**Кузнецов Юрий Николаевич. Синтез зажимных механизмов прутковых автоматов : диссертация ... доктора технических наук : 05.03.01. - Киев, 1983. - 564 c. : ил. РГБ ОД, 71:85-5/114**

Киевский ордена Ленина политехнический институт имени 50-летия Великой Октябрьской социалисти­ческой революции

На правах рукописи

КУЗНЕЦОВ КРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

УДК 621.9.62: 62-229.324

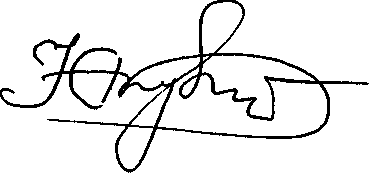
СИНТЕЗ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРУТКОВЫХ АВТОМАТОВ

Специальность 05.03.01. - Процессы и машины обра­ботки материалов резанием; автоматические линии

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора технических

наук



Киев - 1983

- 2 -

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ 5
2. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРУТКОВЫХ АВТОМАТОВ II

2.1. Назначение, область применения и направления развития

ЗМ металлорежущих станков II

1. Механизмы зажима и подачи прутка, предъявляемые к ним требования и их основные характеристики 17
2. Влияние ЗМ на основные показатели, динамического качества станка, точность и производительность обработки 36
3. Современное состояние исследований, методов расчета и проектирования ЗМ прутковых автоматов 42
4. Цель и задачи исследований 56

3. ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМАХ...... 58

1. Энергетический баланс и физические модели ЗМ 58
2. Особенности взаимодействия зажимного элемента с деталью.. 62
3. Особенности взаимодействия зажимной цанги со шпинделем

и прутком *W*

1. Взаимосвязь процессов установки и обработки деталей на прутковом автомате 90
2. Влияние параметров заготовки на основные характеристики

ЗМ прутковых автоматов 95

3.6. Динамические и математические модели ЗМ прутковых авто­  
матов Ю8

4. ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЖИМНЫХ  
МЕХАНИЗМОВ ПРУТКОВЫХ АВТОМАТОВ 119

1. Иерархия процесса проектирования ЗМ 119
2. Комплексный показатель качества ЗМ 125
3. Основные соображения по выбору способа зажима и подачи пруткового материала 134

**- з -**

4.4. Принципы стабилизации и регулирования силовых характерис­  
тик ЗМ. Силовые портреты 146

5. СТРУКТУРНО-СХЕМНЫЙ СИНТЕЗ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ 162

1. Особенности структурно-схемно го синтеза ЗМ ^62
2. Дифференциально-морфологический метод структурно-схем­ного синтеза зажимных патронов 171
3. Синтез схем цанговых патронов 182
4. Синтез схем приводов зажима со стабильными или регули­руемыми силовыми характеристиками 196
5. Принципы создания широкодиапазонных ЗМ прутковых авто­матов 205

6. АНАЛИЗ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИМНОГО МЕХАНИЗМА В ПРОЦЕССЕ  
УСТАНОВКИ ПРУТКА 210

1. Характеристики зажимных и подающих цанг 210
2. Анализ передачи сил в цанговых патронах. 222
3. Анализ образования радиальных погрешностей установки деталей в цанговых патронах 249
4. Анализ образования осевых погрешностей установки деталей

в ЗМ прутковых автоматов 260

1. Быстродействие процесса зажима-разжима 273
2. Теоретическое исследование процесса подачи и зажима

прутка 293

6.7. Экспериментальное исследование процесса подачи и зажима  
прутков 311

7. АНАЛИЗ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИМНОГО МЕХАНИЗМА В

ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ 331

1. Схемы образования упругих отжатий в системе П-Д 331
2. Анализ факторов, влияющих на жесткость упругой системы

П-Д 340

- 4 -

1. Теоретическое исследование упругих радиальных отжатий заготовки в цанговых патронах 345
2. Влияние процесса резания на характеристики зажима

деталей в цанговых и кулачковых патронах 358

1. Анализ динамической жесткости системы П-Д 366
2. Экспериментальное исследование статических и динамичес­ких характеристик упругой системы П-Д 374

8. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЗАЖИМНЫХ И ІЮ ДАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ  
ПРУТКОВЫХ АВТОМАТОВ 395

8.1. Задачи параметрического синтеза ЗМ. Основные критерии

и ограничения 395

8.2. Оптимизация параметров и проектировочный расчет

цанговых зажимных патронов 405

8.3. Оптимизация параметров и проектировочный расчет

приводов зажима 424

8.4. Особенности параметрического синтеза МПП .433

9. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВА­  
НИЯ ПРИ СОЗДАНИИ НОВЫХ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ .439

