

На правах рукописи



ВДОВИН Александр Викторович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ
УСТАНОВКИ ЗАГОТОВКИ В СТАНОЧНОМ ПРИСПОСОБЛЕНИИ И
ЕЕ КОНСТРУКТИВНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СОВРЕМЕННЫХ САД ТЕХНОЛОГИЙ**

Специальность 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования».

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Брянск 2003

Работа выполнена на кафедре «Технология машиностроения»
Брянского государственного технического университета.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор Ильицкий В.Б.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Хандожко А.В.
кандидат технических наук,
Фокин И.Н.

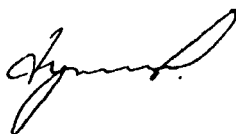
Ведущая организация: ОАО Людиновский агрегатный завод (г. Людиново,
Калужской обл.)

Защита состоится «25» июня 2003 г. в 15 часов в учебном корпусе № 2
ауд. 220 на заседании диссертационного совета К 212.021.01, в Брянском го-
сударственном техническом университете.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Брянского государ-
ственного технического университета (241035, г. Брянск, бульвар 50-летия
Октября, д. 7).

Автореферат разослан « 23 » мая 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, профессор



В.К. Гулаков

2003-А
9847

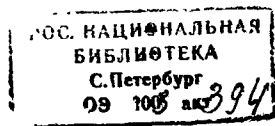
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Подготовка производства новых видов продукции машиностроения, техническое перевооружение и модернизация производства неизбежно включает процессы проектирования технологической оснастки, составляющей приблизительно 50% от общего объема технологической подготовки производства. Технологическая оснастка является одним из важнейших факторов, влияющих на качество выпускаемой продукции машиностроительного предприятия, затраты на изготовление которой приблизились к затратам на производство металлорежущих станков. Поэтому задача повышения качества проектирования станочных приспособлений (СП), а так же необходимость сокращения сроков ее проектирования и изготовления стала одной из важнейших проблем современного машиностроения.

Одним из наиболее ключевых и трудоемких этапов проектирования станочных приспособлений является выбор оптимальной схемы установки (СУ) заготовки и ее конструктивной реализации, определяющий будущую конструкцию приспособления, включающий в себя: выбор схемы установки и закрепления заготовки в СП; расчет сил зажима; выбор установочных элементов; расчет составляющих погрешности установки; определение межремонтного периода. Поэтому от качества решений, принятых на этом этапе, зависят основные характеристики приспособления – точность положения заготовки, время установки и снятия заготовки, срок службы, и стоимость будущего приспособления. Одним из путей устранения этих недостатков проектирования является автоматизация проектирования СУ, позволяющей снизить затраты материальных средств и времени на проектирование и изготовление, сократить цикл производства и снизить себестоимость СП, повысить качество проектных решений.

Преобладающие на отечественном рынке САПР универсальные системы, предназначены для проектирования изделий машиностроения любой сложности, но не имеют специализированных модулей разработки СП, проектирование которого выполняется как для обычного изделия машиностроения. При этом ключевые этапы выбора оптимальной СУ (выбор оптимальной схемы базирования, расчет сил зажима, выбор конструкции УЭ) выполняются конструктором в ручную. Поэтому, необходимо дополнить конструкторские модули САПР специализированными блоками. Разработка таких систем имеет особенно актуальное значение при использовании интегрированных САПР, где мощные и функциональные (в основном зарубежные) конструкторские модули (CAD) стыкуются с отечественными модулями создания технологических процессов (CAM).

При выполнении работы использовались результаты, полученные в



гранте Т00-6.3-154 Конкурса 2000 года по фундаментальным исследованиям в области технических наук. Раздел конкурса № 6 – «Машиностроение».

Цель работы. Целью работы является автоматизация выбора оптимальной схемы установки заготовки в станочном приспособлении и ее конструктивная реализация с использованием современных CAD систем, построенных на технологии трехмерного твердотельного моделирования объекта проектирования.

Задачи исследования:

1. Разработать автоматизированный программный модуль и базы данных выбора оптимальной схемы базирования, и ее конструктивной реализации с использованием современной CAD системы трехмерного твердотельного моделирования.
2. Разработать математическую модель и алгоритмы автоматизации проектирования схемы установки.
3. Разработать методику обеспечения качества проектирования станочных приспособлений на основе выбора оптимальной схемы установки заготовки и ее конструктивной реализации.
4. Провести анализ схем установки и возможных геометрических характеристик заготовки на выявление условий их геометрической совместности для расширения систематизации схем установки по реализуемой теоретической схеме базирования, геометрии контакта заготовки и установочных элементов, и технико-экономическим показателям.
5. Выявить аналитические зависимости оценки размерного износа для всех конструкций установочных элементов. Для этого провести анализ производственных данных по паспортам приспособлений и данным экспериментальных исследований.

Методика исследования. При выполнении научных исследований и реализации поставленных задач были использованы методы системного подхода, объектно-ориентированного проектирования и анализа, методы многофакторного эксперимента.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель и алгоритмы автоматизации выбора оптимальной схемы установки заготовки в станочном приспособлении, и ее конструктивной реализации с использованием CAD системы трехмерного твердотельного моделирования.
2. Структура программного комплекса и баз данных, реализующих разработанную математическую модель, схема и алгоритмы автоматизации.

3. Экспериментальные исследования при выявлении зависимостей оценки размерного износа центрирующих установочных элементов.

4. Методика обеспечения качества проектирования станочных приспособлений на основе выбора оптимальной схемы установки заготовки и ее конструктивной реализации.

