

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова»

# ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Монография

Под общей редакцией В.И. Малыгина

Архангельск  
ИД САФУ



2014

УДК 621.9.06  
ББК 34.63-5  
И74

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

*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/[М.А. Бызова и др.]; под общ. ред. В.И. Малыгина; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: ИД САФУ, 2014. – 200 с.

ISBN 978-5-261-00887-3

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 978-5-261-00887-3

© Северный (Арктический)  
федеральный университет  
им. М.В. Ломоносова, 2014

---

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	6
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	9
1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ОДНОПРИВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С РАЗВЕТВЛЁННОЙ СИСТЕМОЙ КООРДИНАТ .....	12
1.1. Особенности работы одноприводных металлообрабатывающих ком- плексов с автоматической коробкой управления осями .....	12
1.2. Основные способы создания цифровых систем управления однопри- водными металлообрабатывающими комплексами.....	16
1.3. Методы программного управления металлообрабатывающими ком- плексами с одним главным приводом и автоматической коробкой ско- ростей.....	17
1.4. Методика создания цифровых моделей профиля обрабатываемых де- талей.....	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-карусель- ного станка модели 1525 на базе УЧПУ NC-201M .....	35
1.8. Программное обеспечение ЦСУ токарно-карусельного станка модели 1525 .....	40
2. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА СОПРЯЖЕНИЯ ПРОГРАМ- МНО-УПРАВЛЯЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С СОВРЕМЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ .....	44
2.1. Принцип построения и общая структура систем ввода-вывода управ- ляющих программ для станков с ЧПУ .....	44
2.2. Электронный блок памяти на основе статического ОЗУ .....	46
2.3. Электронный блок памяти на основе энергонезависимой флэш- памяти.....	50
2.4. Микропроцессорный блок памяти на основе ММС-карты с поддер- жкой USB-интерфейса .....	53
2.5. Интерфейсные блоки сопряжения для связи электронных блоков па- мяти с ПЭВМ .....	56
2.5.1. Интерфейсный блок сопряжения с ПЭВМ по шине ISA .....	56
2.5.2. Интерфейсный блок сопряжения с ПЭВМ по шине PCI.....	58
2.5.3. Интерфейсный блок сопряжения с ПЭВМ по стыку RS 32C .....	59
2.5.4. Интерфейсный блок сопряжения с ПЭВМ по шине USB .....	60

2.6. Блоки сопряжения с программно-управляемыми станками .....	64
2.7. Двухканальный блок сопряжения с винтообрабатывающим станком TDP .....	65
<b>3. ВЫСОКОТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ МЕХАНИЗМОВ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ .....</b>	<b>72</b>
3.1. Общая структура микропроцессорных систем контроля угловых и линейных перемещений .....	72
3.2. Устройство цифровой индикации угловых и линейных перемещений рабочих столов фрезерного станка модели 2E470A .....	73
3.3. Устройство цифровой индикации углового положения рабочего стола расточного станка модели 2Н637ГФ1 .....	75
3.4. Устройство цифровой индикации углового положения рабочего стола станка модели W100 .....	78
3.5. Четырёхкоординатное оптоэлектронное устройство измерения линейных перемещений вертикального и горизонтального шпинделей координатно-расточного станка модели 2E470A .....	79
3.6. Система цифровой индикации линейных перемещений и угла поворота рабочего стола и линейного перемещения шпинделя расточного станка модели W100 .....	82
3.7. Оборудование металлообрабатывающих станков высокоточными системами контроля перемещений рабочих механизмов .....	88
<b>4. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛО-ОБРАБАТЫВАЮЩИМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ .....</b>	<b>92</b>
4.1. Микропроцессорное устройство индикации и управления режимом позиционирования по трём координатам станка модели 2A656РФ11 .....	92
4.2. Микропроцессорная система управления трубогибочным станком СТГ-3А в полуавтоматическом режиме «эскиз» .....	97
4.3. Цифровая система программно-позиционного управления станка модели 2A656РФ11 .....	103
<b>5. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ .....</b>	<b>109</b>
5.1. Методы и технические средства контроля размеров и формы изделий машиностроения .....	109
5.2. Контроль формы поверхности изделий с помощью координатно-измерительных машин .....	111
5.3. Контроль формы поверхности изделий с помощью лазерной системы сканирования .....	115
5.4. Обзор фотограмметрических измерительных систем .....	118
5.5. Особенности использования стереофотограмметрического метода контроля формы крупногабаритных корпусных конструкций .....	122
5.6. Фотограмметрическая измерительная система V-STARS/D5 .....	125
5.7. Принцип получения трёхмерных координат контролируемой поверхности .....	130

5.8. Метод определения двухмерных координат точек стереопар при использовании стереофотограмметрической системы контроля формы судовых конструкций .....	132
5.9. Определение трёхмерных координат контролируемой поверхности ...	139
5.9.1. Нормальный случай съёмки .....	139
5.9.2. Общий случай съёмки .....	141
5.10. Совмещение координат реальной и теоретической поверхностей сложнопрофильных машиностроительных изделий .....	143
5.11. Методика вписывания теоретической (эталонной) 3D-модели в цифровую 3D-модель заготовки .....	148
5.12. Управление технологическим процессом распределения припусков.	154
5.13. Применение стереофотограмметрической системы V- STARS/E4X для контроля геометрии гребных винтов в процессе их изготовления на примере лопасти гребного винта AZIPOD-7104MP-427-504....	159
5.14. Экспериментальные исследования и отработка технологии использования стереофотограмметрической системы V-STARs на основных технологических операциях изготовления и ремонта гребных винтов .....	179
5.14.1. Общие сведения об использовании стереофотограмметрической системы V-STARs .....	179
5.14.2. Создание размеченного и масштабированного измерительного пространства.....	179
5.14.3. Измерение 3D-координат точек объекта с помощью системы V-STARs.....	181
5.14.4. Вписывание теоретической 3D-модели лопасти в исходную (полученную) 3D-модель заготовки.....	186
5.14.5. Оценка точности и качества изготовления судовых конструкций .....	188
5.15. Краткие выводы и рекомендации по использованию бесконтактных методов контроля формы и геометрии объёмных судовых конструкций.....	190
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	192
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	194

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное машиностроительное производство характеризуется высокой степенью автоматизации и информатизации технологического процесса изготовления изделий. При этом наблюдается тенденция к расширению использования информационных технологий с интеллектуальными системами контроля и управления, а также к ужесточению требований к точности и качеству изготовления конкурентоспособной продукции.