1. Методика проектирования высокоточных и самонастраивающих­ся ЗМ и МПП .439
2. Методы улучшения характеристик ЗМ и МПП .446
3. Применение разработанной теории проектирования и эффек­тивность внедрения новых синтезированных ЗМ и МПП .468

10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .481

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. .486

ПРИЛОЖЕНИЕ .516

5

I. ВВЕДЕНИЕ

Коммунистическая партия Советского Союза и Советское правитель­ство наметили величественную программу развития народного хозяйства нашей страны для создания материально-технической базы коммунистиче­ского общества [1»3] . В соответствии с этой программой первостепен­ная роль принадлежит машиностроению и прежде всего производству ору­дий труда, что предусматривает опережающий рост станкостроения -

СерДЦеВИНЫ ВСеГО МаШИНОСТроеНИЯ^

Проявляя повышенное внимание к развитию станкостроения, Щ КПСС и Совет Министров СССР приняли постановления [2,5] и рассмотрели на последних Пленумах ЦК КПСС [4,б] вопросы, связанные со значитель­ным увеличением к концу одиннадцатой пятилетки годового выпуска вы-зокоточных и высокопроизводительных станков-автоматов и полуавтома­тов, снижениемметаллоемкости оборудования и отходов металла в струж­ку, повышением темпов конструкторских разработок, опираясь на дости-кения науки и техники многих отраслей.

Задача повышения технического уровня станков требует улучшения гарактеристик их основных механизмов и систем управления.

Одним из основных узлов и механизмов в технологической системе зтанка является зажимной механизм (ЗУІ ), который наряду с другими механизмами оказывает значительное влияние на точность и производи­тельность обработки деталей, так как от него зависят применяемые режимы резания, затраты вспомогательного времени, жесткость и вибро-рстойчивость технологической системы, точность установки деталей. Іри непрерывном совершенствовании структуры станка в целом часто іаблюдается несоответствие с ним и сильное отставание 3/1, подолгу зохраняющих традиционные конструкции.

Только глубокие научные исследования физических процессов, происходящих при зажиме и резании, а также современные методы

**6**

**поиска новых технических решений, составляющее в совокупности основы научного конструирования SM, позволяют создать в кратчай­шие сроки и внедрить в промышленность их высокоэффективные конст­рукции. Надежность зажима в отношении обеспечения силы зажима и прочности механизма в настоящее время является только необходимым условием, но уже недостаточным из-за повышения требований к точ­ности, жесткости, широкодиапазонности, быстродействию и долговеч­ности.**

**Среди станков токарной группы, охватывающих свыше 50$ всей механической обработки деталей типа тел вращения [53, 105] # боль­шой удельный вес занимают прутковые автоматы с широко используе­мыми цанговыми ,, ЭЛ (ЦЗМ).**

**К основным недостаткам, онижающим технико-экономические по­казатели прутковых автоматов и ограничивающим их технологические возможности, относятся: I/ нестабильное осевое положение прутка из-за отскока при подаче до упора и оттягивания при зажиме, что вызывает дополнительный расход металла из-за введения вторичной подрезки торца и повышения припусков; 2/ низкая и нестабильная радиальная жесткость одинарного зажима, значительно.; влияющая на образование погрешностей деталей, повышение припусков на последую­щие операции и ограничивающая частоты вращения прутка из-за воз­можности появления вибраций; 3/ низкая долговечность цанг, сни­жающая точность установки и приводящая к существенному перерас­ходу высококачественных сталей; 4/ невозможность обработки деше­вых горячекатаных прутков при геометрическом замыкании в приводе; 5/ большой перерасход энергии при силовом замыкании в гидро/пнев-мо/приводе, снижение быстродействия и долговечности; б/ невозмож­ность встраивания прутковых автоматов с ЧПУ в гибкие станочные системы, работающие по „безлюдной технологии?**

**7**

**Проблема создания высокоточных, широкодиапазонных, энерго-экономичных и быстродействующих ЗМ повышенной долговечности стано­вится все более актуальной из-за постоянного роста требований к производительности, точности и надежности работы оборудования, качеству обрабатываемых изделий, а также из-за необходимости эко­номии энергии и сырья, сокращения расхода металла в стружку, сни­жения металлоемкости выпус|саемых станков; Это требует новых науч­ных обобщений, иного по сравнению с существующим методологического подхода, так как при создании новых станков и их модернизации проектировщику приходится выступать не только в роли конструктора, использующего метод "проб и ошибок" и приспосабливающего известные решения, но и быть одновременно как исследователем, так и изобрета­телем, использующим более эффективные методы поиска новых техниче­ских решений.**