Научная новизна:

1. Разработана математическая модель и алгоритмы автоматизированного выбора оптимальной схемы установки заготовки в станочном приспособлении и ее конструктивной реализации с использованием современных САД систем, основанных на трехмерном твердотельном моделировании.

2. Разработана методология обеспечения точности станочного приспособления при проектировании на основе выбора оптимальной схемы установки заготовки в станочном приспособлении и ее конструктивной реализации, включающей в себя поиск оптимальных геометрических и прочностных свойств установочных элементов.

Практическая ценность работы:

1. Разработан программный модуль, интегрированный в среду Solid-Works, и позволяющий расширить стандартные возможности САД системы для наиболее полной автоматизации проектирования оптимальной схемы установки заготовки и ее конструктивной реализации.

2. Предложена методика обеспечения точности станочного приспособления при проектировании на основе выбора оптимальной схемы установки заготовки в станочном приспособлении и ее конструктивной реализации.

3. Впервые получены экспериментальные зависимости оценки размерного износа для ряда установочных элементов (установочные пальцы и центрирующие втулки), дополняющие базу данных для автоматизированного проектирования.

Апробация работы. Научные и практические результаты работы по различным разделам диссертации опубликованы в материалах 6 международных и 2 Российских и конференций, реализованы в 2-х методических разработках для учебного процесса.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ.

Структура и объем работы. Работа включает введение, пять глав, заключение, список используемых источников из 79 наименований и 4 приложения. В основной части 138 страниц текста, 60 рисунков, 20 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работе, формулируются цели и задачи исследований, приводятся основные положения и результаты исследований, отмечается их новизна и практическая значимость. Приводится краткое содержание глав диссертации.

В первой главе проводится анализ проектирования станочных приспособлений (СП) с точки зрения обеспечения требуемой точности и надежности и существующих на сегодняшний день автоматизированных систем проектирования СП. Выполняется обзор методик автоматизации проектирования и систематизации СУ наиболее известных авторов в этой области – Аверченко В.И., Ильицкого В.Б., Пухова А.С., Раковича А.Г., Цветкова В.Д.

Наиболее важными характеристиками проектируемого приспособления являются обеспечение им требуемой точности и долговечности (периода времени его работы до планового ремонта). Обеспечение этих характеристик возможно еще при проектировании СУ без осуществления всего цикла проектирования. При этом выполняются следующие этапы: рассчитывается погрешность базирования; выбираются конструкции установочных элементов (УЭ) и их расположение на базах заготовки; задается схема закрепления; рассчитываются значения сил зажима; определяются погрешности закрепления и размерного износа УЭ. Зная значения составляющих погрешности установки заготовки можно прогнозировать точность выполнения технологических размеров и межремонтный период СП. Выполнение этих этапов конструктором вручную требует большого количества времени и не гарантирует получения точных результатов расчета и рациональных конструкторских решений. Автоматизация этих этапов проектирования позволит конструктору устранить подобные негативные последствия при проектировании.

Практических работ в области автоматизации проектирования СП, на сегодняшний день, довольно мало, при чем они относятся к периоду 80-х гг., когда разрабатывались специализированные САПР. Сегодня проектирование СП выполняют в универсальных САД системах двумерного и трехмерного проектирования. Однако, при проектировании в системах двухмерного проектирования все расчеты выполняются конструктором, поэтому для автоматизации проектирования СП более подходят САД-САЕ системы, основанные на технологии трехмерного твердотельного моделирования, позволяющие автоматизировано выполнять инженерные расчеты прочности, жесткости, долговечности и т.п. Анализ этих систем применительно к проектированию СП показал их малую эффективность в связи с тем, что они имеют большую стоимость, некоторые этапы выполняются в течение длительного периода времени (этапы инженерного анализа в модулях САЕ), и исключается возможность полной автоматизации из за отсутствия возможности совместного

анализа нескольких СУ, и выбора среди них оптимальной. В связи с этим необходимо дополнить стандартные средства САД системы программным модулем, позволяющим максимально автоматизировать все этапы выбора оптимальной СУ.

Для решения задачи автоматизации выбора оптимальной СУ большое значение имеет их систематизация, так как одним из требований при создании САПР является наличие явных условий выбора элементов объекта проектирования. Существуют две систематизации СУ – по функциональному назначению (Цветков В.Д.) и по реализуемой теоретической схеме базирования, геометрии базовой поверхности и УЭ, технико-экономическим показателям (Ильицкий В.Б.). Первая привязана к геометрическому классу заготовки, а выбор осуществляется при ранее определенном способе базирования. Вторая же отталкивается от заданной технологом теоретической схемы базирования и базовых поверхностей. При этом процесс выбора совпадает с последовательностью проектирования СП. В связи с этим, данная систематизация была принята за основу разрабатываемой автоматизированной системы.

Процесс автоматизации выбора оптимальной СУ и ее конструктивной реализации достаточно широко рассматривался в работах Аверченкова А.В. и Ильицкого В.Б. В них автоматизация представлена локально для отдельных этапов проектирования – расчет погрешности базирования, закрепления, размерного износа УЭ. Это привело к использованию одних и тех же исходных данных и результатов расчета на различных этапах проектирования СУ. При этом анализ точности выбранных СУ выполняется по упрощенной зависимости:

$$JT \geq Eb + \omega, \quad (1)$$

где JT – допуск на выполняемый технологический размер, мм; $Eб$ – погрешность базирования, мм; ω – средняя экономическая точность обработки, мм. Выполнять выбор оптимальной СУ по данному условию не рационально, так как в ней отсутствует анализ остальных составляющих погрешности установки заготовки в СП.

