

В. В. Юркевич, А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин

**ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ
МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ:
МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ**

Старый Оскол
ТНТ
2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ НОВЫХ СТАНКОВ	8
2. ИСПЫТАНИЯ МАШИН	13
2.1 Испытания станка в статическом состоянии	14
2.1.1 Проверка точности станка	14
2.1.2 Проверка станка на соответствие нормам статической жёсткости	21
2.1.3 Проверка стабильности положения оси шпинделя при его вращении	24
2.1.4 Проверка точности позиционирования	28
2.2 Испытания станка при работе на холостом ходу	30
2.2.1 Проверка правильности функционирования электрооборудования	30
2.2.2 Определение нагрева и температурных деформаций станка	34
2.2.3 Проверка уровня вибрации станка	36
2.2.4 Проверка шумовых характеристик	38
2.3 Испытания станка в работе	40
2.3.1 Оценка точности станка по точности обработанных деталей-образцов	40
2.3.2 Проверка работоспособности станка	43
2.3.3 Проверка вибрационных характеристик станка под нагрузкой	47
2.3.4 Проверка шумовых характеристик станка под нагрузкой	50
2.4 Исследовательские испытания станков	51
2.4.1 Экспериментальные исследования статической жёсткости станка	52
2.4.2 Экспериментальное определение динамических характеристик станка	53
3. ПРОГРАММНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ	73

4. ПРОГРАММНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА	84
5. ИЗМЕРЕНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ	130
6. ДАТЧИКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ	151
6.1. Ёмкостные датчики	151
6.2. Индуктивные преобразователи	154
6.3. Вихретоковые преобразователи	160
7. МЕТОДОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАНКА	166
8. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ	174
9. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ ОСИ ШПИНДЕЛЯ	183
10. ИСПЫТАНИЯ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ НА СТАНКЕ	190
11. ИСПЫТАНИЯ СУПОРТНОЙ ГРУППЫ ТОКАРНОГО СТАНКА	203
12. ИСПЫТАНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА	214
13. ИСПЫТАНИЯ ПОДАТЛИВОСТИ СУПОРТА	228
14. ИСПЫТАНИЯ ПОДАТЛИВОСТИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ	250
15. ИСПЫТАНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ	254
15.1 Температурные деформации инструмента	258
15.2 Температурные деформации токарных станков	260
15.3 Температурные деформации фрезерных станков	275
15.4 Температурные деформации обрабатываемых деталей ...	278

16. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ	280
17. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ОБРАЗ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ	293
18. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ОБРАЗ В ПРОДОЛЬНОМ СЕЧЕНИИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ	314
18.1 Расчёт упруго–деформационной системы шпиндель-патрон-деталь	314
18.2 Расчётно-экспериментальный метод построения геометрического образа в продольном сечении обработанной поверхности	321
18.3 Непосредственное измерение профиля продольного сечения	332
19. ВИРТУАЛЬНАЯ ДЕТАЛЬ	338
20. ДИАГНОСТИКА В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	363
20.1 Основные понятия	365
20.2 Работоспособность оборудования в процессе эксплуатации	370
20.3 Факторы, влияющие на функционирование станка и качество продукции	373
20.4 Значение контроля и диагностики	380
20.5 Задачи диагностики	383
20.6 Стратегия контроля	395
20.7 Система контроля инструмента по износу и разрушению	399
20.8 Системы, основанные на измерении сил	402
20.9 Системы, основанные на измерении вибраций	407
20.10 Системы, основанные на измерении температуры	414
20.11 Системы распознавания образов	416
20.12 Общий тест в начале смены	420
20.13 Контроль заготовок	423
20.14 Контроль столкновений	424
20.15 Пример диагностики зубчатой передачи	427
20.16 Диагностика по запросу	429

20.17 Полугодичная и годовичная диагностика	431
20.18 Контроль и диагностика системы с ЧПУ	436
20.19 Использование самописцев при контроле	438
20.20 Контроль и диагностика на расстоянии	440
20.21 Использование искусственного интеллекта в диагностике	442
20.22 Научно-обоснованные системы диагностики гибких производственных систем	454
20.23 Перспективы развития искусственного интеллекта	457
20.24 Возможности использования результатов диагностики	458

21. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ	463
21.1 Устройства для активного контроля	467
21.1.1 Измерение диаметра детали с помощью обкатного ролика	470
21.1.2 Устройство измерения детали в процессе её обработки	472
21.1.3 Лазерный прибор активного контроля	473
21.1.4 Пневматический прибор активного контроля	475
21.1.5 Устройство активного контроля обработки колец подшипников	476
21.1.6 Устройство для активного контроля диаметра детали	478
21.1.7 Прибор для активного контроля некруглости	480
21.1.8 Устройство контроля точности изготовления деталей на фрезерных станках	482
21.2 Системы управления точностью обработки деталей	484
21.2.1 Прибор для автоматического регулирования конусообразности при шлифовании длинных валов	486
21.2.2 Система активного контроля с контуром компенсации динамической погрешности	488
21.2.3 Система активного контроля с контуром компенсации температурной погрешности и погрешности от упругой деформации	491
21.2.4 Система активного контроля с контурами управления по контролю упругих деформаций	493

21.2.5 Система комплексного управления размерами	495
21.2.6 Система автоматического управления линейными и диаметральными размерами	499
21.2.7 Система автоматического управления упругими перемещениями суппорта	501
21.2.8 Устройство повышения точности при токарной обработке	503
21.2.9 Устройство для повышения точности вращения шпинделя	505
21.2.10 Способ и устройство автоматического управления точностью токарного станка	507
21.2.11 Устройство для компенсации теплового смещения оси шпинделя токарного станка	509
21.3 Новая автоматизированная система управления точностью обработки	511
22. ИССЛЕДОВАНИЕ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ	516
22.1 Фрезерование плоских поверхностей	516
22.2 Фрезерование криволинейных поверхностей	525
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	542