И.П. Акула
В.В. Алтухова
А.В. Артёменко
В.Ф. Безъязычный
В.Г. Грицюк
В.А. Губанов
О.Ю. Еренков
В.В. Золотарев
М.Е. Ильина
О.Н. Кириллов
А.В. Киричек
А.В. Кузовкин
Н.В. Малай
Б.Я. Мокрицкий
А.В. Морозова
Е.В. Овчинников
Б.И. Омигов
А.С. Прушак
В.А. Пухальский
М.Ю. Сарилов
В.П. Смоленцев
А.В. Ступин
Н.М. Чекан
Е.И. Эйсымонт
С.С. Юхневич
З.Х. Ягубов
Э.З. Ягубов
А.В. Янченко

**ПРОГРЕССИВНЫЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ**

Том IV

Редакционный совет

С.Г. Емельянов

Председатель редакционного совета

Ю.С. Степанов

Заместитель председателя редакционного совета

А.В. Киричек

Главный редактор

А.В. Морозова

Заместитель Главного редактора

Члены совета:

Агеев Е.В.

Албагачиев А.Ю.

Амбросимов С.К.

Афонин А.Н.

Бабичев А.П.

Барсуков Г.В.

Безъязычный В.Ф.

Белоусов А.И.

Бржозовский Б.М.

Бутенко В.И.

Васильев А.С.

Григорьев С.Н.

Гусев В.Г.

Давыдов В.М.

Евсеев Д.Г.

Еренков О.Ю.

Ермаков Ю.М.

Ивахненко А.Г.

Козлов А.М.

Колесников В.И.

Колесников К.С.

Мокрицкий Б.Я.

Мотренко П.Д.

Овсеенко А.Н.

Протасьев В.Б.

Савин Л.А.

Смоленцев В.П.

Соловьев Д.Л.

Суслов А.Г.

Тарапанов А.С.

Федонин О.Н.

Хандожко А.В.

Харламов Г.А.

Химухин С.Н.

Червяков Л.М.

Яцун С.Ф.

И.П. АКУЛА
В.В. АЛТУХОВА
А.В. АРТЁМЕНКО
В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ
В.Г. ГРИЦЮК
В.А. ГУБАНОВ
О.Ю. ЕРЕНКОВ
В.В. ЗОЛОТАРЕВ
М.Е. ИЛЬИНА
О.Н. КИРИЛЛОВ
А.В. КИРИЧЕК
А.В. КУЗОВКИН
Н.В. МАЛАЙ
Б.Я. МОКРИЦКИЙ

А.В. МОРОЗОВА
Е.В. ОВЧИННИКОВ
Б.И. ОМИГОВ
А.С. ПРУШАК
В.А. ПУХАЛЬСКИЙ
М.Ю. САРИЛОВ
В.П. СМОЛЕНЦЕВ
А.В. СТУПИН
Н.М. ЧЕКАН
Е.И. ЭЙСЫМОНТ
С.С. ЮХНЕВИЧ
З.Х. ЯГУБОВ
Э.З. ЯГУБОВ
А.В. ЯНЧЕНКО

ПРОГРЕССИВНЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ

Том IV

Москва, 2014

УДК 621.9
ББК 34.63
П.68

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *Б.С. Бойцов*
доктор технических наук, профессор *А.И. Болдырев*
доктор технических наук, профессор *В.И. Козин*
доктор технических наук, профессор *В.И. Нефедов*
доктор технических наук, профессор *М.Ю. Сарилов*
доктор технических наук, профессор *В.В. Черномас*

П.68 Прогрессивные машиностроительные технологии, оборудование и инструменты. Том IV. Коллективная монография. / И.П. Акула, В.В. Алтухова, А.В. Артёменко, В.Ф. Безъязычный, В.Г. Грицюк, В.А. Губанов, О.Ю. Еренков, В.В. Золотарев, М.Е. Ильина, О.Н. Кириллов, А.В. Киричек, А.В. Кузовкин, Н.В. Малай, Б.Я. Мокрицкий, А.В. Морозова, Е.В. Овчинников, Б.И. Омигов, А.С. Прушак, В.А. Пухальский, М.Ю. Сарилов, В.П. Смоленцев, А.В. Ступин, Н.М. Чекан, Е.И. Эйсымонт, С.С. Юхневич, З.Х. Ягубов, Э.З. Ягубов, А.В. Янченко; Под ред. А.В. Киричека. - М.: Издательский дом «Спектр», 2014. - 432 с. : ил.

ISBN 978-5-4442-0085-8

ISBN 978-5-4442-0087-2 (Том IV)

DOI 10.14489/4442-0087-2

В монографии приведены теоретические основы построения системы менеджмента качества промышленного предприятия, ориентированной на человека, актуальные проблемы обеспечения качества наукоемкой продукции машиностроения, включая терминологические аспекты; технологическое обеспечение качества биметаллических деталей микрошабрением электронагруженного трибологического контакта, обеспечение эксплуатационной надежности нефтегазового трубопроводного транспорта, а также технологические проблемы изготовления единичных мелко модульных эвольвентных профилей непрофилированным электродом и разработки составов нанофазных композиционных плазмохимических покрытий.

Монография ориентирована на научных работников, аспирантов, инженерно-технических работников, интересующихся вопросами разработки и внедрения в современное производство прогрессивных машиностроительных технологий, оборудования и инструментов.