В настоящее время, расчет размерного износа УЭ выполняется только для опорных УЭ (штыри, пластины, призмы), зависимости оценки центрирующих УЭ (пальцы, оправки, втулки) отсутствуют. Не рассматривается вопрос проектирования СП с гарантированным сроком службы (за счет изменения физико-механических свойств УЭ – выбора метода упрочняющей обработки).

Во второй главе рассматривается вопрос создания методики выбора оптимальной СУ заготовки в СП и ее конструктивная реализация по условиям обеспечения требуемой точности, надежности, и технико-экономическим параметрам.

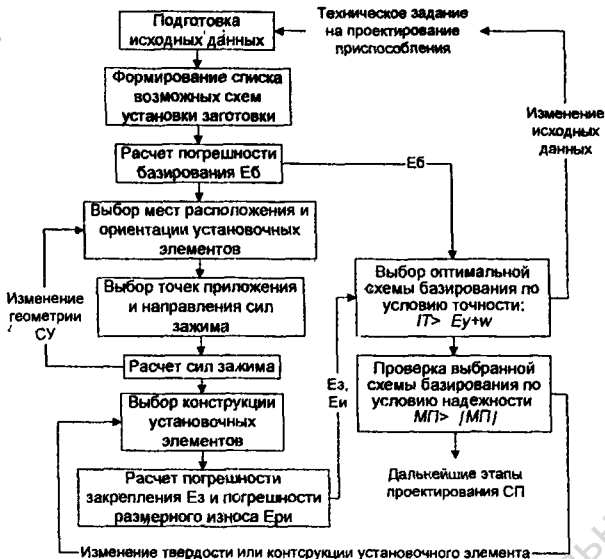


Рис. 1. Выбор оптимальной схемы установки и ее конструктивная реализация

На основании систематизации СУ разработана методика выбора оптимальной СУ и ее конструктивной реализации, представленная в виде схемы на рис. 1.

На основе анализа теоретической схемы базирования и геометрических особенностей базовой поверхности и УЭ формируется список возможных сочетаний УЭ – СУ для базирования данной заготовки. При выполнении этого этапа проектирования не учитывается геометрическая совместимость базы заготовки и УЭ, так как возможны различные случаи ориентации базовой поверхности и ее конфигурации. Поэтому, был выполнен анализ различных вариантов форм базовых поверхностей и УЭ, и их расположения. В результате анализа были выявлены критерии геометрической совместимости, дополняющие общую систематизацию.

Каждая СУ из сформированного списка просчитывается на погрешность базирования заготовки для каждого технологического размера. Расчет производится по зависимостям, рассмотренным в работах Ильицкого В.Б., для всех видов технологических размеров. В общем виде они имеют следующий вид:

$$E_{б_i} = \{\bar{v}_z, \Delta\bar{v}_z, \bar{v}_{y3}, \Delta\bar{v}_{y3}\}_i \quad (2)$$

где \bar{v}_z и \bar{v}_{y3} – векторы размерных характеристик детали и УЭ, $\Delta\bar{v}_z$ $\Delta\bar{v}_{y3}$ – совокупность всех указаний о точности составляющих вектора \bar{v}_i , и соответственно \bar{v}_{y3} .

В дальнейшем определяется схема закрепления заготовки, которая содержит следующие этапы: выбор мест расположения и ориентации УЭ; точек приложения и направления сил зажима; расчет сил резания. Исходя из значений сил резания определяются величина реакций опор и сил зажима с учетом

трения в местах контакта УЭ и заготовки. Расчет погрешности закрепления проводится по описанным в справочниках зависимостям, имеющим следующий вид:

$$E_{30}\{T, \bar{v}_1, \bar{v}_{y3}, R, \Delta\bar{R}, k, a, K\}_1, \quad (3)$$

где T – твердость УЭ; $R, \Delta\bar{R}$ – параметры шероховатости; \bar{v}_1, \bar{v}_{y3} – параметры учитывающие геометрические особенности базовой поверхности и УЭ; K – коэффициенты влияния износа; k, a – показатели степени расчетных зависимостей.

Для автоматизации процесса выбора конструкции УЭ разработана методика, основанная на критериях, связанных с геометрическими особенностями базы заготовки, качества ее поверхности, ориентации УЭ, возможности совместного использования нескольких УЭ, и эксплуатационных свойств УЭ.

Выбор размеров УЭ выполняется из условия обеспечения прочности базовой поверхности заготовки («чистая» база) или УЭ («черная» база). При этом определяется реальная площадь контакта УЭ и заготовки. Выполнение условия обеспечивается неравенством:

$$\frac{P}{F} \leq \sigma_{пр}, \quad (4)$$

где P – усилие, действующее на УЭ, Н; F – реальная площадь контакта УЭ и заготовки, мм; $\sigma_{пр}$ – предел прочности материала заготовки или УЭ.

Расчет погрешности закрепления и погрешности, связанной с размерным износом опор выполняется по известным из литературы расчетным зависимостям.

Для получения зависимостей оценки размерного износа центрирующих УЭ были проведены экспериментальные исследования. В качестве основного объекта исследований выбраны УЭ, работающие в реальных конструкциях СП – установочные пальцы и центрирующие втулки. УЭ изготавливались из сталей 20Х и У8А. Их рабочие поверхности имеют твердость от НВ 220...250 до HRC₃ 51,5...57.

По данным бланков контроля паспортов СП, реально работающих на предприятиях, и данным экспериментальных исследований, методом многофакторного эксперимента получены расчетные зависимости оценки размерного износа. В качестве основных факторов, определяющих условия износа были приняты: программа выпуска N , шт.; длина контакта сопрягаемых деталей L , мм; вес обрабатываемой детали P , Н; минимальный зазор в сопряжении S_{min} , мм; твердость УЭ HVB . Для оценки неравномерности износа установочных пальцев и втулок в продольном направлении использовался контрольно-измерительный комплекс ИИС-1 на базе профилографа-

профилометра мод. 170311 завода «Калибр» и ЭВМ РС, разработанным в Брянском государственном техническом университете.

