М 112 283

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

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПУБЛИЧНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

На правах рукописи

МИКИТЯНСКАЯ Людмила Михайловна

УДК 621.9.07: 531.3.001.2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ РАЦИОНАЛЬНЫМ ВЫБОРОМ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва - 1984

Работа выполнена во Фрунзенском политехническом институте.

Научный руководитель – Заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук, профессор
КОРСАКОВ В.С.

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор
КАМИНСКАЯ В.В.

– кандидат технических наук,
доцент ШАТИЛОВ А.А.

Ведущее предприятие – указано в решении специализированного Совета

Защита состоится " " ..... 1984г. на заседании специализированного Совета К053.15.15 в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-ая Бауманская, 5.

С диссертацией можно ознаком
им. Н.Э.Баумана.

Ваши отзывы на автореферат
чатью просим направлять по указа

Автореферат разослан "

Ученый секретарь Сове
кандидат технических наук, д

Зак.368 л.82881 от 2.03.84
Объем 1 п.л. Типография М

М 41226

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" большие задачи поставлены перед машиностроением по широкому внедрению прогрессивной техники и технологии. Эти задачи могут быть успешно выполнены только при высокоорганизованной технологической системе подготовки и производства машин. Технологическая система включает использование многообразной станочной оснастки, в которой приспособления занимают одно из ведущих мест. Затраты на проектирование, изготовление и эксплуатацию станочных приспособлений (СП) составляют до 20% от стоимости оборудования в машиностроении. Степень совершенства СП прямо влияет на скорость освоения новых видов продукции, изготовления новых высококачественных машин, повышения технологической культуры производства, точности и производительности механической обработки.

Повышение быстроходности станков, требований к точности и производительности обработки увеличивает роль динамических явлений в технологической системе.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями советских и зарубежных ученых установлено, что колебания при резании существенно влияют на качество обработки, степень и глубину наклепа поверхностного слоя, на стойкость режущего инструмента, существенно изменяют нагрузки в системе; снижают производительность обработки, ограничивая предельные режимы резания.

Анализ существующих технологических процессов, а также обзор современной научной литературы показали, что СП, являясь неотъемлемой частью любого технологического процесса, в то же время представляют собой автономные конструкции, имеющие собственные характеристики, в том числе и динамические, влияющие на качество и производительность механической обработки.

Современные методы проектирования СП не содержат рекомендаций по выбору и оценки влияния массы приспособления, собственных частот колебаний, жесткости и диссипативных свойств, которые активно воздействуют на устойчивость системы. Обоснованное назначение указанных параметров при конструировании СП приведет к снижению колебаний технологической системы, повышению производительности и качества обработки, снижению износа и поломок режущего инструмента и других вредных проявлений вибраций. При-

М412283
НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1412283
Микитянская Л.М.Обеспечен
МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

менение СП с расчетными динамическими характеристиками позволит сократить затраты на доработку их конструкций, которые в настоящее время составляют в среднем до 100% от времени проектирования. В связи с этим, вопросы расчета и назначения рациональных динамических характеристик СП и оценки их влияния на качество и производительность обработки представляют важную и актуальную проблему машиностроения.

Цель работы. Обеспечение точности и повышение производительности обработки рациональным выбором динамических параметров СП на основании специально разработанных методик и рекомендаций по их конструированию на примере операций торцевого фрезерования.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения, теории точности, теории колебаний и динамики станков с помощью специально разработанных программ для ЭВМ. Экспериментальные исследования выполнялись на лабораторном стенде и в производственных условиях на вертикально-фрезерных станках с применением виброизмерительной аппаратуры и современных контрольно-измерительных приборов. Исследования включали анализ колебаний технологической системы при торцевом фрезеровании при использовании различных приспособлений (специальных и собранных из элементов УСП), измерения их динамических характеристик, сил трения в зажимных устройствах, оценку влияния амплитуд колебаний на шероховатость и режимные параметры обработки. Исследования проводились на основе методов планирования многофакторных экспериментов с последующей обработкой результатов методами математической статистики и с помощью ЭВМ.

