

статистических моделях [1,3,4]. Для решения возникающих при этом некорректных обратных задач использовали статистическую регуляризацию [5] и методы максимума энтропии [6,7].

#### Библиографический список

1. Баракат Р., Даллас У., Фриден Б. и др. Компьютеры в оптических исследованиях.-М.:Мир, 1983. 488 с.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений.-М.:Мир, 1982. Ч.1,2.
3. Террайен Ч.У., Куатьери Т.Ф., Даджон Д.Е. Алгоритм анализ изображений, основанные на статистических моделях //ТМИЭР. 1986. Т.74. № 4. С.4-25.
4. Макклелан Дж.Х. Многомерный спектральный анализ //ТМИЭР. 1982. Т.70. № 9. С.139-152.
5. Грачев И.Д., Салахов М.Х., Фишман И.С. Статистическая регуляризация при обработке эксперимента в прикладной спектроскопии; Изд-во Казанского ун-та, Казань, 1986.-187 с.
6. Джейнс Э.Т. О логическом обосновании методов максимальной энтропии//ТМИЭР. 1982. Т.70. № 9. С.33-51.
7. Солдатов Е.А., Фидельман В.Р. О вычислительных аспектах метода максимальной энтропии; Горьк.ун-т. Горький, 1987.-II с. Деп. в ВИНТИ Ю.03.87 № 1751-1387.
8. Будников Н.С., Кудряшов А.И., Федотовский М.Н., Фидельман В.Р. Быстродействующая система у цифрового ввода и регистрации изображений//Тез.докл. 13-й Всесоюзной научно-технической конференции "Высокоскоростная фотография, фотоника и метрология быстро протекающих процессов".-М.:ВНИИОИ, 1987. С.107.
9. Нуссбаумер Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток.-М.:Радио и связь, 1985.-247 с.

УДК 621.94:658.512.011.56

А.П.Галкин, Д.И.Городецкий, А.И.Крючков, В.Я.Продиус  
АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ  
В СВЯЗИ С РЕШЕНИЕМ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

(г.Горький)

Статья посвящена результатам работ по созданию системы авто-

матризации экспериментальных исследований линейных и нелинейных динамических характеристик резания (АСНИ "Атлант") и ее использованию для идентификации на ЭВМ параметров передаточных функций процесса резания. Разработка таких систем является актуальной задачей машиностроения в связи с необходимостью исследования металлорежущих станков на устойчивость и автоколебания. Такие расчеты позволяют на стадии проектирования осуществлять анализ динамического качества станков, отыскивать их оптимальные параметры и оптимальные режимы резания, поэтому АСНИ "Атлант" является базой для подсистем автоматизированного проектирования металлорежущих станков с учетом оценки их виброустойчивости и автоколебаний.

АСНИ "Атлант" обеспечивает определение двух типов базовых динамических характеристик резания (ДХР) первого и второго рода: ДХР первого рода устанавливает связь приращений силы резания при точении "по-чистому" с относительными колебаниями резца и детали в зоне резания, ДХР второго рода - связь приращений силы резания с гармонически изменяющимся припуском, оставленным резцом на предыдущем обороте детали.

В данной системе использован принцип анализа стационарных колебаний сил резания при гармоническом возбуждении колебаний детали с помощью вибратора. Так как для расчета виброустойчивости необходимо учитывать характеристики первого и второго рода, и самовозбуждение автоколебаний обычно происходит при одновременном образовании волн и их срезании резцом, поэтому эксперимент проводится за два оборота детали: на первом обороте производилось резание по-чистому при включенном вибраторе, а на втором - срезание следа при выключенном вибраторе. В результате регистрации колебаний детали и переменных сил резания исследователь получает информацию для расчета сразу двух видов характеристик.

Аналитические выражения динамических характеристик для несвободного косоугольного резания имеют вид [1]:

$$K_{ij}^{(1)}(P) = K_{0ij} \frac{1 + T_{1ij} P + T_{2ij} P^2}{1 + T_{2ij} P} ; \quad (1)$$

для ДХР второго рода

$$K_{ij}^{(2)}(P) = K_{0ij} \frac{1}{1 + T_{2ij} P} . \quad (2)$$

Различный аналитический вид этих характеристик объясняется различием физических процессов, протекающих при относительных колебаниях резца и детали и при срезании переменного припуска.

В рассматриваемой методике при заданной структуре математической модели наиболее удобным и экономичным оказался прямой метод последовательной идентификации параметров при заданной частоте, который не требует использования частотных характеристик резания для всех значений частот.