Полученные зависимости имеют вид:

$$U_{\sigma} = 1,55 + 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot N + 5,73 \cdot 10^{-3} \cdot L + 2,01 \cdot 10^{-2} \cdot HB - 68,6 \cdot S_{\min} \quad (5)$$

$$U_n(d < 16) = 1,39 + 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot N + 5,6 \cdot 10^{-3} \cdot P + 0,026 \cdot L - 48,8 \cdot S_{\min} \quad (6)$$

$$U_n(d > 16) = 1,3 + 4 \cdot 10^{-4} \cdot N + 4,8 \cdot 10^{-3} \cdot P + 0,031 \cdot L - 24,6 \cdot S_{\min}$$

По значениям составляющих погрешности установки заготовки в СП выполняется выбор СУ по условию обеспечения требуемой точности:

$$JT \geq E_y + \omega, \text{ где } E_y = \sqrt{E_{\sigma}^2 + E_{\Delta 0}^2} + E_{\Delta 30} + E_u + E_{yc} + E_c, \quad (7)$$

где E_y – погрешность установки; $E_{\Delta 0}$ – погрешность закрепления; $E_{\Delta 30}$ – погрешности закрепления, связанная с изменением формы поверхности контакта УЭ при его износе; E_u – погрешность размерного износа УЭ; E_{yc} – погрешность, определяемая ошибками при изготовлении и сборки УЭ; E_c – погрешность установки и фиксации приспособления на станке.

Основываясь на расчетных значениях составляющих погрешность установки заготовки, заданном конструктором количестве детали-установок, и межремонтном периоде разработана методика проектирования СУ с гарантированным рабочим периодом.

Выбор СУ по условию требуемой надежности проводится по условию (8):

$$MII \geq [MII], \quad (8)$$

где $[MII]$ – заданный допустимый межремонтный период; MII – расчетное значение межремонтного периода i -ой базы:

$$MII = \{P, T, F_k, t, [U], K, K_1, N, \}, \quad (9)$$

где F_k – площадь контакта опоры и заготовки, мм^2 ; t – машинное время, мин.; $[U]$ – допустимый износ УЭ, являющийся E_{σ} , выраженным из (5), мм; K – экспериментальные коэффициенты; K_1 – коэффициент запаса, учитывающий нестабильность износа ($K_1 = 0,8 \dots 0,85$); N – годовая программа выпуска, шт.

В третьей главе рассматриваются вопросы автоматизации выбора оптимальной СУ заготовки в СП и ее конструктивной реализации с использованием САД системы, основанной на трехмерном твердотельном моделировании. Для решения этой задачи использовались методы системного подхода, позволившие формализовать проектирование в форме задачи математического программирования, системы поиска оптимального решения на сложной имитационной модели и иерархической структуры комплекса задач.

При анализе задачи автоматизации выбора оптимальной СУ заготовки

в станочном приспособлении и ее конструктивной реализации было выявлено, что общая задача поиска оптимальных параметров СУ может рассматриваться в виде «черного ящика», на вход которого подаются исходные и нормативные данные, а на выходе наблюдаются ее характеристики (рис. 2).

При этом необходимо найти такие параметры СУ, которые обеспечивают экстремумы критериев

$$Q_i \{ \bar{E}y_i, \bar{V}\bar{Э}_i, \bar{M}\bar{П} \} \rightarrow \text{extr} (\text{min или max}), i=1, 2, \dots, m,$$

при выполнении ограничений

$$[G_B] \leq G_j \{ \bar{E}y_j, \bar{V}\bar{Э}_j, \bar{M}\bar{П} \} \geq [G_H], j=1, 2, \dots, k,$$

где $[G_B]$, $[G_H]$ – соответственно верхняя и нижняя границы ограничений; $i=1, 2, \dots, k$ количество возможных СУ.



Рис. 2. Процедурная модель задачи

На основе системного подхода общая задача автоматизации была разбита на отдельные локальные иерархически связанные задачи оптимизации, при этом выявлено, что они имеют вложенную

структуру, что не позволяет решить общую задачу обычными математическими методами поиска оптимальных решений. Поэтому для решения задачи оптимизации предлагается рассматривать с точки зрения объектно-ориентированного проектирования.

Предлагается рассматривать схему установки как математическую модель (10):

$$\bar{C}У = \{ \bar{E}y_i, \bar{V}\bar{Э}_i, \bar{M}\bar{П}, P_{cm}, P_{вв} \}, \quad (10)$$

где $\bar{E}y_i$ – погрешность установки заготовки в приспособлении для i -го технологического размера, определяемая по зависимости (5); $\bar{M}\bar{П}$ – межремонтный период рассматриваемой СУ; P_{cm} и $P_{вв}$ – ранги стоимости конструктивной реализации СУ и вспомогательного времени; $\bar{V}\bar{Э}_i$ – установочный элемент для i -ой технологической базы ($i=1, 2, 3$), который можно представить следующей моделью:

$$\bar{V}\bar{Э} = \{ \bar{K}y\bar{Э}, \bar{U}y\bar{Э}, T_{y\bar{Э}} \}, \quad (11)$$

где $\bar{K}_{УЭ}$ – конструкция УЭ; $\bar{v}_{УЭ}$ – вектор геометрических параметров УЭ; $T_{УЭ}$ – твердость УЭ.