Научная новизна. В результате теоретических и экспериментальных исследований доказана необходимость выбора динамических параметров приспособлений, исходя из динамики процесса обработки. Вскрыты связи и установлены закономерности влияния динамических параметров СП на характеристики технологической системы при достижении точности и производительности обработки. Разработаны методики и программы для ЭВМ анализа влияния параметров СП на динамику технологической системы. Получены зависимости влияния колебаний на качество обработки, на изменение сил трения в стыках и появления дополнительных погрешностей обработки при использовании различных СП. Разработаны уточнения к методике конструирования СП с учетом их динамических характеристик и динамики про-

цесса торцевого фрезерования.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Настоящая работа является продолжением работ по теории конструирования СП, основы которой заложены в трудах профессора В.С.Корсакова, проводимых на кафедре технологии механосборочного производства МВТУ им.Н.Э.Баумана. Результаты выполненных исследований содержат: практические рекомендации по уточнению структуры этапов конструирования СП, расчеты собственных динамических характеристик элементов СП и их компоновок, методику расчетов дополнительных погрешностей обработки, уточнение расчетных сил закрепления заготовок, а также методы укрупненного выбора основных динамических параметров (собственных частот, жесткости, массы приспособления). По материалам исследований разработаны руководящие технические материалы (РТМ), предназначенные для конструкторско-технологических организаций, проектирующих технологическую оснастку. Основные результаты работы реализованы на ряде предприятий машиностроения. Так, при внедрении РТМ по разработке и проектированию СП на машиностроительных заводах и НИИПТМАШ (г.Краматорск) получен экономический эффект более 40 тыс.рублей, Разработанные методические основы динамического расчета способствуют совершенствованию содержания учебного курса "Проектирование приспособлений".

Апробация работы. Основные разделы работы докладывались на научных семинарах кафедры технологии механосборочного производства МВТУ им.Н.Э.Баумана, на научно-техническом Совета механико-машиностроительного факультета ФПИ, на технических Советах ряда заводов (г.Фрунзе), на всесоюзных и республиканских научно-технических конференциях: на Всесоюзной научно-технической конференции "Жесткость машиностроительных конструкций", г.Брянск, 1976 г.; на Всесоюзной научно-технической конференции "Технологические методы повышения качества машин", г.Фрунзе, 1978 г.; на Всесоюзной конференции "Контактная жесткость в приборостроении", г.Рига, 1979 г.; на Всесоюзном совещании "Технологическое управление качеством обработки и эксплуатационными свойствами деталей машин", г.Киев, 1980 г.; на Всесоюзной конференции "Проблемные вопросы автоматизации производства", г.Краснодар, 1982г.; на Всесоюзной конференции "Технологическое управление триботехническими характеристиками узлов машин", г.Севастополь, 1983 г.

Публикации. Материалы диссертации отражены в 34 печатных ра-

ботах и в 4-х научных отчетах.

Объем работы. Диссертация изложена на 150 страницах машинописного текста, включающих введение, пять глав, выводы по главам, общие выводы и приложение. Содержит 74 рисунка, 67 таблиц и список литературы из 102 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована ее цель.

В первой главе проведен анализ литературных источников, отражающих современное состояние вопроса проектирования СП, влияние колебаний в технологической системе и роль приспособлений на показатели качества и производительности, сформулированы цель и задачи исследования. Благодаря работам советских ученых А.П.Соколовского, Н.И.Камирина, В.С.Корсакова, Д.Н.Решетова, А.С.Проникова, А.М.Дальского, В.А.Кудинова, В.В.Каминской, В.Н.Подураева, С.Л.Мурашкина и ряда зарубежных ученых сложилось научное направление, изучающее колебания в технологических системах при различных видах обработки. Успешно решаются вопросы влияния на динамику процесса режимов резания, инструмента, физико-механических свойств обрабатываемых материалов. Большое внимание уделяется оценке конструктивных элементов отдельных узлов станка на виброустойчивость.

В то же время станочное приспособление, являющееся одним из элементов технологической системы, в большинстве работ по динамике не принимается во внимание. Испытания фрезерных станков на виброустойчивость производят при закреплении заготовки на столе станка без приспособления, хотя известно, что фрезерные операции в производстве оснащены на 80-90% различными СП. Поэтому реально ожидать, что область допустимых режимов резания, ограниченных устойчивостью системы, при использовании приспособлений будет отличной от значений, полученных при таких испытаниях.