УДК 621.9
ББК 34.63

ISBN 978-5-4442-0085-8

ISBN 978-5-4442-0087-2 (Том IV)

© Акула И.П., Алтухова В.В., Артёменко А.В., Безъязычный В.Ф., Грицюк В.Г., Губанов В.А., Еренков О.Ю., Золотарев В.В., Ильина М.Е., Кириллов О.Н., Киричек А.В., Кузовкин А.В., Малай Н.В., Мокрицкий Б.Я., Морозова А.В., Овчинников Е.В., Омигов Б.И., Прушак А.С., Пухальский В.А., Сарилов М.Ю., Смоленцев В.П., Ступин А.В., Чекан Н.М., Эйсымонт Е.И., Юхневич С.С., Ягубов З.Х., Ягубов Э.З., Янченко А.В.; 2014

**I.P. AKULA
V.V. ALTUKHOVA
A.V. ARTYOMENKO
V.F. BEZYAZYCHNY
V.G. GRITSYUK
V.A. GUBANOV
O.YU. YERENKOV
V.V. ZOLOTARYOV
M.E. ILYINA
O.N. KIRILLOV
A.V. KIRICHEK
A.V. KUZOVKIN
N.V. MALAY
B.YA. MOKRITSKY**

**A.V. MOROZOVA
E.V. OVCHINNIKOV
B.I. OMIGOV
A.S. PRUSHAK
V.A. PUKHALSKY
M.YU. SARILOV
V.P. SMOLENTSEV
A.V. STUPIN
N.M. CHEKAN
E.I. EISYMONT
S.S. YUKHNEVICH
Z.KH. YAGUBOV
E.Z. YAGUBOV
A.V. YANCHENKO**

ADVANCED ENGINEERING TECHNIQUES, EQUIPMENT AND TOOLS

VOLUME IV

Сведения об авторах:

Акула Игорь Петрович

ГНУ «Физико-технический институт» НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь
Кандидат технических наук, с.н.с.
Телефон: (4872) 75-31-29
E-mail: anzev@tsu.tula.ru

Алтухова Виктория Викторовна

Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Старший преподаватель
Телефон: 8-914-547-13-11
E-mail: zhizn\~vita@bk.ru

Артёмов Алексей Васильевич

Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Кандидат технических наук, доцент
Телефон: 8-909-861-44-16

Безязычный Вячеслав Феоктистович

Рыбинский государственный авиационный технический
университет имени П.А. Соловьева, г. Рыбинск
Доктор технических наук, профессор
Заведующий кафедрой
Тел: (4855) 222-091
E-mail: technology@rsatu.ru

Грицюк Василий Григорьевич

Воронежский механический завод, г. Воронеж, Заместитель
генерального директора по качеству – главный контролер
Кандидат технических наук, докторант
Телефон (4732) 51 72 68
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Губанов Виктор Андреевич

ФГУП «НИИСК», г. Санкт-Петербург,
Доктор химических наук, профессор
Заведующий лабораторией
Телефон (473) 234-82-32
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Еренков Олег Юрьевич

Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Доктор технических наук, профессор
Заведующий кафедрой
Телефон 89141912409
E-mail: erenkov@list.ru

Золотарев Владимир Викторович

Воронежский механический завод, г. Воронеж, Заместитель
главного инженера
Телефон 9081438132
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Ильина Мария Евгеньевна

Рыбинский государственный авиационный технический
университет имени П. А. Соловьева, г. Рыбинск
Кандидат технических наук, доцент
Телефон (4855) 55-31-64
E-mail: maria_ilyina@mail.ru

Authors' Data:

Igor Petrovich Akula

Can.Eng., Senior Researcher
SSI "Physical & Engineering Institute" NAS of Belarus
Phone: (4872) 75-31-29
E-mail: anzev@tsu.tula.ru

Viktoria Viktorovna Altukhova

Senior lecturer
Komsomolsk-upon-Amur State Technical University,
Komsomolsk-upon-Amur
Phone: 8-914-547-13-11
E-mail: zhizn\~vita@bk.ru

Alexey Vasilyevich Artyomenko

Can.Eng., Assistant Prof.,
Komsomolsk-upon-Amur State Technical University,
Komsomolsk-upon-Amur
Phone: 8-909-861-44-16

Vyacheslav Feoktistovich Besvazychny

D.Eng., Prof., Head of the Dep.,
Solovyov State Aircraft Technical University of Rybinsk, Rybinsk
Phone: (4855) 222-091
E-mail: technology@rsatu.ru

Vasily Grigoryevich Gritsyuk

Can.Eng., Competitor for Doctor's degree,
Deputy-Director for Product Quality-Chief Inspector
Voronezh Mechanical Plant
Phone: (4732) 51 72 68
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Victor Andreyevich Gubanov

D.Sc (Chem.), Prof.
Chief of the Lab.,
FSUP "NIISK", Saint-Petersburg
Phone: (473) 234-82-32
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Oleg Yurievich Yerenkov

D.Eng., Prof.,
Head of the Chair
Komsomolsk-upon-Amur State Technical University,
Komsomolsk-upon-Amur
Phone: 89141912409
E-mail: erenkov@list.ru

Vladimir Victorovich Zolotarvov

Deputy Chief Engineer
Voronezh Mechanical Plant, Voronezh
Phone: 9081438132
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Maria Yevgenievna Ilyina

Can.Eng., Assistant Prof.
Solovyov State Aircraft Technical University of Rybinsk, Rybinsk
Phone: (4855) 55-31-64
E-mail: maria_ilyina@mail.ru

Кириллов Олег Николаевич

Воронежский государственный технический университет, г.
Воронеж,
Доктор технических наук, профессор
Телефон (473) 2315961
E-mail: kirillov.olli@yandex.ru

Киричек Андрей Викторович

Юго-Западный государственный университет,
г. Курск
Доктор технических наук, профессор
Проректор по НР
Телефон: (4712) 50-48-14
E-mail: avkswsu@mail.ru