Разработана общая схема автоматизированного программного модуля для САД системы проектирования СУ и ее конструктивной реализации, представленная на рис. 3 (стр. 13). Оптимизация СУ в данной схеме осуществляется модулями выбора СУ по критериям точности, стоимости, вспомогательного времени, и надежности. При этом данные модули выполняют функцию принятия решений о дальнейшем ходе проектирования по результатам проверки. Остальные модули, предназначены для поиска значений параметров СУ, необходимых для ее анализа по критериям. Путем совместного анализа теоретической схемы базирования и геометрической формы заготовки производится автоматический поиск возможных СУ и дальнейший расчет погрешности базирования. Данные, определенные на этих этапах предназначены для отсеивания СУ, не удовлетворяющих условию точности. Проверка условия проводится по зависимости без учета еще не определенных погрешностей закрепления и погрешности размерного износа УЭ:

$$J_{T_i} \geq \sqrt{E\delta_i^2} + \omega. \quad (12)$$

Для возможности определения остальных составляющих погрешности установки выполняется назначение схемы закрепления, в которой указывается размещение УЭ на базовых поверхностях, точки приложения и направление сил закрепления, сил резания, а так же расчет сил закрепления. Расчет необходимой силы закрепления, проводится автоматически при изменении значений сил резания и при изменении расположения сил и УЭ. По данным, определенным на этапе расчета сил зажима определяется конструкция УЭ с их геометрическими и прочностными характеристиками, а так же остальные составляющие погрешности установки. Выполняется расчет погрешностей закрепления и размерного износа УЭ.

Полученные составляющие погрешности установки позволяют выполнить окончательный анализ всех СУ по условию точности положения заготовки в СП, для i -го технологического размера, по условию:

Полученные составляющие погрешности установки позволяют выполнить окончательный анализ всех СУ по условию точности положения заготовки в СП, для i -го технологического размера, по условию:

$$E_y \{E_{\bar{b}}, E_{z_0}, E_{z_u}, E_u, \omega\}_i \leq J_{T_i} \quad (13)$$

Выбранные СУ проверяются по условию надежности, по следующей зависимости:

$$МП\{P, T, F_k, l, [l], K, N_2\}_i \geq [МП]. \quad (14)$$

При необходимости (СУ не отвечает условию надежности) проводится поиск оптимального метода упрочнения для УЭ по условию требуемой точ-

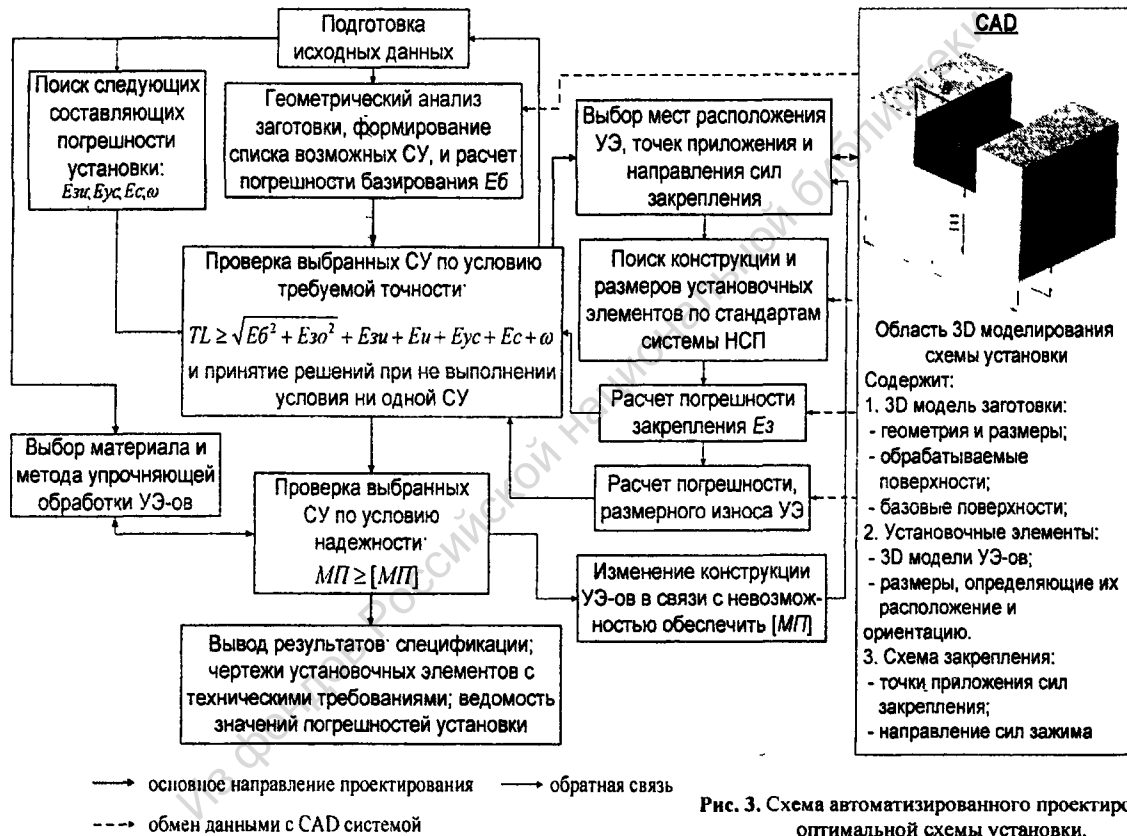


Рис. 3. Схема автоматизированного проектирования оптимальной схемы установки.

