

УДК 621.9.06  
ББК 34.63-5  
И74

*Авторы:* В.И. Малыгин, Ф.В. Черепенин, С.М. Сковпень, Н.В. Лобанов,  
Л.В. Кремлева, М.А. Бызова, Д.А. Ульяничев, В.Т. Харитоненко

*Рецензенты:* А.С. Исхаков, доктор технических наук, профессор (ОАО «Концерн  
«Моринформ система Агат»);  
В.А. Рогов, доктор технических наук, профессор ( РУДН)

И74 Информатизация технологического оборудования судового машиностроения: моногр. / [В.И. Малыгин и др.]; под общ. ред. В.И. Малыгина; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – 2-е изд. испр. и доп. – Архангельск: САФУ, 2015. – 214 с.

ISBN 978-5-261-01107-1

Рассмотрены наиболее актуальные проблемы информатизации современного машиностроительного производства и предложены оптимальные методы и пути их решения в существующих экономических условиях. Предложенные технические решения по модернизации различного технологического оборудования позволяют придать морально устаревшему оборудованию новые технологические возможности, повысить класс точности технологического оборудования, расширить функциональные возможности станков и номенклатуру обрабатываемых изделий, снизить трудоёмкость обработки, повысить оперативность и точность контроля, повысить качество выполнения технологических операций.

Для студентов, аспирантов, преподавателей технических вузов, научных работников и инженеров.

УДК 621.9.06  
ББК 34.63-5

ISBN 978-5-261-01107-1

© Северный (Арктический)  
федеральный университет  
им. М.В. Ломоносова, 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	6
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ .....	9
1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ОДНОПРИВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С РАЗВЕТВЛЁННОЙ СИСТЕМОЙ КООРДИНАТ .....	12
1.1. Особенности работы одноприводных металлообрабатывающих комплексов с автоматической коробкой управления осями .....	12
1.2. Основные способы создания цифровых систем управления одноприводными металлообрабатывающими комплексами .....	16
1.3. Методы программного управления металлообрабатывающими комплексами с одним главным приводом и автоматической коробкой скоростей .....	17
1.4. Методика создания цифровых моделей профиля обрабатываемых деталей .....	22
1.5. Особенности программной обработки на одноприводном ТКС .....	24
1.6. Лабораторный стенд для исследования и отработки программного обеспечения ЦСУ одноприводных станков .....	30
1.7. Цифровая система управления левым суппортом токарно-карусельного станка модели 1525 на базе УЧПУ NC-201M .....	35
1.7.1. Особенности ЦСУ станка 1525 .....	36
1.7.2. Особенности работы ЦСУ станка 1516 .....	42
1.7.3. Система цифровой индикации перемещений вертикального и горизонтального суппортов .....	46
1.8. Программное обеспечение ЦСУ токарно-карусельного станка модели 1525 .....	47
2. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА СОПРЯЖЕНИЯ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С СОВРЕМЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ .....	52
2.1. Принцип построения и общая структура систем ввода-вывода управляющих программ для станков с ЧПУ .....	52
2.2. Электронный блок памяти на основе статического ОЗУ .....	54
2.3. Электронный блок памяти на основе энергонезависимой флэш-памяти .....	58
2.4. Микропроцессорный блок памяти на основе ММС-карты с поддержкой USB-интерфейса .....	61
2.5. Интерфейсные блоки сопряжения для связи электронных блоков памяти с ПЭВМ .....	64
2.5.1. Интерфейсный блок сопряжения с ПЭВМ по шине ISA .....	64
2.5.2. Интерфейсный блок сопряжения с ПЭВМ по шине PCI .....	66
2.5.3. Интерфейсный блок сопряжения с ПЭВМ по стыку RS 32C .....	67
2.5.4. Интерфейсный блок сопряжения с ПЭВМ по шине USB .....	69
2.6. Блоки сопряжения с программно-управляемыми станками .....	71
2.7. Двухканальный блок сопряжения с винтообрабатывающим станком TDP .....	73

3. ВЫСОКОТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ МЕХАНИЗМОВ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ.....	80
3.1. Общая структура микропроцессорных систем контроля угловых и линейных перемещений .....	80
3.2. Система измерения и цифровой индикации угловых и линейных перемещений рабочих органов фрезерного станка модели 2Е470А.....	81
3.2.1. Система измерения и цифровой индикации угловых перемещений двух съёмных столов и линейного перемещения рабочего стола.....	82
3.2.2. Четырёхкоординатная система измерения и цифровой индикации линейных перемещений вертикального и горизонтального шпинделей.....	84
3.3. Устройство цифровой индикации углового положения рабочего стола расточного станка модели 2Н637ГФ1 .....	86
3.4. Система измерений и цифровой индикации линейных и угловых перемещений рабочих органов станка модели W100 по четырём координатам .....	88
3.5. Система цифровой индикации линейных и угловых перемещений рабочих органов расточного станка ВFT-90 по четырём координатам ....	94
3.6. Оборудование металлообрабатывающих станков высокоточными системами контроля перемещений рабочих механизмов.....	101
4. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛО-ОБРАБАТЫВАЮЩИМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ .....	105
4.1. Микропроцессорное устройство индикации и управления режимом позиционирования по трём координатам станка модели 2А656РФ11 ...	105
4.2. Микропроцессорная система управления трубогибочным станком СТГ-3А в полуавтоматическом режиме «Эскиз».....	110
4.3. Цифровая система программно-позиционного управления станка модели 2А656РФ11 .....	116
4.4. Система адаптивного управления токарной обработкой валов .....	121
5. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	125
5.1. Методы и технические средства контроля размеров и формы изделий машиностроения.....	125
5.2. Контроль формы поверхности изделий с помощью координатно-измерительных машин .....	127
5.3. Контроль формы поверхности изделий с помощью лазерной системы сканирования .....	131
5.4. Обзор фотограмметрических измерительных систем.....	134
5.5. Фотограмметрическая измерительная система V-STARS/D5 .....	137
5.6. Особенности использования стереофотограмметрического метода контроля формы крупногабаритных корпусных конструкций.....	143

5.7. Получение координат контролируемой поверхности с использованием фотограмметрии.....	146
5.7.1. Определение двухмерных координат точек стереопар .....	148
5.7.2. Определение трёхмерных координат контролируемой поверхности .....	154
5.8. Совмещение координат реальной и теоретической поверхностей сложнопрофильных машиностроительных изделий .....	158
5.9. Методика вписывания теоретической (эталонной) 3D-модели в цифровую 3D-модель заготовки .....	164
5.10. Управление технологическим процессом распределения припусков ..	170
5.11. Определение оптимальной технологической базы длинномерных заготовок тел вращения .....	174
5.12. Экспериментальные исследования и отработка технологии использования стереофотограмметрической системы V-STARs на основных технологических операциях изготовления и ремонта гребных винтов .....	181
5.12.1. Общая характеристика стереофотограмметрической системы V-STARs.....	181
5.12.2. Создание размеченного и масштабированного измерительного пространства.....	181
5.12.3. Измерение 3D-координат точек объекта .....	184
5.12.4. Вписывание теоретической 3D-модели лопасти в исходную (полученную) 3D-модель заготовки.....	188
5.12.5. Оценка точности и качества изготовления судовых конструкций .....	190
5.13. Результаты практического применения современных бесконтактных технологий измерения для контроля заготовок лопастей гребных винтов .....	193
5.13.1. Особенности традиционной технологии контроля заготовок лопастей гребных винтов.....	194
5.13.2. Технология контроля заготовок лопастей с использованием бесконтактных систем измерения.....	196
5.13.3. Влияние технологии контроля заготовок лопастей на технологию обработки базовых поверхностей. ....	201
5.13.4. Выводы.....	203
5.14. Краткие выводы и рекомендации по использованию бесконтактных методов контроля формы и геометрии объёмных судовых конструкций.....	204
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	206
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	208