Кузовкин Алексей Викторович

Воронежский государственный технический университет, г.
Воронеж,
Доктор технических наук, профессор
Телефон 9601314163

Малай Николай Владимирович

НИУ «Белгородский государственный университет»,
г. Белгород,
Декан физико-технического факультета
Доктор физико-математических наук, профессор
Телефон (473) 234-82-32
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Мокрицкий Борис Яковлевич

Комсомольский-на-Амуре государственный технический
университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Доктор технических наук, профессор
Заведующий кафедрой «Технология машиностроения»
Телефон: (914) 175-75-62
E-mail: boris@knastu.ru

Морозова Анна Валентиновна

Кандидат социологических наук,
Международный научно-технический Центр
«Спектр-Альянс», г. Орел
Научный руководитель
Телефон: (4862) 55-86-02
E-mail: niotlostu@gmail.com

Овчинников Евгений Витальевич

УО «Гродненский государственный университет им. Янки
Купаль», г. Гродно, Беларусь
Кандидат технических наук, доцент
Телефон: : (152) 484421
E-mail: ovchin_1967@mail.ru

Омигов Борис Иванович

Воронежский механический завод, г. Воронеж, Главный
инженер
Кандидат технических наук
Телефон (473) 2348102
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Прушак Александр Сергеевич

ЗАО «СИПР с ОП», г. Солигорск, Беларусь
Инженер-исследователь
Телефон (909)210-82-55
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Oleg Nikolayevich Kirillov

D.Eng., Prof.
Voronezh State Technical University, Voronezh
Phone: (473) 2315961
E-mail: kirillov.olli@yandex.ru

Andrey Victorovich Kirichek

D.Eng. Prof., Prof.
Pro-Rector for Scientific Work
South-Western State University, Kursk
Phone: (4712) 50-48-14
E-mail: avkswsu@mail.ru

Alexey Viktorovich Kuzovkin

D.Eng., Prof.
Voronezh State Technical University, Voronezh
Phone: 9601314163

Nikolay Vladimirovich Malay

D.Physic-Math., Prof.
Dean of the Physical-Technical Faculty
NIU "Belgorod State University, Belgorod
Телефон (473) 234-82-32
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Boris Yakovlevich Mokritsky

D.Eng., Head of the Dep. "Engineering Techniques"
Komsomolsk-upon-Amur State Technical University,
Komsomolsk-upon-Amur
Phone: (914) 175-75-62
E-mail: boris@knastu.ru

Anna Valentinovna Morozova

Can.Sociol., Scientific Manager
International Scientific-Technical Center "Spectrum-Alliance",
Orel
Phone: (4862) 55-86-02
E-mail: niotlostu@gmail.com

Yevgeny Vitalievich Ovchinnikov

Can.Eng., Assistant Prof., Deputy Dean of the Faculty "Innovation
Techniques in Engineering"
UA "Yanka Kupala State University of Grodno", Grodno, Belarus
Phone: (+375152) 484421
E-mail: ovchin_1967@mail.ru

Boris Ivanovich Omigov

Can.Eng., Works Manager
Voronezh Mechanical Works, Voronezh
Phone : (473) 2348102
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Alexander Sergeevich Prushak

Engineer-Researcher
Company "SIPR with OP", Belarus
Phone: (909)210-82-55
E-mail: fgupvmz@mail.ru

Пухальский Владимир Альфредович

Московский государственный университет
приборостроения и информатики, г. Москва,
Кандидат технических наук, доцент
Телефон (495)5214552
E-mail: puhalva@mail.ru

Сарилов Михаил Юрьевич

Комсомольский-на-Амуре государственный технический
университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Доктор технических наук, доцент
Заведующий кафедрой «Машины и аппараты химических
производств»
Телефон (914) 172-45-25

Смоленцев Владислав Павлович

Воронежский государственный технический университет, г.
Воронеж, доктор технических наук, профессор
Телефон (903)655-99-70
E-mail: smol@comch.ru

Ступин Александр Валерьевич

Комсомольский-на-Амуре государственный технический
университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Кандидат технических наук, доцент
Телефон: (914) 172-20-55
E-mail: Stupin-1959@mail.ru

Чекан Николай Михайлович

ГНУ «Физико-технический институт» НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь, кандидат физико-математических наук
Заведующий лабораторией
Телефон: (905) 5896006
E-mail: lloobbaannooff@live.ru

Эйсымонт Евгения Иваровна

УО «Гродненский государственный университет им. Янки
Купалы», г. Гродно, Беларусь, преподаватель
Телефон: (152) 484421
E-mail: gffh@mail.ru

Юхневич Сергей Степанович

Воронежский механический завод, г. Воронеж,
Главный технолог, аспирант
Телефон: (4732) 34 82 02
E-mail: pi.nv@mail.ru

Ягубов Зафар Хангусейн оглы

Ухтинский государственный технический университет,
г. Ухта
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
Телефон: (912) 103-10-10
E-mail: em13@bk.ru

Ягубов Эмин Зафар оглы

Ухтинский государственный технический университет,
г. Ухта, доктор технических наук, профессор
Проректор по учебной работе
Телефон: (912) 103-10-10
E-mail: em13@bk.ru

Янченко Андрей Вячеславович

Комсомольский-на-Амуре государственный технический
университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Кандидат технических наук, доцент
Телефон (4217) 53-66-09

Vladimir Alfredovich Pukhalsky

Can.Eng., Assistant Prof.
Moscow State University of Instrument Making & Informatics, Moscow
Phone: (495)5214552
E-mail: puhalva@mail.ru