ности (15) и критериям минимума стоимости и времени упрочнения $(\bar{P}_{CTY}, \bar{P}_{BY}) - (16)$.

$$[T]\{P, [MII], Fk, t, [U], K, K_1, N_s\} \leq T_y \quad (15)$$

$$\bar{P}_{CTY} \rightarrow l; \bar{P}_{BY} \rightarrow l \quad (16)$$

Окончательный выбор оптимальной СУ выполняется по критериям стоимости конструктивной реализации СУ \bar{P}_{CT} и вспомогательного времени на установку и снятие заготовки $\bar{P}_{BВ}$. При этом должны выполняться следующие условия: $\bar{P}_{CT} \rightarrow l$; $\bar{P}_{BВ} \rightarrow l$ (17)

В четвертой главе рассматриваются вопросы программной реализации разработанных моделей, алгоритмов выбора оптимальной СУ и ее конструктивной реализации.

Для этого проводится анализ отечественных и зарубежных САД систем, и выбор из них основной САД системы трехмерного твердотельного моделирования. Анализ систем выявил наиболее подходящей системой для реализации поставленной задачи, САД систему SolidWorks «среднего» уровня фирмы SolidWorks Co[®]. Данная система имеет достаточно мощные средства создания трехмерных твердотельных моделей деталей и сборок, простые средства создания баз данных, простые инструменты генерирования чертежей с полной поддержкой ЕСКД; наиболее удобный интерфейс; API интерфейс создания пользовательских приложений с большим количеством функций создания и анализа моделей, баз данных, чертежей и интерфейса пользовательских САПР.

Программные средства для программной реализации разработанных математических моделей и схем выбирались исходя из выбранной САД системы, которая предоставляет пользователю возможность программирования в оболочках объектно-ориентированного программирования Microsoft Visual Basic и Microsoft Visual C++. Так как C++ является наиболее мощным языком программирования, он был принят в качестве основного языка программирования. Для создания баз данных моделей УЭ использованы стандартные средства SolidWorks, на основе Microsoft Excel. Для разработки внутренних баз даны системы принята оболочка создания реляционных баз данных. При этом разработка СУБД осуществляется в Visual C++, а связь СУБД базы данных – посредством запросов на языке SQL.

В качестве основного метода программной реализации был выбран метод объектно-ориентированного программирования. Это связано с тем, что СУ, и УЭ, из которых она состоит, рассматриваются как оптимизируемые объекты, имеющие определенные характеристики и связи с моделью заготовки. В результате программной реализации разработанных ранее моделей автоматизации получены логическая и динамические модели работы системы

в виде диаграмм классов, состояния СУ в процессе проектирования и диаграммы взаимодействия. Разработана структурная схема пакета программного обеспечения автоматизированного проектирования СУ заготовки (рис. 4, стр. 16).

Разработана база данных и СУБД материалов и методов упрочняющей обработки имеющая сложную структуру, в которой между таблицами имеются сложные взаимосвязи.

В пятой главе рассматривается краткое описание разработанного программного модуля, пример его практической реализации, анализ качества проектных решений и экономическая эффективность от его применения. При выполнении автоматизированного проектирования СУ и ее конструктивной реализации используются следующие исходные данные: трехмерная модель детали; теоретическая схема базирования; качество базовых поверхностей; материал заготовки; метод упрочнения базовых поверхностей; вид технологической операции; наличие СОТС; штучно-калькуляционное время выполнения операции; программа выпуска; допустимый межремонтный период. Проектирование осуществляется в следующей последовательности:

1. Задается схема базирования (выбираются базовые поверхности и указываются выполняемые на операции размеры) и выполняется расчет погрешности базирования. При этом некоторые схемы могут быть отсеяны по условию (12).

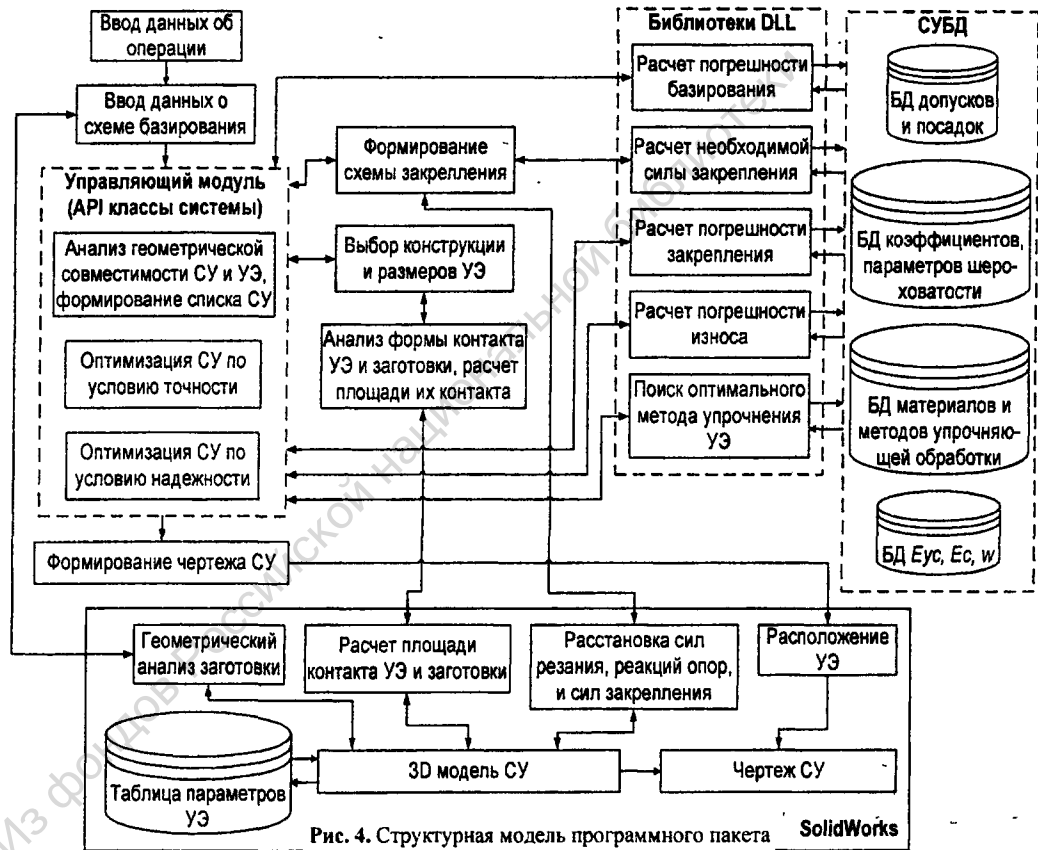
2. Задается схема закрепления (расположение УЭ, точек приложения и направления сил резания и зажима). При этом автоматически производится расчет значений необходимых сил зажима.