**Несмотря на большой опыт проектирования, изготовления и эксплуатации ЭМ как в Советском Союзе, так и за рубежом, вопросы их оптимального проектирования и расчета до настоящего времени недостаточно разработаны вследствие слабой изученности процессов, происходящих в этих механизмах.**

**Настоящая работа посвящена решению крупной научной проблемы, имеющей большое народнохозяйственное значение, связанной с созда­нием основ теории проектирования высокоточных, широкодиапазонных и быстродействующих Ш, повышающих технико-экономические показа­тели прутковых автоматов и расширяющих их технологические возмож­ности.**

**В работе рассмотрены основные проблемы теории проектирования ЗМ металлорежущих станков, указаны направления их развития, дан анализ влияния SM на основные показатели динамического качества станка, точность и производительность обработки.**

**8**

**Изучены физические явления, протекавдие в ЗМ, дан анализ факторов, влияющих на основные характеристики зажима; вскрыт общий характер образования погрешностей установки и упругих отжатий в системе патрон-деталь.**

**Основное внимание уделено вопросам оптимального проектирова­ния ЗМ с решением задач разной сложности, связанных с выбором принципа зажима, структуры для выбранного принципа, схемы для выб­ранной рациональной структуры и конструкции с лучшими /оптимальны­ми/ параметрами при выбранной схеме. Показано, что процесс опти­мального проектирования ЗМ представляет собой решение многоуров­невых, многоцикличных, многокритериальных и многоэкстремальных задач.**

**В работе доказана возможность единого подхода к постановке, формализации и решению задач анализа и синтеза различных *Ш* незави­симо от их схемного и конструктивного исполнения. Для анализа сис­темы ЗМ прутковых автоматов в процессе зажима-разжима и при реза­нии разработаны универсальные динамические и математические модели, подверженные последовательно различным возмущениям и описанные системами дифференциальных уравнений с учетом переменности масс,, нелинейности сил трения, сцепления, жесткости стыков и люфтов.**

**При синтезе новых конструкций ЗМ впервые использован предло­женный автором дифференциально-морфологический метод, представляю­щий развитие и комбинацию известных.**

**Созданные в процессе выполнения работы ЗМ и механизмы подачи прутка */ШШ/* с оптимальными параметрами внещюны в серийное произ­водство на токарно-револьверных станках, одношпиндельних и много­шпиндельных токарных автоматах, применены в ряде эксплуатируемых станков различных моделей при модернизации, получен значительный экономический эффект /свыше 3 млн.руб./.**

**Диссертационная работа выполнена в Киевском политехническом**

9

институте (КПИ), а ряд экспериментальных исследований и производ­ственных испытаний проведен на Киевском станкостроительном произ­водственном объединении (КСПО ), Нердичевском станкозаводе "Комсо­молец", Житомирском заводе станков-автоматов (13СА), кЪнотопском заводе "Красный металлист", Автомобильном производственном объеди­нении "ГАЗ" и др.заводах страны.

Работа является составной частью исследований и разработок, выполненных и выполняемых под руководством автора по договору о межвузовском сотрудничестве между КПИ (УССР) и Габровским Высшим машинно-электротехническим институтом (НРБ ). Созданные совместно со специалистами НРБ конструкции ЗМ внедрены и внедряются на их машиностроительных предприятиях с большим экономическим эффектом.

Основные результаты и методы исследований диссертационной работы используются в учебном процессе кафедры "Металлорежущие станки и инструменты" КПИ, в учебно-методической литературе по курсам "Металлорежущие станки", "Станки с программным управлением',' "Основы научных исследований", "Станки-автоматы", "Основы техни­ческого творчества", читаемым в КШ, МЭИ - Габрово ('НРБ )и др. вузах страны.

Автор защищает:

1. Теоретические основы оптимального структурного, схемного и параметрического синтеза ЭМ прутковых автоматов как последова­тельный процесс решения многоуровневых, многоцикличных, многокри­териальных и многоэкстремальных задач.
2. Единую физическую, динамическую и математическую модели системы £М пруткового автомата как нелинейной динамической систе­мы при последовательном воздействии на объект закрепления различ­ных возмущений со стороны механизмов подачи, закрепления и резания в их взаимосвязи.

10

1. Дифференциально-морфологический метод структурного и схем­ного синтеза ЗМ, представляющий развитие и комбинацию известных эвристических и гибридных методов, и успешно реализованный при синтезе структур и схем зажимных патронов с клиновым передаточно-усилительным звеном.
2. Комплексный безразмерный показатель качества ЗМ; подход

к выбору критериев оптимизации, числа варьируемых параметров, наз­начению и корректировке ограничений на предельные значения варьи­руемых параметров *<М;* разработанные аналитические и графоаналити­ческие методы расчета механизмов и поиска оптимальных решений.