Mikhail Yurievich Sarilov

D.Eng., Assistant Prof., Head of the Dep.” Machinery and Apparatus in
Chemical Production”
Komsomolsk-upon-Amur State Technical University,
Komsomolsk-upon-Amur
Phone: (914) 172-45-25

Vladislav Pavlovich Smolentsev

D.Eng., Prof
Voronezh State Technical University, Voronezh
Phone: (903)655-99-70
E-mail: smol@comch.ru

Alexander Valerjevich Stupin

Can.Eng., Assistant Prof.
Komsomolsk-upon-Amur State Technical University,
Komsomolsk-upon-Amur
Phone: : (914) 172-20-55
E-mail: Stupin-1959@mail.ru

Nikolay Mikhailovich Chekan

Can. Physic-Math., Chief of the Lab.
SNU “Physical-Technical Institute” NAS of Belorus, Minsk, Belarus
Phone: (905) 589-60-06
E-mail: lloobbaannooff@live.ru

Yevgenia Ivanovna Eisymont

Lecturer
EI “Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus
Phone: (152) 484421
E-mail: gffh@mail.ru

Sergey Stepanovich Yukhnevich

Production Manager, Post-graduate Student
Voronezh Mechanical Works, Voronezh
Phone: (4732) 34 82 02
E-mail: pi.nv@mail.ru

Zafar Khangusein-ogly

D.Eng., Prof.
Head of the Chair
Ukhta State Technical University, Ukhta
Phone: (912) 103-10-10
E-mail: em13@bk.ru

Emin Zafar-ogly Yagubov

D.Eng., Prof.,
Pro-Rector for Training Work
Ukhta State Technical University, Ukhta
Phone: (912) 103-10-10
E-mail: em13@bk.ru

Andrey Vyacheslavovich Yanchenko

Can.Eng., Assistant Prof.
Komsomolsk-upon-Amur State Technical University,
Komsomolsk-upon-Amur
Phone: (4217) 53-66-09

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	18
Раздел 1 Теоретические основы системы менеджмента качества промышленного предприятия, ориентированной на человека (В. Ф. Безъязычный, М. Е. Ильина)	25
1.1 Человек в системе менеджмента качества	26
1.2 Эволюция управления качеством и функции человека в системе управления	30
1.3 Качество человека	31
1.4 Системный подход к управлению качеством продукции и качество жизни человека.....	34
1.5 Система потребностей человека	39
1.6 Мотивация персонала на основе использования системы потребностей человека	42
1.7 Современные методы менеджмента качества и особенности машиностроительного производства	45
1.8 Модель системы менеджмента качества, ориентированная на человека	49
1.8.1 Физические процессы жизненного цикла продукции	53
1.8.2 Процессы управления физическими процессами жизненного цикла продукции	53
1.8.3 Процессы управления системой менеджмента качества в целом	54
1.8.4 Взаимодействие систем менеджмента качества	55
1.9 Функционирование системы управления качеством продукции	56
1.10 Классификация систем управления качеством	60
1.10.1 Реализация цикла PDCA в системе управления качеством	60
1.10.2 Управляемые условия и ответственность за качество	68
1.10.3 Типы систем управления качеством	70
1.11 Развитие системы управления качеством	73
Раздел 2 Технология изготовления высокоресурсных биметаллических деталей (В.П. Смоленцев, В.С. Грицюк, С.С. Юхневич)	86
2.1 Особенности структуры, строения, обрабатываемости биметаллов	87
2.2 Влияние свойств биметаллов (в том числе материалов из порошка и гранул) на их обрабатываемость	90
2.3 Механизм анодного растворения биметаллов	92
2.4 Особенности электрических и комбинированных процессов механической обработки (ЭМО и КМО) биметаллов	101
2.5 Расчет режимов электрических методов обработки биметаллов	108
2.6 Основные этапы проектирования технологии обработки биметаллических материалов	121
2.7 Влияние ЭМО и КМО на свойства биметаллических деталей	125

2.8 Область использования ЭМО и КМО для биметаллов	132
2.9 Автоматизация проектирования технологического процесса обработки биметаллов	136
Раздел 3 Актуальные вопросы терминологии в технологии машиностроения (В. А. Пухальский).....	142
3.1 Анализ терминологии, существующей в технологии машиностроения и металлообработке	144
3.2 Упорядочение терминологии в технологии машиностроения и металлообработке	162
Раздел 4 Обеспечение качества наукоемкой продукции машиностроения (В.П. Смоленцев, О.Н. Кириллов, Б.И. Омигов)	175
4.1 Структуризация и управление качеством продукции в машиностроении.....	176
4.1.1 Принципы и структура управления качеством	176
4.1.2 Модель управления качеством	178
4.1.3 Оптимизация контроля на примере электрохимической размерной обработки (ЭХО)	181
4.2 Объем и место контроля при управлении качеством изделий.....	185
4.2.1 Категорирование контроля качества объектов	185
4.2.2 Типовые методы и средства контроля качества	188
4.2.2.1 Контроль качества материалов заготовок	188
4.2.2.2 Способы контроля химического состава и марки материалов	189
4.2.2.3 Производственный (операционный) контроль при механосборке .	191
4.2.2.4 Управление качеством на этапе сборки и испытаний	192
4.2.2.5 Специальные виды контроля качества изделий	194
4.3 Влияние нетрадиционных технологий на повышение качества продукции	200
4.3.1 Роль и место нетрадиционных технологий при создании качественной продукции	200
4.3.2 Контроль параметров процесса электроэрозионной обработки (ЭЭО)	201
4.3.3 Повышение качества изделий при использовании электрохимической размерной обработки (ЭХО)	206
4.3.4 Обеспечение качества процесса при ультразвуковой обработке (УЗО)	208
4.3.5 Повышение качества изделий при обоснованном использовании лазерной обработки	209
4.4 Эффективность использования интеллектуального труда при создании конкурентоспособной качественной продукции	212
4.4.1 Востребованность интеллектуального труда при управлении качеством продукции	212
4.4.2 Организация подразделения интенсивного интеллектуального труда на заводе-изготовителе качественной продукции	213