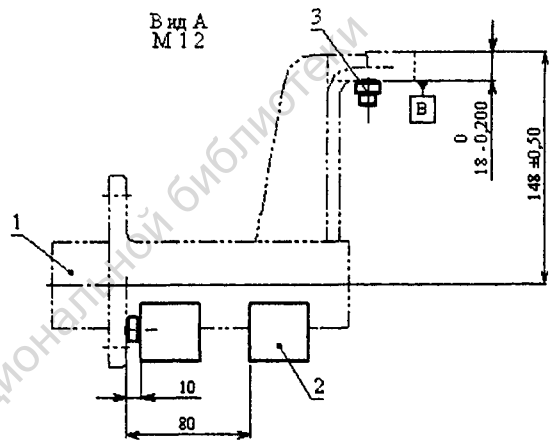
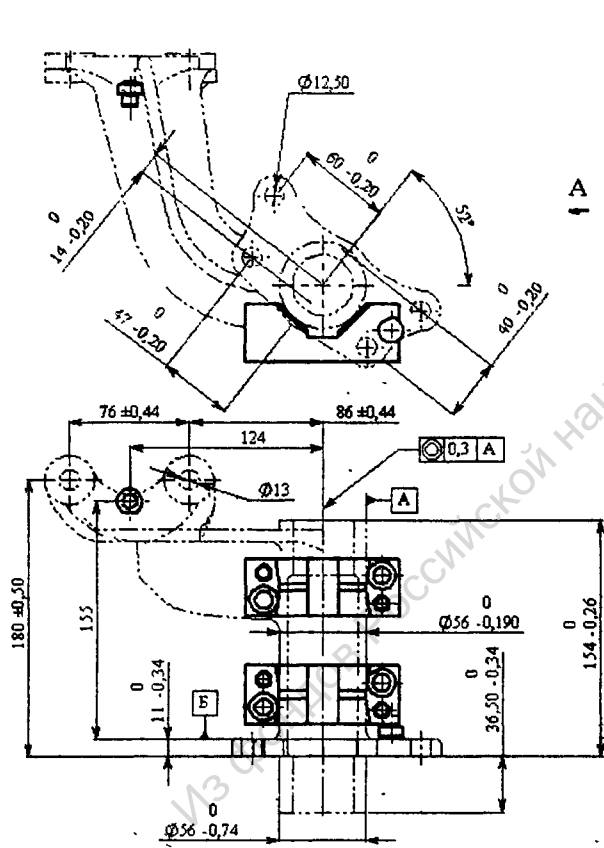
3. Выбираются конструкция и размеры УЭ. По рассчитанным ранее усилиям в системе, автоматически выполняется поиск конструкций УЭ и их размеры по стандартам НСП. Результатом выбора является модель заготовки с расположенными на ней УЭ. Конструктор может изменить любой из УЭ. Возможна замена группы УЭ, осуществляющих базирование одной базы.

4. Автоматически выполняется расчет погрешностей закрепления и размерного износа для каждого УЭ.

5. Выбор СУ по условию точности и надежности (13) выполняется автоматически, результаты которого представляются конструктору в виде ведомости, содержащей все расчетные значения погрешностей и межремонтного периода для всех СУ, реализующие их УЭ (ГОСТ, исполнения, обозначения, материалы, твердость, метод упрочняющей обработки), оптимальная СУ.

6. Результатом работы системы является чертеж СУ (рис. 5, стр. 17) содержащий: деталь, обрабатываемую на данной операции; УЭ; размеры, участвовавшие в проектировании оптимальной СУ; таблицу результатов расчета





Код	Гид	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание		
	1		Кронштейн	1	Завет		
	2	0000-0001	Призма опорн	2	Ст У10А		
			ГОСТ 12195-66				
	3	7034-0374	Штырь опорн	2	Ст У10А		
			ГОСТ 13441-68				
Размер		Е6, мм	Е20, мм	Е21, мм	Е22, мм	И/И шт	М/П, мес
0,0 (П=0,300)		0,042	0,03	0,009	0,161	189851	387
26,0 (П=0,200)		0,051	0,036	0,012	0,095	98295	200
154,0 (П=0,280)		0,107	0,073	0,013	0,192	43330	90
18,0 (П=0,110)		0	0,073	0,013	0,106	6788	13,8

Рис. 5. Чертеж оптимальной СУ

составляющих погрешности установки заготовки в СП; спецификацию. Чертеж генерируется автоматически, однако требует ручной доработки конструктором – расстановка видов и размеров.

При проектировании оптимальной СУ были получены следующие результаты:

1. Проектные и расчетные решения аналогичны базовому варианту СУ – схема базирования, закрепления, конструкция УЭ, их материал и твердость.

2. Время проектирования сократилось на 70%, с учетом того, что модель детали уже сформирована.