1. Найденную связь основных силовых, жесткостных и точност­ных характеристик ЗМ между собой и с величинами отклонения размера поперечного сечения заготовки от размера рабочего отверстия патро­на; аналитические зависимости для расчета сил, жесткости и точнос­ти в ЗМ и МШ прутковых автоматов.
2. Принципы создания новых £М и МШ с улучшенными характерис­тиками: высокоточных, повышенной жесткости, быстродействующих, са­монастраивающихся; с автоматическим регулированием, широкодиапазон­ных и энергоэкономичных.
3. Разработанные и внедренные стандарты на зажимные и подаю­щие цанги, руководящие технические материалы по расчету, конструи­рованию и изготовлению патронов различных конструкций.
4. Схемы и конструкции автоматических £М и МШ, приводов, патронов, цанг и способов их изготовления, созданные в результате теоретических разработок, защищенные авторскими свидетельствами СССР и НРБ и внедренные в народное хозяйство с большим экономиче­ским эффектом.

Киевский ордена Ленина политехнический институт имени 50-летия Великой Октябрьской социалисти­ческой революции

На правах рукописи

КУЗНЕЦОВ КРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

УДК 621.9.62: 62-229.324

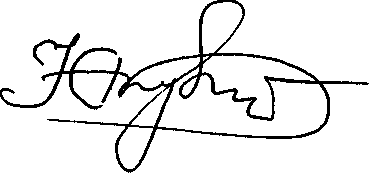
СИНТЕЗ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРУТКОВЫХ АВТОМАТОВ

Специальность 05.03.01. - Процессы и машины обра­ботки материалов резанием; автоматические линии

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора технических

наук



Киев - 1983

- 2 -

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ 5
2. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРУТКОВЫХ АВТОМАТОВ II

2.1. Назначение, область применения и направления развития

ЗМ металлорежущих станков II

* Механизмы зажима и подачи прутка, предъявляемые к ним требования и их основные характеристики 17
* Влияние ЗМ на основные показатели, динамического качества станка, точность и производительность обработки 36
* Современное состояние исследований, методов расчета и проектирования ЗМ прутковых автоматов 42
* Цель и задачи исследований 56

3. ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМАХ...... 58

1. Энергетический баланс и физические модели ЗМ 58
2. Особенности взаимодействия зажимного элемента с деталью.. 62
3. Особенности взаимодействия зажимной цанги со шпинделем

и прутком **

1. Взаимосвязь процессов установки и обработки деталей на прутковом автомате 90

* Влияние параметров заготовки на основные характеристики

ЗМ прутковых автоматов 95

3.6. Динамические и математические модели ЗМ прутковых авто­  
матов Ю8

4. ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЖИМНЫХ  
МЕХАНИЗМОВ ПРУТКОВЫХ АВТОМАТОВ 119

1. Иерархия процесса проектирования ЗМ 119
2. Комплексный показатель качества ЗМ 125
3. Основные соображения по выбору способа зажима и подачи пруткового материала 134

**- з -**

4.4. Принципы стабилизации и регулирования силовых характерис­  
тик ЗМ. Силовые портреты 146

5. СТРУКТУРНО-СХЕМНЫЙ СИНТЕЗ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ 162

1. Особенности структурно-схемно го синтеза ЗМ ^62
2. Дифференциально-морфологический метод структурно-схем­ного синтеза зажимных патронов 171
3. Синтез схем цанговых патронов 182
4. Синтез схем приводов зажима со стабильными или регули­руемыми силовыми характеристиками 196
5. Принципы создания широкодиапазонных ЗМ прутковых авто­матов 205

6. АНАЛИЗ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИМНОГО МЕХАНИЗМА В ПРОЦЕССЕ  
УСТАНОВКИ ПРУТКА 210

1. Характеристики зажимных и подающих цанг 210
2. Анализ передачи сил в цанговых патронах. 222
3. Анализ образования радиальных погрешностей установки деталей в цанговых патронах 249
4. Анализ образования осевых погрешностей установки деталей

в ЗМ прутковых автоматов 260

1. Быстродействие процесса зажима-разжима 273
2. Теоретическое исследование процесса подачи и зажима

прутка 293

6.7. Экспериментальное исследование процесса подачи и зажима  
прутков 311

7. АНАЛИЗ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИМНОГО МЕХАНИЗМА В

ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ 331

1. Схемы образования упругих отжатий в системе П-Д 331
2. Анализ факторов, влияющих на жесткость упругой системы

П-Д 340

- 4 -

1. Теоретическое исследование упругих радиальных отжатий заготовки в цанговых патронах 345
2. Влияние процесса резания на характеристики зажима