Для такой отрасли машиностроения, как судостроение, характерна тенденция сборки конструкций из отдельных крупногабаритных и значительных по весу пространственных модулей, доведённых до высокой степени насыщения коммуникациями и оборудованием. При такой технологии формирования объёмных конструкций резко возрастает роль работ по контролю их размеров и формы, а также по выполнению пространственных разбивок для целей сборки.

Под понятием “информатизация технологического оборудования”, которое вынесено в название книги, авторы имеют в виду, что цифровые системы контроля и управления, предлагаемые при модернизации технологического оборудования, помимо основной функции автоматического управления оборудованием и контроля геометрических параметров обрабатываемых деталей, должны обеспечивать программную защиту от аварийных режимов, выдавать информацию о всех абсолютных и относительных перемещениях рабочих органов станка с индикацией на дисплее УЧПУ, обеспечивать контроль за ходом техпроцесса обработки с визуализацией в формате 2D или 3D, а также обеспечивать контроль и диагностику за техническим состоянием основных механизмов станков и оперативную связь через интерфейс с периферийными устройствами.

Решение этих проблем требует перевооружения предприятий, имеющих огромный станочный парк. При этом ограничиться только приобретением нового автоматизированного оборудования глубоко ошибочно, так как это потребует огромных капиталовложений. Поэтому экономически оправдано постепенное технологическое перевооружение предприятий и комплексная модернизация имеющегося оборудования, позволяющая расширить его функциональные и технологические возможности, повысить точность обработки, сократить общую трудоёмкость. В частности, на судостроительных предприятиях г. Северодвинска используется много уникального технологического оборудования, изготовленного в 70–80-х годах прошлого века. Как правило,

его механическая и силовая части находятся в удовлетворительном состоянии, а электронная часть (системы измерения и контроля, системы управления, УЧПУ и т.д.) устарела физически и морально и, как правило, не совместима с современной интеллектуальной электроникой и информационными технологиями.

В существующих экономических условиях одним из наиболее рациональных путей расширения функциональных возможностей устаревшего технологического оборудования с целью повышения качества машиностроительной продукции является **комплексное обновление этого оборудования и внедрение новых технологий.**

В последние 20 лет авторы книги выполнили большой объём опытно-конструкторских и экспериментальных работ по поиску технических решений, способных придать морально устаревшему оборудованию новые технологические возможности. При этом проблема модернизации технологического оборудования решалась комплексно, по нескольким основным направлениям:

- 1) автоматизация одноприводных технологических комплексов с разветвлённой системой координат и замена систем управления станков с механическими копиями на цифровые системы управления;
- 2) микропроцессорные средства сопряжения программно-управляемого технологического оборудования с современной вычислительной техникой и замена перфолентных систем ввода-вывода на цифровые системы;
- 3) высокоточные системы контроля линейных и угловых перемещений рабочих механизмов металлообрабатывающих комплексов;
- 4) микропроцессорные системы управления металлообрабатывающим технологическим оборудованием;
- 5) измерительные системы контроля размеров и формы поверхностей крупногабаритных изделий машиностроения.

При выполнении этих работ накоплен большой объём исследовательского, опытно-конструкторского и экспериментального материала. Частично эти материалы опубликованы в работах [13–32, 47–49, 62–73]. В монографии сделана попытка обобщить и систематизировать большой объём накопленного материала, и найти наиболее оптимальные методы и пути решения указанных выше проблем при модернизации различного технологического оборудования.

Авторы выражают глубокую благодарность всему коллективу Севмашвуза, коллективу СВОП ОАО “ЦС “Звёздочка” и коллективу центра пропульсивных систем СЦПС ОАО “ЦС “Звёздочка” за содействие в работе и ценные советы, а также персонально:

Никитину В.С. – д.т.н., профессору, ген. директору ОАО “ЦС “Звёздочка”;

Шорохову Н.А. – начальнику СВОП ОАО “ЦС “Звёздочка”;

Титову Б.Н. – зам. начальника цеха, главному инженеру СВОП ОАО “ЦС “Звёздочка”;

Абакумову Ю.М. – зам. главного инженера ОАО “ЦС “Звёздочка”;

Мансурову В.В. – ведущему инженеру ОГС ПО “Севмашпредприятие”;

Макарову В.В. – д.т.н., профессору, ректору Севмашвтуза;  
Слуцкову В.А. – зав. лабораторией Севмашвтуза.

Авторы будут весьма признательны всем читателям, приславшим свои замечания и пожелания по адресу: 164500, г. Северодвинск, ул. Воронина, д. 6, Малыгину В.И.

Работа выполнена в Северном (Арктическом) федеральном университете – головном исполнителе НИОКР «Освоение высокотехнологичного мелкосерийного производства наукоёмкой продукции – отечественных импортозамещающих движительных рулевых колонок и их компонентов для судов ледового класса» при финансовой поддержке проекта Министерством образования и науки РФ в рамках Постановления Правительства РФ № 218 от 9 апреля 2010 г.