4.4.3 Особенности реализации интеллектуального потенциала в оборонных отраслях	216
4.5 Методы и средства обеспечения качества конкурентоспособных изделий	219
4.5.1 Определение места и объема контроля для обеспечения качества продукции	219
4.5.2 Уровень автоматизации, обеспечивающий высокое качество при оптимальной цене изделий	220
4.6 Управление качеством экспортной продукции	225
4.6.1 Место экспортной продукции в машиностроении России	225
4.6.2 Управление качеством на этапе запуска изделия	227
4.6.3 Обоснование места экспортной продукции в производственной программе	229
4.6.4 Специфика контроля качества продукции поставляемой за рубеж ...	230
4.6.5 Особенности формирования служб управления качеством предприятий, выпускающих экспортную продукцию	232
4.6.6 Критерии и стратегия выбора средств, обеспечивающих качество экспортной продукции	234
4.6.7 Управление экспортно-импортными операциями на промышленном предприятии	238
4.7 Поддержание и совершенствование качества продукции в гибкоструктурном производстве	244
4.7.1 Обеспечение преемственности уровня качества продукции	244
4.7.2 Состояние и перспективы выпуска конкурентоспособной продукции	245
4.7.3 Тенденции развития международного рынка промышленной продукции	249
Раздел 5 Обеспечение эксплуатационной надежности трубопроводного транспорта нефтегазового назначения (О.Ю. Еренков, Э.З. Ягубов, З.Х. Ягубов)	253
5.1 Физико-математическая модель процесса трещинообразования	255
5.2 Исследование влияния характера нагружения на процесс трещинообразования	256
5.3 Исследование параметров проницаемости среды через герметизирующий слой стенки трубы из полимерных композиционных материалов (ПМК)	261
5.4 Методика расчета трубы из ПКМ на долговечность и прочность	268
5.5 Методы определения герметичности труб из ПКМ	271
5.6 Экспериментальное исследование параметров герметичности труб из стеклопластика	274
5.7 Основные аспекты взаимодействия полимерных материалов с агрессивными средами	280
5.8 Методика расчета технологических параметров при взаимодействии агрессивной среды с полимерным материалом	283
5.9 Разработка конструкций трубопроводов повышенной надежности	287

Раздел 6 Управление процессом микрошабрения в электронагруженном трибологическом контакте (Б.Я.Мокрицкий, А.В. Янченко, А.В. Ступин, А.В. Артёменко, В.В. Алтухова, М.Ю. Сарилов, А.В. Киричек, А.В. Морозова).....	294
6.1 Отдельные сведения об объекте исследования	295
6.1.1 Назначение соединителя рельсового шаберного	295
6.1.2 Устройство и работа соединителя	295
6.1.3 Физические и технические эффекты, положенные в основу процесса шабрения	300
6.2 Электрический расчёт соединителя рельсового шаберно-пружинного (СРШП) по температурному режиму работы его элементов	306
6.2.1 Пример расчёта параметров рельсового соединителя при пропускании 100 % тягового тока через один СРШП	306
6.2.1.1 Расчёт переходного сопротивления R_k в контакте	307
6.2.1.2 Расчёт установившейся температуры в зоне контакта	307
6.2.1.3 Расчёт установившейся температуры $T_{пл.уст.}$ нагрева токопроводящей пластины СРШП	308
6.2.1.4 Расчёт уравнения нагрева токопроводящей пластины	308
6.2.2 Расчёт электрического сопротивления СРШП при повышенной величине тока в рельсовом стыке	309
6.2.3 Электрические потери и падение напряжения в СРШП при протекании тока $I_p = 500$ А	309
6.2.4 Расчёт параметров рельсового соединителя при пропускании тягового тока через два СРШП	310
6.2.4.1 Расчёт переходного сопротивления в контакте	310
6.2.4.2 Расчёт установившейся температуры в контакте при длительном протекании	310
6.2.4.3 Расчёт установившейся температуры нагрева токопроводящей пластины $T_{пл.уст.}$	310
6.2.4.4 Расчёт активного сопротивления двух СРШП при токе $I_p = 500$ А ..	311
6.2.4.5 Электрические потери и падение напряжения в СРШП при токе $I_p = 500$ А	311
6.2.5 Расчёт параметров рельсового соединителя при пропускании 50 % тягового тока через два СРШП	312
6.2.5.1 Переходное сопротивление в контакте	312
6.2.5.2 Установившаяся температура в контакте при токе $I_k = 125$ А	312
6.2.5.3 Установившаяся температура нагрева токопроводящей пластины при токе $I_k = 125$ А	312
6.2.5.4 Электрическое сопротивление двух СРШП при токе $I_p = 250$ А	312
6.2.5.5 Электрические потери и падение напряжения в СРШП при токе $I_p = 250$ А	313
6.2.6 Расчёт параметров рельсового соединителя при пропускании 100 % тока управления через один СРШП	313
6.2.6.1 Переходное сопротивление в контакте	313
6.2.6.2 Температура в контакте	313
6.2.6.3 Сопротивление СРШП постоянному току при $I_y = 5$ А	313
6.2.6.4 Электрические потери и падение напряжения в одном СРШП при $I_y = 5$ А	314