На важность учета динамических явлений при проектировании СП неоднократно указывалось в трудах проф.В.С.Корсакова. Существенность влияния СП на динамическое поведение технологической системы подтверждается рядом работ: для расточных станков - исследованиями, выполненными под руководством проф.А.С.Проникова; для токарных станков и обрабатывающих центров - работами ЭНИМС;

влияние магнитных приспособлений рассмотрено в работах, выполненных в ЛПИ. Вопрос о влиянии колебаний на эксплуатационные свойства систем типа УСП исследовался в работах проф.Н.М.Капустина и его учеников, динамические явления в СП затрагивались в работах М.Ф.Сухова, Р.К.Мещерякова, Г.Н.Мельникова, В.И.Дударева, выполненных в разное время на кафедре механосборочного производства МВТУ им.Н.Э.Баумана.

Актуальность рассматриваемой проблемы подтверждается рядом исследований эффективности учета влияния приспособлений на характеристики процесса механической обработки.

На основании статистических материалов по эксплуатации, непосредственных производственных наблюдений и базируясь на современных представлениях теории точности, трения и теории контактного взаимодействия выдвигается гипотеза о влиянии динамических параметров приспособлений на результаты обработки и необходимости выбора параметров СП, исходя из динамики процесса. В связи с этим возникает необходимость уточнения ряда этапов конструирования СП и разработки методов реализации расчетных динамических параметров при проектных работах.

Исследования выполнены на примере торцевого фрезерования, так как фрезерные операции составляют до 30% всех типов механической обработки, а торцевое фрезерование является одним из самых производительных видов обработки плоскостей с весьма интенсивным характером динамических явлений.

Предварительные эксперименты на специальном приспособлении переменной жесткости показали, что при жесткости приспособления, соизмеримой с жесткостью станка и ниже, устойчивость технологической системы определяется в первую очередь параметрами СП. Построенные производственные характеристики вертикально-фрезерного станка 6С12П и дополненные кривыми устойчивости системы выявили, что наибольшее влияние на производительность при торцевом фрезеровании при достижении предельной глубины резания оказывают ограничения по устойчивости системы, во многом зависящие от параметров СП.

Проведенный обзор исследований по рассматриваемой проблеме и предварительный эксперимент позволили сформулировать задачи исследования:

I. Теоретически оценить влияние СП на колебания технологи-

ческой системы, точность и производительность обработки при торцевом фрезеровании.

2. Экспериментально подтвердить теоретические положения и определить точностные и качественные зависимости процесса торцевого фрезерования от динамических параметров СП.

3. Исследовать влияние динамических явлений на точность обработки и надежность закрепления заготовок, внести соответствующие уточнения в методику конструирования СП.

4. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработать методики, алгоритмы и программы для ЭВМ расчетов динамических параметров СП.

5. Разработать практические рекомендации по конструированию СП с учетом их динамических параметров и оценить экономическую эффективность предложенных методик.

Во второй главе приведены результаты теоретических исследований, которые позволили вскрыть влияние и дать количественную оценку связи динамических параметров приспособлений с упругой динамической системой фрезерного станка.

Реальная технологическая система является нелинейной, с большим числом степеней свободы системой, исследование которой в процессе резания представляет чрезвычайно сложную задачу. Поэтому такие динамические системы заменяют упрощенными расчетными моделями, поведение которых описывается системой дифференциальных уравнений 2-го порядка. Априорная расчетная модель технологической системы вертикально-фрезерного станка с учетом принятых допущений и рекомендаций включает основные узлы упругой системы станка и приспособления.

Для уточнения принятой расчетной модели экспериментально определены параметры колебательных контуров основных узлов станка и группы исследуемых приспособлений. Частоты собственных колебаний и логарифмические декременты определялись по виброграммам затухающих колебаний, вызванных импульсными возмущениями. Результаты измерения показали, что определяющим поведение динамической системы вертикально-фрезерного станка, при устойчивости шпиндельного узла, являются колебания консольной группы, куда входит приспособление. На основании этого принята расчетная модель системы: заготовка - приспособление - стол - салазки - консоль по осям X, Y, Z.