деталей в цанговых и кулачковых патронах 358

1. Анализ динамической жесткости системы П-Д 366
2. Экспериментальное исследование статических и динамичес­ких характеристик упругой системы П-Д 374

8. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЗАЖИМНЫХ И ІЮ ДАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ  
ПРУТКОВЫХ АВТОМАТОВ 395

8.1. Задачи параметрического синтеза ЗМ. Основные критерии

и ограничения 395

8.2. Оптимизация параметров и проектировочный расчет

цанговых зажимных патронов 405

8.3. Оптимизация параметров и проектировочный расчет

приводов зажима 424

8.4. Особенности параметрического синтеза МПП .433

9. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВА­  
НИЯ ПРИ СОЗДАНИИ НОВЫХ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ .439

1. Методика проектирования высокоточных и самонастраивающих­ся ЗМ и МПП .439
2. Методы улучшения характеристик ЗМ и МПП .446
3. Применение разработанной теории проектирования и эффек­тивность внедрения новых синтезированных ЗМ и МПП .468

10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .481

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. .486

ПРИЛОЖЕНИЕ .516

5

I. ВВЕДЕНИЕ

Коммунистическая партия Советского Союза и Советское правитель­ство наметили величественную программу развития народного хозяйства нашей страны для создания материально-технической базы коммунистиче­ского общества [1»3] . В соответствии с этой программой первостепен­ная роль принадлежит машиностроению и прежде всего производству ору­дий труда, что предусматривает опережающий рост станкостроения -

СерДЦеВИНЫ ВСеГО МаШИНОСТроеНИЯ^

­­­



­



**6**

**поиска новых технических решений, составляющее в совокупности основы научного конструирования SM, позволяют создать в кратчай­шие сроки и внедрить в промышленность их высокоэффективные конст­рукции. Надежность зажима в отношении обеспечения силы зажима и прочности механизма в настоящее время является только необходимым условием, но уже недостаточным из-за повышения требований к точ­ности, жесткости, широкодиапазонности, быстродействию и долговеч­ности.**

**Среди станков токарной группы, охватывающих свыше 50$ всей механической обработки деталей типа тел вращения [53, 105] # боль­шой удельный вес занимают прутковые автоматы с широко используе­мыми цанговыми ,, ЭЛ (ЦЗМ).**

**К основным недостаткам, онижающим технико-экономические по­казатели прутковых автоматов и ограничивающим их технологические возможности, относятся: I/ нестабильное осевое положение прутка из-за отскока при подаче до упора и оттягивания при зажиме, что вызывает дополнительный расход металла из-за введения вторичной подрезки торца и повышения припусков; 2/ низкая и нестабильная радиальная жесткость одинарного зажима, значительно.; влияющая на образование погрешностей деталей, повышение припусков на последую­щие операции и ограничивающая частоты вращения прутка из-за воз­можности появления вибраций; 3/ низкая долговечность цанг, сни­жающая точность установки и приводящая к существенному перерас­ходу высококачественных сталей; 4/ невозможность обработки деше­вых горячекатаных прутков при геометрическом замыкании в приводе; 5/ большой перерасход энергии при силовом замыкании в гидро/пнев-мо/приводе, снижение быстродействия и долговечности; б/ невозмож­ность встраивания прутковых автоматов с ЧПУ в гибкие станочные системы, работающие по „безлюдной технологии?**

**7**

**Проблема создания высокоточных, широкодиапазонных, энерго-экономичных и быстродействующих ЗМ повышенной долговечности стано­вится все более актуальной из-за постоянного роста требований к производительности, точности и надежности работы оборудования, качеству обрабатываемых изделий, а также из-за необходимости эко­номии энергии и сырья, сокращения расхода металла в стружку, сни­жения металлоемкости выпус|саемых станков; Это требует новых науч­ных обобщений, иного по сравнению с существующим методологического подхода, так как при создании новых станков и их модернизации проектировщику приходится выступать не только в роли конструктора, использующего метод "проб и ошибок" и приспосабливающего известные решения, но и быть одновременно как исследователем, так и изобрета­телем, использующим более эффективные методы поиска новых техниче­ских решений.**

**Несмотря на большой опыт проектирования, изготовления и эксплуатации ЭМ как в Советском Союзе, так и за рубежом, вопросы их оптимального проектирования и расчета до настоящего времени недостаточно разработаны вследствие слабой изученности процессов, происходящих в этих механизмах.**

**Настоящая работа посвящена решению крупной научной проблемы, имеющей большое народнохозяйственное значение, связанной с созда­нием основ теории проектирования высокоточных, широкодиапазонных и быстродействующих Ш, повышающих технико-экономические показа­тели прутковых автоматов и расширяющих их технологические возмож­ности.**

