифицированных элементов, что существенно снижает трудоемкость изготовления УЗП АС и дает экономический эффект 660 000 рублей в ценах 1992 г.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Тимофеев Ю. В., Рахимбаева Д. М. Направления повышения эффективности проектирования и производства специальных приспособ-

лений уникальных агрегатных станков //Тезисы докладов республиканской НТК "Технологические методы повышения эффективности и качества механосборочного производства", г. Ставрополь, 1992 г.

2. Акинсейе А., Заплавский О.С., Рацимбазафи Ц.М., Яковенко И.Э. Управление точностью формообразования в интегрированной системе автоматизированного проектирования и производства агрегатных станков //Материалы международной НТК "Micro CAD - SYSTEM", г. Харьков, 1993 г.

3. Тимофеев Ю.В., Захаров Н.В., Акинсейе А., Рацимбазафи Ц.М. Управление структурой и параметрами сборочных технологических систем //Оборудование и технология машиностроения, автоматизация производственных процессов. Детали машин., г. Сумы, 1993 г.

4. Захаров Н.В., Акинсейе А., Рацимбазафи Ц.М. Выбор рациональных организационных форм сборки специального металлорежущего оборудования //Оборудование и технология машиностроения, автоматизация производственных процессов. Детали машин., г. Сумы, 1993 г.

Заказ № 3233 Тираж 100

Ротапринт ВНИИТэлектромаш, 310001,

г. Харьков, ул. Ак. Павлова, 82

160313

AB 29.183

**AB 29.183**