Оценка влияния каждого колебательного контура проведена по коэффициентам чувствительности и динамической податливости. Разработан алгоритм анализа модели технологической системы по динамическим параметрам с n степеням свободы, позволяющий исследовать системы по собственным характеристикам, при возмущениях от процесса резания и при вариациях параметров СП. Численные результаты анализа, полученные на ЭВМ для группы приспособлений с различными характеристиками, показали в большинстве случаев существенное влияние колебательного контура СП. Общая методика теоретического анализа системы представлена в табл. I. Данная методика позволяет рассматривать технологическую систему в виде 2-х подсистем: неварьируемой (станок) и варьируемой - технологические наладки (приспособления), что дает возможность конструктору выявлять наиболее эффективные пути изменений в конструкции СП для минимизации амплитуд колебаний выходной координаты. Минимизация может быть достигнута варьированием параметров СП. Для реализации методики разработана программа ФОРТРАН-IУ для ЭВМ единой серии.

С целью инженерного укрупненного расчета масс и жесткости приспособления на этапе принятия компоновочных решений разработана методика их выбора с использованием анализа размерностей, которая позволяет описать процесс в обобщенных переменных, построить соответствующие номограммы и охватить весь диапазон характерных соотношений масс и жесткостей приспособлений и фрезерных станков средней серии.

Для нахождения обобщенных переменных π_j предложена общая формула в зависимости от параметров процесса P_i :

$$\pi_j = \frac{P_{n+j}}{\prod_{i=1}^{n} P_i^{D_{[i+n(j-1)]}/D_0}},$$

где D - определители системы; j - порядковый номер обобщенной переменной; i - порядок базисного параметра.
Разработан алгоритм получения безразмерных переменных для ускоренного нахождения их с помощью ЭВМ.

<u>В третьей главе</u> решалась задача экспериментального определения абсолютных и относительных колебаний заготовки в процессе торцевого фрезерования, динамических характеристик исследуемых приспособлений и экспериментального выявления влияния приспособ-

Таблица I. Алгоритм анализа технологической системы по динамическим параметрам

I. Анализ системы по собственным характеристикам	II. Анализ системы при резании	III. Анализ системы при вариациях параметров приспособления
1. Составление матриц масс и коэффициентов жесткости узлов технологической системы $[M_j]$, $[K_j]$	1. Расчет возмущающих воздействий процесса резания: P, ω – частота и амплитуда возмущения, $[M]\{\ddot{x}\} + [K]\{x\} = P\sin\omega t$	1. Выбор интервалов варьирования параметров приспособления при выборе его компоновки ΔM_j ; ΔK_j
2. Уравнение движения собственных колебаний системы $[M]\{\ddot{x}\} + [K]\{x\} = 0$ $\{\omega_i\}$, $\{\Phi_{ij}\}$	2. Расчет коэффициентов динамической податливости системы $\beta = \frac{\text{Реакция системы}}{\text{Возмущающее воздействие}}$	2. Расчет динамических характеристик системы при вариациях параметров $\omega^*_{i_M} = \omega_i + \left\{\frac{\partial\omega_i}{\partial M_j}\right\}^T \cdot \{\Delta M_j\}$ $\omega^*_{i_K} = \omega_i + \left\{\frac{\partial\omega_i}{\partial K_j}\right\}^T \cdot \{\Delta K_j\}$
3. Расчет скорости изменения собственных частот и векторов по параметрам масс $\frac{\partial\omega_i}{\partial M_j}$; $\frac{\partial\Phi_{ij}}{\partial M_j}$	3. Расчет выходной динамической характеристики $x = \beta \cdot P\sin\omega t$	3. Расчет значений β при изменении конструктивных параметров приспособления $\beta^*_M = \beta_M + \left\{\frac{\partial\beta}{\partial M_j}\right\}^T \cdot \{\Delta M_j\}$ $\beta^*_K = \beta_K + \left\{\frac{\partial\beta}{\partial K_j}\right\}^T \cdot \{\Delta K_j\}$
4. Расчет чувствительности собственных частот и векторов к изменению жесткости узлов $\frac{\partial\omega_i}{\partial K_j}$; $\frac{\partial\Phi_{ij}}{\partial K_j}$	4. Расчет скорости изменения коэффициентов динамической податливости по параметрам системы $\frac{\partial\beta}{\partial M_j}$; $\frac{\partial\beta}{\partial K_j}$	
5. Оценка влияния массы и жесткости узлов на собственные частоты и векторы системы	5. Оценка влияния параметров системы на коэффициенты динамической податливости	4. Расчет выходных динамических характеристик новой системы

лений на предельные режимы фрезерования и качество обработки. Исследованию подвергались СП двух групп: специальные производственные приспособления, имеющие стандартные корпусные, установочные и зажимные элементы и экспериментальные приспособления из элементов УСП. Всего обследовано 7 специальных и 9 компоновок УСП.