**В работе рассмотрены основные проблемы теории проектирования ЗМ металлорежущих станков, указаны направления их развития, дан анализ влияния SM на основные показатели динамического качества станка, точность и производительность обработки.**

**8**

**Изучены физические явления, протекавдие в ЗМ, дан анализ факторов, влияющих на основные характеристики зажима; вскрыт общий характер образования погрешностей установки и упругих отжатий в системе патрон-деталь.**

**Основное внимание уделено вопросам оптимального проектирова­ния ЗМ с решением задач разной сложности, связанных с выбором принципа зажима, структуры для выбранного принципа, схемы для выб­ранной рациональной структуры и конструкции с лучшими /оптимальны­ми/ параметрами при выбранной схеме. Показано, что процесс опти­мального проектирования ЗМ представляет собой решение многоуров­невых, многоцикличных, многокритериальных и многоэкстремальных задач.**

**В работе доказана возможность единого подхода к постановке, формализации и решению задач анализа и синтеза различных **незави­симо от их схемного и конструктивного исполнения. Для анализа сис­темы ЗМ прутковых автоматов в процессе зажима-разжима и при реза­нии разработаны универсальные динамические и математические модели, подверженные последовательно различным возмущениям и описанные системами дифференциальных уравнений с учетом переменности масс,, нелинейности сил трения, сцепления, жесткости стыков и люфтов.**

**При синтезе новых конструкций ЗМ впервые использован предло­женный автором дифференциально-морфологический метод, представляю­щий развитие и комбинацию известных.**

**Созданные в процессе выполнения работы ЗМ и механизмы подачи прутка **с оптимальными параметрами внещюны в серийное произ­водство на токарно-револьверных станках, одношпиндельних и много­шпиндельных токарных автоматах, применены в ряде эксплуатируемых станков различных моделей при модернизации, получен значительный экономический эффект /свыше 3 млн.руб./.**

**Диссертационная работа выполнена в Киевском политехническом**

9

институте (КПИ), а ряд экспериментальных исследований и производ­ственных испытаний проведен на Киевском станкостроительном произ­водственном объединении (КСПО ), Нердичевском станкозаводе "Комсо­молец", Житомирском заводе станков-автоматов (13СА), кЪнотопском заводе "Красный металлист", Автомобильном производственном объеди­нении "ГАЗ" и др.заводах страны.

Работа является составной частью исследований и разработок, выполненных и выполняемых под руководством автора по договору о межвузовском сотрудничестве между КПИ (УССР) и Габровским Высшим машинно-электротехническим институтом (НРБ ). Созданные совместно со специалистами НРБ конструкции ЗМ внедрены и внедряются на их машиностроительных предприятиях с большим экономическим эффектом.

Основные результаты и методы исследований диссертационной работы используются в учебном процессе кафедры "Металлорежущие станки и инструменты" КПИ, в учебно-методической литературе по курсам "Металлорежущие станки", "Станки с программным управлением',' "Основы научных исследований", "Станки-автоматы", "Основы техни­ческого творчества", читаемым в КШ, МЭИ - Габрово ('НРБ )и др. вузах страны.

Автор защищает:

1. Теоретические основы оптимального структурного, схемного и параметрического синтеза ЭМ прутковых автоматов как последова­тельный процесс решения многоуровневых, многоцикличных, многокри­териальных и многоэкстремальных задач.
2. Единую физическую, динамическую и математическую модели системы £М пруткового автомата как нелинейной динамической систе­мы при последовательном воздействии на объект закрепления различ­ных возмущений со стороны механизмов подачи, закрепления и резания в их взаимосвязи.

10

1. Дифференциально-морфологический метод структурного и схем­ного синтеза ЗМ, представляющий развитие и комбинацию известных эвристических и гибридных методов, и успешно реализованный при синтезе структур и схем зажимных патронов с клиновым передаточно-усилительным звеном.
2. Комплексный безразмерный показатель качества ЗМ; подход

к выбору критериев оптимизации, числа варьируемых параметров, наз­начению и корректировке ограничений на предельные значения варьи­руемых параметров **разработанные аналитические и графоаналити­ческие методы расчета механизмов и поиска оптимальных решений.

1. Найденную связь основных силовых, жесткостных и точност­ных характеристик ЗМ между собой и с величинами отклонения размера поперечного сечения заготовки от размера рабочего отверстия патро­на; аналитические зависимости для расчета сил, жесткости и точнос­ти в ЗМ и МШ прутковых автоматов.
2. Принципы создания новых £М и МШ с улучшенными характерис­тиками: высокоточных, повышенной жесткости, быстродействующих, са­монастраивающихся; с автоматическим регулированием, широкодиапазон­ных и энергоэкономичных.
3. Разработанные и внедренные стандарты на зажимные и подаю­щие цанги, руководящие технические материалы по расчету, конструи­рованию и изготовлению патронов различных конструкций.
4. Схемы и конструкции автоматических £М и МШ, приводов, патронов, цанг и способов их изготовления, созданные в результате теоретических разработок, защищенные авторскими свидетельствами СССР и НРБ и внедренные в народное хозяйство с большим экономиче­ским эффектом.

. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной результат диссертационной работы - решение крупной научной проблемы, имеющей большое народно-хозяйственное значение, связанной с созданием основ теории проектирования высокоточных, широкодиапазонных и быстродействующих ЗМ, повышающих технико-эко­номические показатели прутковых автоматов и расширяющих их техно­логические возможности.

Это позволяет повысить точность и производительность обработ­ки на токарных автоматах заготовок с большими отклонениями диамет­ра (в частности горячекатаных прутков), исключить дополнительные и снизить припуски на последующие токарные и шлифовальные операции, встраивать токарные автоматы с ЧПУ в гибкие станочные системы, сни­зить расход металла и электроэнергии.

Диссертация вносит весомый вклад в решение задач, поставлен­ных перед станкостроением партией и правительством, по совершенст­вованию структуры, повышению технико-экономической эффективности, степени автоматизации и надежности металлорежущих станков.

Новые научные результаты, полученные в диссертации, а также проведенные теоретические и экспериментальные исследования сущест­вующих и созданных принципиально новых автоматических ЗМ прутковых автоматов сводятся в основном к следующему:

1. Определены основные проблемы теории проектирования автома­тических зажимных механизмов (ЗМ), оказывающих существенное влия­ние на показатели динамического качества станка как в процессе за­жима-разжима, так и при резании. Сформулированы основные направле­ния развития ЗМ, принцип надежного зажима, основные требования к ЗМ и показатели их качества.
2. Изучены процессы, протекающие в ЗМ прутковых автоматов, физической моделью которых в состоянии "зажато" является замкну­тая (закрытая или открытая со стороны источника энергии) упруго-

482

напряженная система последовательно соединенных звеньев, получаю­щих энергию извне и преобразующих ее в перемещение зажимных эле­ментов в направлении создания нормальных сил на поверхности кон­такта с деталью, эквивалентных потенциальной энергии их упруго-пластического контактного взаимодействия. Изучено влияние различ­ных факторов на характеристики ЗМ: размеры и свойства заготовки; принцип, структура, схема и конструкция ЗМ; кинематические и ди­намические факторы; взаимодействие с другими механизмами:Показано, что силовой контур зажимного патрона может быть замкнутым (закры­тым или открытым), разомкнутым и комбинированным в плоскости, пер­пендикулярной его оси.

3. Изучен механизм взаимодействия зажимных элементов с дета­лью и получены эмпирические и аналитические зависимости для опре­деления контактных сближений и коэффициентов сцепления между ни­ми при различных соотношениях радиусов кривизны поперечного сече­ния заготовки и зажимного элемента, оказывающих существенное влияние на нестабильность силы зажима. Дан анализ образования радиальных и осевых систематических и случайных погрешностей за­жима с учетом возникающих в процессе установки прутка дополнитель­ных продольных и поперечных сил и неуравновешенных моментов из-за раздельного перемещения зажимных элементов в силовом контуре пат­рона. Получены аналитические зависимости для определения состав­ляющих погрешностей. Выявлен характер образования упругих радиаль­ных и осевых отжатий в системе патрон-деталь консольного исполне­ния, которую предложено приводить в продольном сечении к балке с заделкой в виде упруго-фрикционного шарнира, характеризуемого тре­мя составляющими жесткости (радиальной, поворотной и осевой) и мо­ментом трения в условном шарнире, а в поперечном сечении - к упру­го-фрикционной подвеске, характеризуемой двумя составляющими жест­кости (радиальной и крутильной) и моментом сил сопротивления от сил трения и сцепления в стыках и сопряжениях.

483

1. Сформулированы принципы обеспечения характеристик ЗМ прут­ковых автоматов и созданы теоретические и методологические основы проектирования высокоэффективных ЗМ с учетом взаимодействия процес­сов установки и обработки деталей при рассмотрении процесса проек­тирования как последовательное решение многоуровневых, многоциклич­ных, многокритериальных и многоэкстремальных задач структурного, схемного и параметрического синтеза с анализом процесса зажима-раз­жима и системы патрон-деталь при резании.
2. Разработаны и решены с применением ЭВМ динамические и ма­тематические модели процесса установки и обработки прутка, подвер­женного последовательно различным возмущениям и описанные систе­мой нелинейных дифференциальных уравнений с учетом переменности массы прутка, нелинейности сил трения, сцепления, жесткости и на­личия люфтов в стыках.