Экономический анализ применения разработанной автоматизированной системы при проектировании СУ одного СП показал эффективность в размере 69,8 тыс. руб, при периоде возврата дополнительных капитальных вложений 0,7 года.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана методика обеспечения качества проектирования станочных приспособлений на основе выбора оптимальной схемы установки заготовки и ее конструктивной реализации. Получены зависимости оценки размерного износа центрирующих установочных элементов – установочных пальцев, оправок и центрирующих втулок.

2. Разработана математическая модель и алгоритмы автоматизации процесса выбора оптимальной схемы установки заготовки в станочном приспособлении и ее конструктивной реализации с использованием современных CAD технологий, основанных на трехмерном твердотельном моделировании. При этом общая задача автоматизации разбита на отдельные иерархически связанные задачи, выявлены информационные взаимосвязи между ними и CAD системой, условия оптимизации и ограничения. Созданы логическая и динамическая модели работы автоматизированной системы, описывающие классы системы, диаграмма взаимодействия, отражающая состояние СУ и УЭ в процессе проектирования, структура программного модуля. Разработаны базы данных трехмерных параметрических твердотельных моделей установочных элементов системы НСП, базы данных, содержащие справочную информацию, поля допусков, материалы и методы упрочнения.

3. Разработан программный модуль, интегрированный в среду SolidWorks, и позволяющий расширить стандартные возможности CAD системы для полной автоматизации процесса выбора оптимальной схемы установки заготовки и ее конструктивной реализации с определением точности установки заготовки в станочном приспособлении, геометрических и физико-

механических свойств установочных элементов, а так же межремонтного периода. Анализ практического применения на примере ряда технологических операций механической обработки показал, что полученные результаты расчетов и конструкторские решения обеспечивают качество проектируемой схемы установки. Оценка экономической эффективности от внедрения разработанной системы выявила положительные результаты при условии, что предприятие уже обладает САД системой трехмерного твердотельного моделирования SolidWorks 2001 фирмы SolidWorks Co[®].

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Вдовин А.В. Автоматизированная система выбора рациональной схемы баинирования. Сборник научно-исследовательских работ. Материалы 53-й студенческой конференции. В 2-х ч. Ч. 1 – Брянск: БГТУ, 1998 – 68 с
2. Вдовин А.В., Рыжкова Е.Г. Автоматизированная система расчета межремонтного периода станочных приспособлений. Молодежная научно-техническая конференция технических вузов России, 25-26 мая 2000 г., г. Брянск. Тез. докл. / Под ред. О.А. Горченко. – Брянск: БГТУ, 2000. – 164 с.
3. Ільїцький В.Б., Вдовін О.В. Автоматизована система вибору раціональних схем верстатних пристроїв. Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. Технічні науки. Житомир: ЖІТІ, 1999 – С. 47-49.
4. Ільїцький В.Б., Вдовін А.В. Автоматизированная система и формализация выбора рациональных схем станочных приспособлений. Сборник трудов VI международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века», 13-18 сентября 1999 г., г. Севастополь – Донецк: ДГТУ, 1999. – С. 295-298.
5. Ільїцький В.Б., Ерохін В.В., Вдовін А.В. САД/САМ/САЕ-технології в моделюванні технологічної оснастки. Конструкторсько-технологічна інформатика – 2000 Труды конгресса В 2-х т. Т. I / IV международный конгресс. – М.: Изд-во «Станкин», 2000. – С. 220-222.
6. Ільїцький В.Б., Ерохін В.В., Вдовін О.В. Автоматизація проектування технологічних пристосувань. Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту Науковий журнал. Технічні науки Спеціальний випуск за матеріалами II-ої Міжнародної науково-технічної конф. "Процеси механічної обробки, верстати та інструмент" Житомир: ЖІТІ, 2001. – С. 92-98
7. Ільїцький В.Б., Ерохін В.В., Вдовін А.В. САД/САМ/САЕ-технології в моделюванні технологічної оснастки. Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века// Сборник трудов международной научно-технической информации в г. Севастополе 10-16 сентября 2001 г. В 3-х томах – Донецк. ДонГУ, 2001. Т. 1. – С. 160-164
8. Ільїцький В.Б., Мірошніков В.В., Вдовін А.В. Автоматизація проектування станочних приспособлень. Прогресивні технології, машини і механізми в машиностроєнні. Сборник докладов международной научно-технической конференции БАЛТТЕХМАШ-2000 – Калининград, 2000 – С 24
9. Ільїцький В.Б., Мірошніков В.В., Вдовін А.В. Оптимальное проектирование станочных приспособлений с использованием САД системы типа SolidWorks. Современные проблемы машиноведения. Материалы международной научно-технической конференции (научные чтения, посвященные 105 годовщине со дня рождения Павла Осиповича Сухова). (5-7 июля 2000 г., г. Гомель) / Под ред. д.т.н. профессора А.С. Шанина. – Гомель: ГГТУ, 2000. – Т II – 246 с

2003-A
9847
847

ВДОВИН Александр Викторович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТАНОВКИ
ЗАГОТОВКИ В СТАНОЧНОМ ПРИСПОСОБЛЕНИИ И ЕЕ
КОНСТРУКТИВНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СОВРЕМЕННЫХ САД ТЕХНОЛОГИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Лицензия № 0203801 от 24,04,97. Подписано в печать 20.05.03 г.

Формат 60x80 1/16. Бумага типографская №2. Офсетная печать.

Печ. л. Уч: - изд. л. 1. Т 100 экз. Заказ 307. Бесплатно.

Брянский государственный технический университет

241035, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7,

Лаборатория оперативной типографии БГТУ, ул. Институтская, 16.