Жесткость приспособлений определялась статическим методом по известным методикам: по графикам "нагружение-разгружение" определены коэффициенты жесткости по осям координат и коэффициенты взаимного влияния (матрицы жесткости). Коэффициенты жесткости рассчитаны по методу наименьших квадратов. Показано, что матричные значения жесткости приспособлений могут при заданной точности обработки регламентировать предельную глубину фрезерования.

Для выявления специфических особенностей демпфирования в стыках приспособлений, характеризующихся высокими удельными давлениями, спланирован и проведен многофакторный эксперимент. На основании результатов получены корреляционные зависимости для определения логарифмического декремента колебаний θ в функции удельного давления q и номинальной площади контакта S для стандартных опорно-установочных элементов фрезерных приспособлений: для открытого стыка (установка на опоры и пластины)

$$\theta_1 = S^{0,076} \cdot q^{0,044 - 0,02 \ln S} / e^{1,58},$$

для полузакрытого стыка (установка в тисках, на призмы, в патронах)

$$\theta_2 = S^{0,072} \cdot q^{0,05 - 0,01 \ln S} / e^{1,32}.$$

Сделано предложение по увеличению диссипативных свойств СП выполнением на стыкуемых поверхностях регулярного микрорельефа, увеличивающего площадь контакта и снижающего удельные давления. Экспериментальная проверка показала изменение логарифмического декремента в таких стыках от 0,2 до 0,5.

Для исследований СП непосредственно в процессе фрезерования на базе широкоуниверсального фрезерного станка 675П повышенной точности создана установка, оснащенная комплектом виброизмерительной аппаратуры фирмы RFT (ГДР). Абсолютные колебания регистрировались с помощью пьезопреобразователей КД-35 через усилитель SM 24I и самописцы типа H 338, осциллограф H700. Относительные колебания шпинделя и приспособления - с помощью индуктивного бесконтактного датчика ИМ I02 и усилительно-питающего устройства UMB

III. Анализ результатов вынужденных колебаний при фрезерова-

нии показал, что наиболее интенсивные колебания происходят с круговой частотой, зависящей от количества зубьев фрезы, при этом также зарегистрированы колебания с частотой вращения и собственными частотами. Отмечено резкое возрастание отношения амплитуд колебаний при резании к холостому ходу при изменении глубины фрезерования в пределах 3-5 мм, что может характеризовать предельную глубину резания. Зарегистрированный диапазон частот возмущения при фрезеровании составляет от 5 до 600 Гц.

Эксперименты с различными СП показали, что на уровень колебаний холостого хода приспособление не оказывает существенного влияния. При фрезеровании амплитуда колебаний приспособления отлична от колебаний стола станка. Отмечается общая тенденция роста амплитуд колебаний с увеличением подачи и глубины фрезерования. Наиболее интенсивные колебания происходят с частотами вращения и круговой, связанной с числом зубьев фрезы. Отмечается рост шероховатости поверхности обработки с увеличением амплитуд колебаний; изменение режимных параметров вызывает изменение шероховатости в соответствии с общепризнанными представлениями: с ростом подачи и глубины фрезерования R_z увеличивается, изменение скорости вращения оказывает сложное влияние. Для получения расчетной зависимости шероховатости от характеристик СП спланирован и проведен специальный эксперимент, регрессионный анализ результатов которого позволил получить зависимости R_z от режимов резания и низшей собственной частоты приспособления.

Экспериментальные измерения шероховатости обработанной поверхности с помощью профилографа-профилометра 201 завода "Калибр" подтвердили возможность использования полученной зависимости с ошибкой до 15%.

Экспериментально подтверждено влияние динамических параметров СП на допустимые режимы торцевого фрезерования. Проведена специальная серия опытов, в которой фиксировались амплитуды колебаний, предельная глубина резания и подача при использовании различных СП. Результаты позволили установить области устойчивого фрезерования в зависимости от параметров СП и соответствующие предельные режимы обработки.