6.2.7 Расчёт параметров соединителя при пропускании 100 % тока управления через два СРШП	314
6.2.8 Расчёт температуры элементов СРШП при пиковых значениях тягового тока $I = 1500$ А, действующего в течении 5 секунд	314
6.2.8.1 Оценочная температура в зоне контакта	314
6.2.8.2 Расчет кривой нагрева контактных элементов	315
6.2.8.3 Расчёт кривой нагрева токопроводящей пластины при пиковом значении тока 1500 А	316
6.2.9 Расчёт температуры нагрева пружины	317
6.2.10 Расчет коэффициента теплоотдачи K_t с токоведущих элементов СРШП	319
6.2.11 Общие выводы и рекомендации, полученные на основе анализа результатов электротехнических расчётов	321

Раздел 7 Изготовление единичных мелко модульных эвольвентных профилей непрофилированным электродом (В.П. Смоленцев, А. В. Кузовкин, В.В. Золотарев)	325
7.1 Область применения и конструкция мелко модульных долбяков	326
7.2 Анализ современных методов традиционного изготовления твердосплавного инструмента для нарезания эвольвентных зубьев	329
7.3 Опыт эксплуатации твердосплавного инструмента в гибкоструктурном производстве	333
7.4 Показатели процесса обработки точных сопрягаемых поверхностей непрофилированным электродом-проволокой	335
7.5 Технологическое оборудование для обработки рабочего профиля долбяков электродом-проволокой	338
7.6 Технологические методы обеспечения геометрической точности эвольвентного профиля	341
7.7 Анализ технологических показателей при обработке профилей	355
7.8 Производственный опыт обработки зубчатых колес мелко модульными твердосплавными долбяками и оценка целесообразности применения для этих целей проволочного электрода ...	360
7.9 Повышение качества мелко модульных зубчатых профилей	362

Раздел 8 Наноконпозиционные плазмохимические покрытия (Е.В. Овчинников, Н.М. Чекан, В.А. Губанов, Н.В. Малай, И.П. Акула, Е.И. Эйсымонт, А.С. Прушак)	369
8.1 Структура и свойства покрытий, получаемых на базе сложных химических соединений	371
8.2 Технология получения сплавных катодов для формирования покрытий на базе AlTiN	379
8.3 Исследование морфологии покрытий AlTiN	382
8.3.1 Исследование морфологии покрытий AlTiN методом оптической микроскопии	382
8.3.2 Исследование морфологии покрытий AlTiN методом атомно-силовой микроскопии	386
8.3.3 Исследование физико-механических характеристик покрытий на подложках различной природы	395
8.4 Исследование топографии поверхности покрытий AlTiN	397
8.5 Разработка составов наноконпозиционных плазмохимических покрытий	419

Contents

Preface.....	18
Part 1 Theoretical Fundamentals of System for Quality Management at Industrial Man-oriented Enterprise (<i>V.F. Bezyazychny, M.I. Ilyina</i>)	25
1.1 Human in Quality Management System	26
1.2 Quality Management Development and Human Functions in Control System	30
1.3 Quality of Human.....	31
1.4 System Approach to Product Quality Management and Quality of Human Life	34
1.5 System of Human Needs	39
1.6 Staff Motivation on Basis of Human Needs System	42
1.7 Modern Methods of Quality Management and Engineering Production Peculiarities	45
1.8 Model of Quality Management Man-oriented System	49
1.8.1 Physical Procedures in Product Life Cycle	53
1.8.2 Procedures for Physical Processes Control in Product Life Cycle	53
1.8.3 Control Procedures in Quality Management System as a Whole	54
1.8.4 Interaction of Quality Management Systems	55
1.9 Product Quality Management System Functioning	56
1.10 Quality Management Systems Classification	60
1.10.1 Realization of PDCA Cycle in Quality Management System	60
1.10.2 Controlled Conditions and Responsibility for Quality	68
1.10.3 Types of Quality Management Systems	70
1.11 Development of Quality Management System	73
Part 2 Techniques for Manufacturing High-Longevity Bimetallic Parts (<i>V.P. Smolentse, V.S. Gritsyuk S.S. Yukhnevich</i>)	86
2.1 Peculiarities in Structure and Workability of Bimetals	87
2.2 Bimetal Properties Impact (Including Powdered and Granular Materials) upon Their Machinability	90
2.3 Mechanism of Bimetals Anodic Dissolution	92
2.4 Peculiarities of Electric and Combined Processes in Bimetals Machining ..	101
2.5 Computation of Electric Modes for Bimetals Processing	108
2.6 Basic Stages of Techniques Development for Bimetals Processing	121
2.7 Electromechanical- and Combined Mechanical Operation Effect upon Bimetal Parts Behavior	125
2.8 Scope of Electromechanical- and Combined Mechanical Operation for bimetals	132
2.9 Computer-Aided Design of Engineering Procedure for Bimetals machining	136
Part 3 Pressing Questions of Terminology in Engineering Techniques (<i>V.A. Pukhalsky</i>)	142
3.1 Analysis of Terminology Existing in Engineering Techniques and Metal Processing	144
3.2 Terminology Ordering in Engineering Techniques and Metal Processing ..	162
Part 4 Quality Assurance of Science Intensive Engineering Products (<i>V.P. Smolentsev, O.N. Kirillov, B.I. Omigov</i>)	175
4.1 Structuring and Product Quality Management in Mechanical Engineering ..	176
4.1.1 Principles and Structures of Quality Management	176

4.1.2 Quality Management Model	178
4.1.3 Management Optimization with Example of Electro-Chemical Dimensional Processing	181
4.2 Amount and Place at Products Quality Management	185
4.2.1 Classification of Products Quality Management	185
4.2.2 Standard Methods and Means of Management	188
4.2.2.1 Material Quality Management in Billets	188
4.2.2.2 Means of Materials Chemistry Management	189
4.2.2.3 Manufacturing Inspection at Machine Assembling	191
4.2.2.4 Quality Management at Assembling and Testing	192
4.2.2.5 Special Kinds of Products Quality Management	194
4.3 Non-Traditional Techniques upon Products Quality Increase	200
4.3.1 Role and Place of Non-Traditional Techniques at Quality Product Manufacturing	200
4.3.2 Parameter Control of Electric Erosion Machining	201
4.3.3 Products Quality Increase Using Electro-Chemical Dimensional Processing	206
4.3.4 Process Quality Assurance at Ultra-Sonic Processing	208
4.3.5 Products Quality Increase at Sound Use of Laser Processing	209
4.4 Efficiency of Intellectual Labour Use at Creation of Competitive Quality Products	212
4.4.1 Intellectual Labour Need at Products Quality Management	212
4.4.2 Organization of Intensive Intellectual Labour Section at Manufacturing Works of Quality Products	213
4.4.3 Peculiarities of Intellectual Potential Realization in Defense Industry	216
4.5 methods and Means for Quality Assurance of Competitive Produce	219
4.5.1 Definition of Amount and Place for Quality Assurance Management	219
4.5.2 Level of Automation Providing High Quality at Optimal Price for Products	220
4.6 Quality Management of Export Produce	225
4.6.1 Export Produce Place in Mechanical Engineering of Russia	225
4.6.2 Quality Management at Stage of Produce Launching	227
4.6.3 Importance of Export Produce in Production Program	229
4.6.4 Quality Management Specificity of Produce Delivered for Export	230
4.6.5 Formation Peculiarities of Quality Management Service at Works Manufacturing Exported Goods	232
4.6.6 Criteria and Strategy of Means Choice Ensuring Exported Goods Quality	234
4.6.7 Management of Export-Import Transactions at Industrial Plant	238
4.7 Support and Improvement of Produce Quality in Structure-Flexible Manufacturing	244
4.7.1 Succession Assurance in Produce Quality	244
4.7.2 State and Outlooks in Competitive Produce Manufacturing	245
4.7.3 Trends in Development of International Market of Industrial Production	249
Part 5 Maintainability Assurance of Oil and Gas Pipe Line (O. Yu. Yerenkov, E. Z. Yagubov, Z. Kh. Yuagubov)	253
5.1 Physico-mathematical Model of Fracturing	255
5.2 Researches of Loading Impact upon Fracturing	256
5.3 Researches of Environment Permeability Parameters through Sealing Layer of Pipe Wall in Polymer Composite Pipe	261
5.4 Computation Technique of Durability and Soundness for Polymer Composite Pipe	268

5.5 Estimation Methods for Impermeability Definition of Polymer Composite Pipes	271
5.6 Experimental Investigation Impermeability Parameters in Glass-Fiber Pipes	274
5.7 Basic Aspects in Interaction of Polymeric Materials with Hostile Environment	280
5.8 Technique for Technological Parameters Computation at Interaction of Hostile Environment with Polymer Material	283
5.9 Design Development of Pipe Lines with Advanced Reliability	287

Part 6 **Micros-scraping Management in Electro-loaded Tribological**

Contact (<i>B.Ya. Mokritsky, A.V. Yanchenko, A.V. Stupin, A.V. Artyomenko, V.V. Altukhova, M.Yu. Sarilov, A.V. Kirichek, A.V. Morozova</i>)	294
6.1 Separate Data of Test Subject	295
6.1.1 Destination of Rail Scraper Bond	295
6.1.2 Bond Structure and Functioning	295
6.1.3 Physical and Engineering Effects Assumed as Basis of Scraping	300
6.2 Electric Estimation of Rail Scraper-spring Bond on Thermal Behavior of Its Parts Functioning	306
6.2.1 Computation Example of Rail Bond parameters at 100 %Traction Current through one Rail Scraper-spring Bond	306
6.2.1.1 Computation of Transient Resistance R_c in Contact	307
6.2.1.2 Computation of Steady Temperature in Contact Zone	307
6.2.1.3 Computation of Steady Temperature T_{st} of Conducting Plate Heating in Rail Scraper-spring Bond	308
6.2.1.4 Computation of Conducting Plate Heating Equation	308
6.2.2 Computation of Electric Resistance in Rail Scraper-spring Bond at Increased Current Value in Rail Joint	309
6.2.3 Electric Loss and Voltage Drop in Rail Scraper-spring Bond at Current Passing $I_p = 500$ A	309
6.2.4 Parameters Computation for Rail Joint at Traction Current Transmission through Two Rail Scraper-spring Bonds	310
6.2.4.1 Computation of Transient Resistance in Contact	310
6.2.4.2 Computation of Steady Temperature in Contact at Continual Transmission	310
6.2.4.3 Computation of Steady Heating Temperature in Current Passing Plate $T_{pl, vct}$	310
6.2.4.4 Computation of Active Resistance in Two Rail Scraper-spring Bond at Current $I_p = 500$ A	311
6.2.4.5 Electric Loss and Current Drop in Rail Scraper-spring Bond at Current $I_p = 500$ A	311
6.2.5 Parameters Computation for Rail Joint at Transmission of 50 % Traction Current through Two Rail Scraper-spring Bonds	312
6.2.5.1 Transient Resistance in Contact	312
6.2.5.2 Steady Temperature in Contact at Current $I_K = 125$ A	312
6.2.5.3 Steady Heating Temperature in Conducting Plate at Current $I_K = 125$ A	312
6.2.5.4 Electrical Resistance of Two Rail Scraper-spring Bonds at Current $I_p = 250$ A	312
6.2.5.5 Electric Loss and Voltage Drop in Rail Scraper-spring Bond at Current $I_p = 250$ A	313
6.2.6 Parameters Computation for Rail Joint at Transmission 100 % Base Current through One Rail Scraper-spring Bond	313
6.2.6.1 Transient Resistance in Contact	313
6.2.6.2 Temperature in Contact	313
6.2.6.3 Resistance of Rail Scraper-spring Bond to Direct Current at $I_y = 5$ A ...	313

