

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

2-е издание, исправленное и дополненное

Под общей редакцией В.И. Малыгина

Архангельск
САФУ
2015

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. Исаков, 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 ВГТ-90 по четырём координатам	94
3.6. Оборудование металлообрабатывающих станков высокоточными системами контроля перемещений рабочих механизмов.....	101
4. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИМ 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

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное машиностроительное производство характеризуется высокой степенью автоматизации и информатизации технологического процесса изготовления изделий. При этом обеспечение требований к точности, качеству и срокам изготовления конкурентоспособной продукции невозможно без использования современных информационных программно-аппаратных комплексов с интеллектуальными системами контроля и управления, использующих весь спектр возможностей современных информационных технологий.

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, расчёту размерных цепей для сборочных операций.

Под понятием “информатизация технологического оборудования”, которое вынесено в название книги, авторы имеют в виду то, что цифровые контрольно-управляющие системы и комплексы, 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 серьёзной технологической модернизации 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 копирами 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, 63–75]. В монографии сделана попытка обобщить и систематизировать большой объём накопленного материала, найти наиболее оптимальные методы и пути решения указанных выше проблем при модернизации различного технологического оборудования.

Авторы выражают глубокую благодарность всему коллективу Севмашвузу, 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 имени М.В. Ломоносова – исполнителе государственного задания на выполнение работ по проекту № 3625 «Совершенствование конструкций и технологий изготовления элементов судовых пропульсивных систем с использованием методов сквозной автоматизации и информационной поддержки их производственного цикла».