Четвертая глава посвящена исследованиям влияния колебаний в технологической системе на условия закрепления заготовок при обработке и уточнению методики расчета сил зажима.

При расчетах сил закрепления заготовок обычно не учитывают

вибрации в системе. Особо следует отметить отсутствие исследований по влиянию вибраций на затянутые стыки с большими удельными давлениями, характерными для стыков СП. Отсутствие знания действительных сил трения компенсируется коэффициентами запаса, доходящими до 10, что вызывает дополнительные деформации заготовки и приспособления, увеличивает расход энергии и утяжеляет конструкцию.

В работе проведены исследования влияния вибраций на изменение сил трения в затянутых неподвижных стыках при различных соотношениях частот, амплитуд и направлений колебаний. Исследовались стыки между заготовкой и опорой, заготовкой и зажимными элементами, то есть стыки, сила трения в которых определяет положение заготовки при обработке. В экспериментах зафиксировано уменьшение сил трения до 50% при определенных сочетаниях параметров вибраций и характеристик стыков.

Обработка результатов экспериментов позволила определить средние значения эффективных коэффициентов трения для стандартных опорных и зажимных элементов в зависимости от частотных параметров и качества стыкуемых поверхностей. Полученные численные значения, сведенные в таблицы для типовых стыков, позволяют конструктору использовать эти данные при расчетах сил закрепления. На основании теории предварительного смещения и физической сущности явлений, происходящих в стыках при колебаниях, получены зависимости для расчетного определения падения сил трения при одновременном воздействии на стык нормальных и тангенциальных колебаний:

$$\frac{F_{вин}}{F_{ст}} = \frac{1}{\pi}\left[\int_0^{\pi}(\bar{R}-\bar{y}\cos\varphi)\,d\varphi - \bar{R}\bar{y}\int_0^{\pi}\sin 2\varphi\,d\varphi + \bar{R}\bar{y}^2\int_0^{\pi}\cos^2\varphi\cdot\sin\varphi\,d\varphi\right],$$

где $F_{вин}/F_{ст}$ – отношение сил трения при вибрациях к силе трения покоя; $\bar{R} = R_1/R$ – относительный радиус зоны проскальзывания в стыке; $\bar{y} = y_0/R$ – относительная амплитуда колебаний; φ – фазовый угол, зависящий от круговой частоты колебаний.
Для инженерных расчетов результаты представлены в виде номограмм.

Проверка на вибростенде падения сил трения при нормальных колебаниях относительно расчетных показала, что ошибка лежит в пределах 15–20%.

В пятой главе изложены результаты анализа влияния колебаний системы и параметров СП на появление дополнительных погрешностей обработки. Разработаны рекомендации по уточнению методики

конструирования приспособлений.

Применяя расчетно-аналитический метод анализа точности, в работе исследуется влияние динамики процесса фрезерования и динамических характеристик приспособления на отдельные составляющие погрешности обработки.