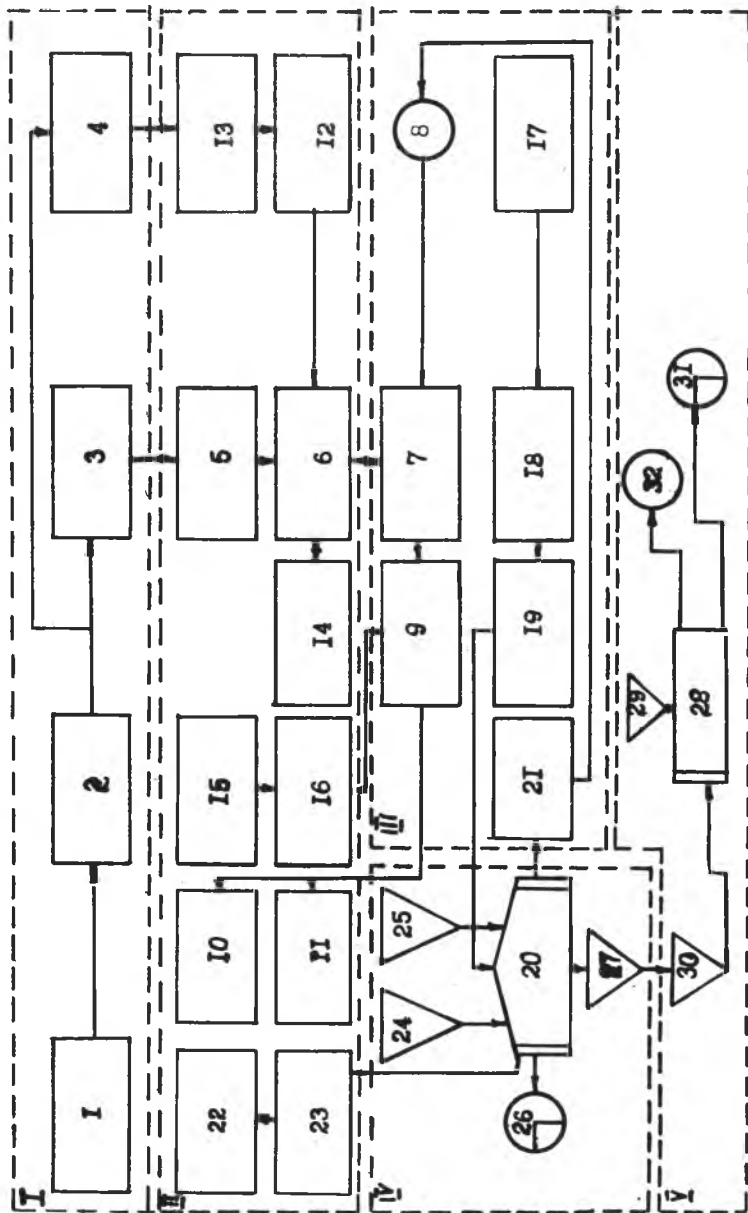
Идентификация параметров нелинейных математических моделей ДХР [2], записанных в виде регрессионных уравнений, выполнена методом наименьших квадратов. Нелинейные математические модели ДХР, основанные на физическом представлении динамических процессов, протекающих в зоне резания, используются в дальнейшем при изучении автоколебаний металлорежущих станков для различных значений геометрий режущего инструмента и технологических параметров резания [3].

Определение ДХР, необходимых для расчета металлорежущих станков на абсолютную устойчивость [4], выполняется на реальном массиве дискретных отсчетов (без гармонической линеаризации). На заданном интервале периодов отыскиваются минимальные и максимальные значения модулей ДХР. В связи с тем что ДХР представляет собой отношение динамических составляющих сил резания и относительных колебаний резца и заготовки, полученные минимальные и максимальные значения ДХР определяют в плоскости „смещение-сила“ угол раствора, в котором лежит изучаемый класс нелинейных ДХР.

Комплекс технических средств (КТС) (рис.) системы включает в себя стенд для экспериментального определения ДХР (I), виброизмерительную аппаратуру (II), крейт КАМАК с набором модулей (III), управляющую микроЭВМ "Электроника-60" с комплексом внешних устройств (IV), вычислительное ядро системы мини-ЭВМ "Мера-100/24" (V).

Механическая часть стенда создана на базе токарно-винторезного станка 2. С помощью вибратора I обрабатываемой заготовке сообщаются поперечные колебания в направлении поперечной подачи или скорости резания. Три составляющие силы резания измеряются динамометром 3, а относительные колебания между резцом и заготовкой фотодатчиком 4. Фотодатчик управления предназначен для синхронизации работы установки. С его помощью через каждые пол-оборота шпинделя формируются импульсы управления.

В процессе эксперимента напряжения, пропорциональные значениям трех составляющих силы резания и амплитуде относительных коле-



Р и с. Функциональная схема КТС АСНИ "Атлант"

в ходе эксперимента в память микроЭВМ, вывода протокола эксперимента на печати и вывода результатов эксперимента на перфоленту;

программа калибровки, которая предназначена для калибровки виброизмерительной аппаратуры и используется при определении метрологических параметров системы;

программа просмотра, которая предназначена для просмотра хранящейся в памяти микроЭВМ в цифровой форме информации с использованием цифро-аналогового преобразователя.

Созданная АСНИ "Атлант" решает практически важную задачу автоматизации экспериментальных исследований линейных и нелинейных динамических характеристик резания, необходимых для расчета металлорежущих станков на устойчивость и автоколебания. Дальнейшее использование системы позволит создать базы данных о ДХР для различных видов обработки, типов режущего инструмента и технологических параметров резания.

#### Библиографический список

1. Кудинов В.А. Динамическая характеристика резания//Станки и инструменты. 1963. № 10. С.1-7.

2. Городецкий Ю.И., Продиус В.Я. О характере возникновения автоколебаний при резании металлов//Межвуз. сб.: Теория колебаний, прикладная математика и кибернетика. Горький:ГГУ, 1973. Вып.1. С.115-129.

3. Городецкий Ю.И. Исследование устойчивости и автоколебаний при резании металлов//Материалы Международной конференции "Прогресс исследований в области машиностроения".Краков (ПНР):КПИ, 1975. С.97-109.

4. Городецкий Ю.И., Гельфер Е.С. Об абсолютной устойчивости при токарной обработке металлов//Динамика систем:Межвуз. сб.-Горький:ГГУ, 1974. Вып.4.С.169-179.