6.2.6.4 Electric Loss and Voltage Drop in One Rail Scraper-spring Bond at $I_v = 5$ A	314
6.2.7 Parameters Computation for Connector at Transmission 100 % Base Current through Two Rail Scraper-spring Bonds	314
6.2.8 Temperature Computation for Elements of Rail Scraper-spring Bond at Peak Values of Traction Current $I = 1500$ A acting during 5 seconds	314
6.2.8.1 Estimating Temperature in Contact Zone	314
6.2.8.2 Computation of Heating Curve of Contact Elements	315
6.2.8.3 Computation of Heating Curve Conducting Plate at Peak Current Value 1500 A	316
6.2.9 Computation of Spring Heating Temperature	317
6.2.10 Computation of Heat-Transfer Factor K_T from Conductor Elements of Rail Scraper-spring Bond	319
6.2.11 General Conclusions and Recommendations obtained on basis of Analysis of Results of Electro-Technical Computations	321
Part 7 Manufacturing Single Fine-Module Involute Profiles with Non-Profiled Electrode (<i>V.P. Smolentsev, A.V. Kuzovkin, V.V. Zolotaryov</i>) ...	325
7.1 Field of Application and Design of Fine-Module Rams	326
7.2 Analysis of Modern Methods for Common Manufacturing Hard-Alloy Tools for Involute Teeth Cutting	329
7.3 Experience of Hard-Alloy Tool Operation in Structure-Flexible Manufacturing Process	333
7.4 Indices of Precise Mating Surfaces Processing with Non-Profiled Wire-Electrode	335
7.5 Technological Equipment for Rams Working Profile Processing with Wire-Electrodes	338
7.6 Technological Methods Ensuring Geometrical Precision of Involute Profile	341
7.7 technological Indices Analysis at Profiles Processing	355
7.8 Factory Experience in Cog-Wheels Machining with Fine-Module- or Hard-Alloy Rams and Expediency Estimation in Wire-Electrode Application for This Purpose	360
7.9 Quality Increase of Fine-Module Cogged Profiles	362
Part 8 Nano-composite Plasma-chemical Coatings (<i>E.V. Ovchinnikov, N.M. Chekan, V.A. Gubanov, N.V. Malay, I.P. Akula, E.I. Eismont, A.S. Prushak</i>)	369
8.1 Structure and Properties of Coatings Manufactured on Basis of Complex Chemical Compounds	371
8.2 Techniques for Manufacturing Alloyed Cathodes for Coatings Formation on Basis of AlTiN	379
8.3 Researches of AlTiN Coatings Morphology	382
8.3.1 Researches of AlTiN Coatings Morphology through Optic Microscopy Method	382
8.3.2 Researches of AlTiN Coatings Morphology through Method of Atomic-Power Microscopy	386
8.3.3 Researches of Physical-Stress-Strain Properties of Coatings on Substrates of various Structure	395
8.4 Researches of Topography in Surfaces with AlTiN Coatings	397
8.5 Mixtures Development for Nano-Phase Composite Plasma-Chemical Coatings	419

КОЛЛЕКТИВНАЯ МОНОГРАФИЯ

**Акула Игорь Петрович
Алтухова Виктория Викторовна
Артёменко Алексей Васильевич
Безъязычный Вячеслав Феокистович
Грицюк Василий Григорьевич
Губанов Виктор Андреевич
Еренков Олег Юрьевич
Золотарев Владимир Викторович
Ильина Мария Евгеньевна
Кириллов Олег Николаевич
Киричек Андрей Викторович
Кузовкин Алексей Викторович
Малай Николай Владимирович
Мокрицкий Борис Яковлевич
Морозова Анна Валентиновна
Овчинников Евгений Витальевич
Омигов Борис Иванович
Прушак Александр Сергеевич
Пухальский Владимир Альфредович
Сарилов Михаил Юрьевич
Смоленцев Владислав Павлович
Ступин Александр Валерьевич
Чекан Николай Михайлович
Эйсымонт Евгения Ивановна
Юхневич Сергей Степанович
Ягубов Зафар Хангусейн оглы
Ягубов Эммин Зафар оглы
Янченко Андрей Вячеславович**

Под ред. А.В. Киричека

ПРОГРЕССИВНЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ Том IV

**Корректор М.В. Алисова
Инженер по компьютерному макетированию А.А. Алисов
Технический редактор Д.Е. Тарасов**

Сдано в набор 08.12.2014 г.
Подписано в печать 11.12.2014 г. Формат 60x88 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 27 Усл.-изд. л. 27
Тираж 500 экз. Заказ

ISBN 978-5-4442-0087-2

9 785444 120087 2

Издательский дом «Спектр».
119048, Москва, ул. Усачева, д.35, стр. 1.
<http://www.idspektr.ru/> E-mail: idspektr@rambler.ru

Отпечатано в ООО «Издательский дом «Орлик»
302004, г. Орел, ул. 3-я Курская, д. 20.
Тел./факс (4862) 76-17-15, 54-15-48