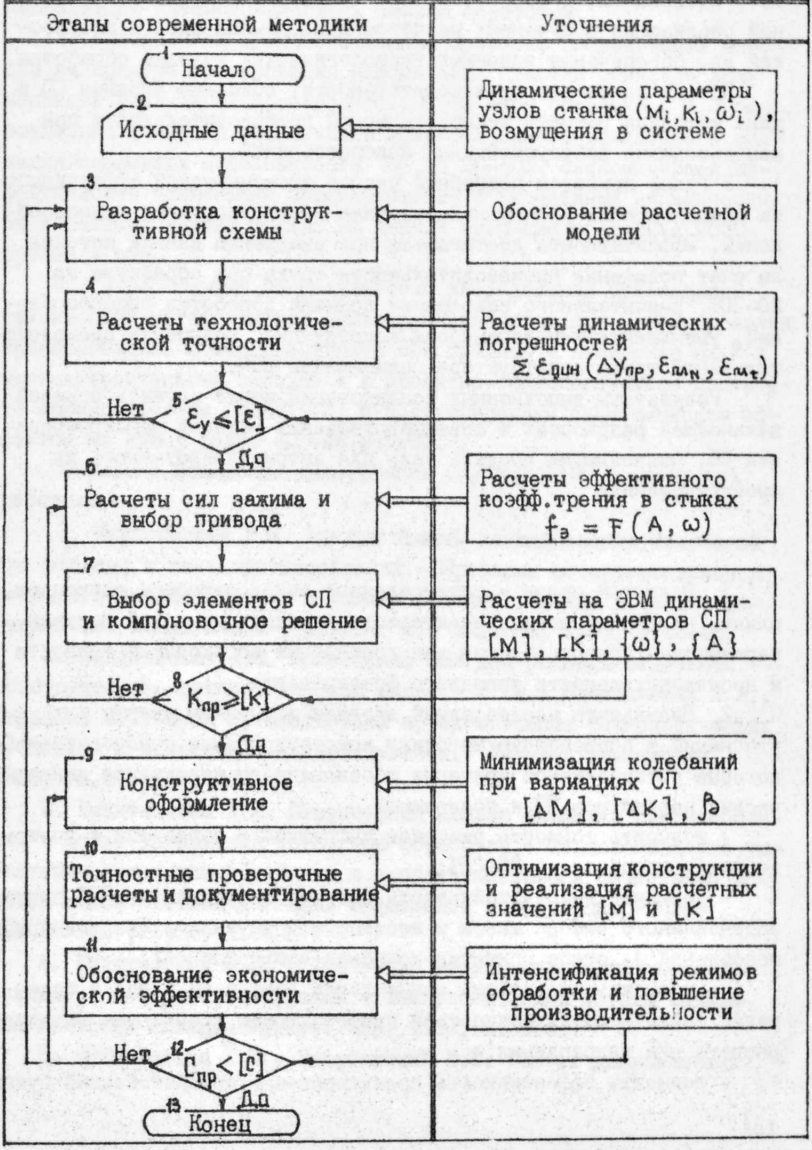
Предложено уточнение состава одной из важнейших погрешностей обработки - погрешности, связанной с деформацией технологической системы. В ее состав дополнительно включены погрешности, вызванные колебательным процессом и связанные с упругими деформациями приспособления под действием сил резания при фрезеровании ($\Delta y_{пр}$).

Исследована составляющая погрешности, вызванная пластическими деформациями в стыках "опора-заготовка" под действием колебаний и связанная с длительностью обработки ($\varepsilon_{пл}$). В основу расчета этой погрешности положены исследования поведения стыка при колебаниях и теория упруго-пластического контактирования в условиях предварительного смещения. Экспериментально на вибростенде получены величины пластических деформаций для характерных стыков СП, зависящие от материала заготовки, удельных давлений, параметров и продолжительности колебательного процесса. Расчеты величин пластических деформаций при торцевом фрезеровании показали, что погрешности, вызванные этими деформациями, могут достигать 10-12% от суммарной погрешности обработки.

Для оценки значимости динамических погрешностей, связанных с приспособлением, выполнен расчет и экспериментальная проверка его. Рассматривались операции чернового и чистового фрезерования плоскостей специальных пласти при использовании заводского и расчетного приспособлений. Анализ расчетов показал, что суммарная погрешность, зависящая от приспособления, составляет до 40% при черновой и до 60% при чистовой обработке. При этом применение приспособления с расчетными динамическими параметрами позволило повысить достигаемую точность на 2 квалитета при черновом и на I квалитет при чистовом фрезеровании и повысить качество поверхности обработки за счет снижения параметра R_z на 30-40%.

Исследования, выполненные по изучению динамических характеристик СП, позволили внести ряд уточнений в общую методику их конструирования (табл.2). В работе показаны примеры конструирования различных специальных приспособлений по этапам, с включением в каждый этап соответствующих уточнений, касающихся динами-

Таблица 2. Укрупненный алгоритм конструирования СП и разработанные уточнения



ки СП. Для основных стандартных элементов СП и типовых компоновок разработаны рекомендации по определению собственных частот, коэффициентов жесткости, сил зажима, а также конструктивной реализации полученных расчетом приведенных масс и жесткостей для обеспечения заданных технологических условий обработки.

Исходя из теории производительности, показано влияние СП и дана методика расчета технологической производительности при использовании виброустойчивых приспособлений.

В главе приведен подробный расчет экономической эффективности при внедрении уточненной методики конструирования приспособлений. Эффективность достигается при внедрении данных методик за счет повышения производительности труда при обработке на 20-30%, значительного сокращения времени доработки приспособлений, уменьшения металлоемкости конструкций, повышения производительности труда конструктора применением ЭВМ.