Установлено влияние параметров прутка, цанговых ЗМ и МПП на характеристики процесса установки и обработки деталей на прутковых автоматах. Экспериментально исследованы цанговые ЗМ и МПП в процес­се установки и при резании при существующих и синтезированных кон­струкциях приводов и патронов. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований подтвердило достоверность матема­тических моделей и правильность их решения.

6. Разработан и впервые применен дифференциально-морфологиче­  
ский метод структурного и схемного синтеза зажимных патронов,  
представляющий развитие и сочетание известных, включающий специа­  
лизированный эвристический прием расчленения цельного зажимного  
элемента с последующим дифференцированием и интегрированием функ­  
ций отдельных его частей и поверхностей, морфологический анализ  
элементов структуры и связей между ними с оптимизацией полученных  
комбинаций и выбором наилучшей.

Показано, что создание оптимальных ЗМ с точки зрения переда-

484

чи сил, жесткости, точности, быстродействия, широкодиапазонности

и компактности требует выбора направления силовых потоков, места расположения и способа замыкания системы привода и патрона, пред­ставляющих собой замкнутые или разомкнутые контуры, сокращения кинематических цепей и введения обратных связей. Предложены син­тезированные принципиально новые высокоточные быстродействующие, самонастраивающиеся, широкодиапазонные и автоматически регулируе­мые ЗМ и МПП.

Созданы конструкции автоматических ЗМ, приводов, патронов, цанг и способов их изготовления, защищенные около 100 авторскими свидетельствами СССР и НРБ на изобретения и внедренные на многих предприятиях с суммарным экономическим эффектом по удостоверенным актам свыше 3 млн.руб. среди которых КСПО, бердичевский станкоза­вод "Комсомолец", ЖЗСА, АПО, "ГАЗ", инструментальный завод "Боль­шевик" СГаброво) и др.

7. Разработан графо-аналитический метод расчета силовых ха­рактеристик ЗМ с построением в плоскости или пространстве его си­лового портрета, который также служит одним из инструментов поис­ка новых ЗМ по заданным характеристикам звеньев и позволяет наме­тить пути регулирования этих характеристик.

Разработаны методы расчета оптимальных параметров цанговых ЗМ и МПП по частным и комплексному показателю качества, а также выве­дены формулы для расчета их основных характеристик. Методы расчета имеют общий характер, ориентированы на наиболее распространенные ЗМ и приспособления, применимы для других функциональных механиз­мов.

Методики расчета в виде руководящих технических материалов (РМ0І-РМ04) и программ для решения задач анализа и синтеза на ЭВМ использованы при проектировании новых ЗМ и МПП токарных одно- и многошпиндельных автоматов, револьверных и других металлорежущих станков, а также при создании Государственных стандартов СССР

485

(ГОСТ 2876-80 и 2877-80 "Цанги зажимные подающие. Основные и присо­единительные размеры").

1. Предложены практические рекомендации по повышению к.п.д., жесткости, точности, широкодиапазонности, быстродействию и долго­вечности ЗМ и МПП при стабилизации характеристик независимо от внешних возмущений, вызванных переменностью масс и размеров прутка, колебанием сил резания, наличием центробежных сил неуравновешенных частей,и т.д. Разработаны мероприятия по повышению качества изгото­вления, сборки и регулировки ЗМ, созданы приборы для измерения сил зажима и диагностики ЗМ. Разработана типовая методика эксперимен­тальной комплексной проверки ЗМ и МПП в лабораторных и производст­венных условиях.
2. Подготовлена информационная база и созданы реальные предпо­сылки для автоматизированного проектирования ЗМ. Работы в этом на­правлении и по другим ведутся под руководством автора по договору

о межвузовском сотрудничестве между Киевским политехническим инс­титутом (УССР) и Габровским Высшим машинно-электротехническим инс­титутом (НРБ) по теме: "Разработка, исследование, синтез и техноло­гия изготовления цанговых зажимных и подающих механизмов с опти­мальными параметрами".

10. Основные результаты и методы исследований диссертационной  
работы используются в учебном процессе кафедры "Металлорежущие  
станки и инструменты", в учебно\*«методической литературе по курсам  
"Металлорежущие станки", "Основы научных исследований", "Станки-  
автоматы", "Динамика станков", "Основы технического творчества",  
читаемым в КПИ и его филиалах, ВМЭИ-Габрово (НРБ) и др.вузах страны.

Работа является обобщением и завершением исследований, прове­денных автором и входящих в планы Государственного Комитета СССР по стандартам, Северо-Западного научного центра АН УССР, Минстанко-прома и др. министерств.