Результаты выполненных исследований могут служить основой дальнейшей разработки и совершенствования методов конструирования СП, позволяющих создать базу для автоматизированного их проектирования.

В Ы В О Д Ы

1. Вскрытые связи и установленные закономерности позволяют влиять на динамические характеристики технологической системы параметрами приспособления для достижения необходимой точности и производительности торцевого фрезерования.

2. Результаты исследований сделали возможным внести ряд уточнений в современную методику конструирования приспособлений, которые устанавливают критерии обоснованного назначения динамических параметров СП и позволяют:

- повысить точность расчетов погрешности обработки с учетом динамики процесса до 20-25%;
- повысить виброустойчивость системы в среднем до 30% путем обоснованного выбора массы и жесткости корпусных элементов приспособлений на этапе принятия компоновочных решений;
- повысить надежность закрепления заготовки в два и более раза, снизить металлоемкость и энергозатраты уточнением методики расчета сил закрепления;
- повысить эффективность проектирования приспособлений путем

сокращения или полного исключения последующего этапа доработки;

- повысить производительность в среднем в I,3 раза при торцевом фрезеровании путем обоснованного выбора параметров СП, позволяющих интенсифицировать режимы обработки.

3. Выполненная производственная проверка предлагаемых методик на примере фрезерования специальных пластин показала возможность увеличения производительности этой операции в I,3 раза, повышения точности обработки в пределах одного квалитета и снижения параметра шероховатости R_z до 30-40%. Экономическая эффективность применения приспособления с расчетными динамическими характеристиками только на данной операции составила 9880 рублей в год.

4. Разработанные по результатам исследования руководящие технические материалы для инженерных расчетов при проектировании приспособлений с использованием ЭВМ приняты к внедрению на 2-х машиностроительных заводах и в проектно-технологическом институте машиностроения (НИИПТМАШ) с подтвержденным экономическим эффектом на сумму более 40 тыс.рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

I. Микитянская Л.М. Анализ причин возникновения колебаний при резании и роль приспособлений.- Проблемы совершенствования технологической оснастки в машиностроении: Тезисы докладов региональной конференции - Фрунзе: НТО Машпром, 1981, с.43-46.

2. Микитянская Л.М. Применение ЭВМ для решения отдельных конструкторско-технологических задач.- В кн.: Микитянский В.В., Сарбанов С.Т. Пути автоматизации проектирования технологических процессов и оснастки в машиностроении.- Фрунзе: Кыргызстан, 1983, гл.6, с.165-202.

3. Микитянская Л.М. Структурный анализ динамики приспособлений с целью управления точностью обработки.- Технологическое управление качеством обработки и эксплуатационными свойствами деталей машин: Тезисы докладов Всесоюзной конференции - Киев: ИСМ АН УССР, 1980, с.84-87.

4. Микитянская Л.М. Структурные модели приспособления: обоснование и методика построения.- Технологические методы повышения качества машин.- Фрунзе: ФПИ, 1981, с.26-41.

5. Микитянская Л.М., Микитянский В.В. Расчет динамических

параметров станочных приспособлений методом комплексных сопротивлений.- Известия ВУЗов. Машиностроение, 1981, № 7, с.140-143.

6. Микитянская Л.М., Микитянский В.В. Структурный анализ точности станочных приспособлений.- Известия ВУЗов. Машиностроение, 1981, № 3, с.137-140.

7. Микитянская Л.М., Микитянский В.В. Теоретические предпосылки оптимизации приспособлений по точностным параметрам.- Теория и методы автоматизации проектирования.- Минск: АН БССР, 1981, с.36-45.

8. Микитянская Л.М., Микитянский В.В. Методика применения анализа размерностей при исследовании динамических систем приспособлений с помощью ЭВМ.- Автоматизация проектирования в машиностроении.- Минск: АН БССР, 1983, вып.3, с.35-48.

9. Микитянская Л.М. Расчеты массы приспособления методом размерностей.- Обеспечение точности и производительности технологических процессов.- Фрунзе: ФПИ, 1983, с.15-26.

10. Микитянская Л.М. Влияние колебаний на условия трения в зажимных устройствах станочных приспособлений.- Проектирование и эксплуатация узлов трения в машиностроении: Тезисы Всесоюзной конференции.- М.: ВСНТО, 1983, с.35-36.

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА