*А.Ю. Албагачиев
С.К. Амбросимов
О.Б. Бавыкин
А.Н. Большаков
Ю.А. Бондаренко
О.Ф. Вячеславова
Ю.И. Еременко
Д.М. Забелян
С.А. Зайцев
М.А. Козлова
Е.Ю. Крупеня
В.А. Лебедев
И.Е. Лобанов
А.В. Морозова
Н.А. Пелипенко
В.А. Пухальский
Л.А. Рыбак
С.Н. Санин
Т.М. Санина
А.Г. Серебренникова
С.В. Усов
М.А. Федоренко
О.П. Харина
У. Хасьянов
Д.У. Хасьянова
А.П. Шишкина*

**ПРОГРЕССИВНЫЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ**

Том VI

Серия: Машиностроение: технологии, оборудование, кадры

Редакционный совет

О.Н. Федонин - Председатель редакционного совета

Ю.С. Степанов - Заместитель председателя редакционного совета

А.В. Киричек - Главный редактор

А.В. Морозова - Заместитель Главного редактора

Члены совета:

Аверченков В.И. (Брянск)

Агеев Е.В. (Курск)

Албагачиев А.Ю. (Москва)

Амбросимов С.К. (Липецк)

Афонин А.Н. (Белгород)

Бабичев А.П. (Ростов-на-Дону)

Безъязычный В.Ф. (Рыбинск)

Белоусов А.И. (Самара)

Болдырев А.И. (Воронеж)

Бочкарев П.Ю. (Саратов)

Бржозовский Б.М. (Саратов)

Бутенко В.И. (Таганрог)

Васильев А.С. (Москва)

Верещака А.С. (Москва)

Волков Д.И. (Рыбинск)

Горленко О.А. (Брянск)

Григорьев С.Н. (Москва)

Гузеев В.И. (Челябинск)

Гусев В.Г. (Владимир)

Давыдов В.М. (Хабаровск)

Доставалов В.А. (Владивосток)

Дьяконов А.А. (Челябинск)

Евсеев Д.Г. (Москва)

Еренков О.Ю. (Комсомольск-на-Амуре)

Ивахненко А.Г. (Курск)

Козлов А.М. (Липецк)

Кожина Т.Д. (Рыбинск)

Константинов И.С. (Белгород)

Лужнов Ю.М. (Москва)

Макаров В.Ф. (Пермь)

Максаров В.В. (Санкт-Петербург)

Михайлов А.Н. (Донецк)

Мокрицкий Б.Я.

(Комсомольск-на-Амуре)

Мотренко П.Д. (Ростов-на-Дону)

Протасьев В.Б. (Тула)

Савин Л.А. (Орел)

Смоленцев В.П. (Воронеж)

Соловьев Д.Л. (Муром)

Суслов А.Г. (Москва)

Табаков В.П. (Ульяновск)

Тарапанов А.С. (Орел)

Хандожко А.В. (Брянск)

Химухин С.Н. (Хабаровск)

Шумячер В.М. (Волгоград)

Ямников А.С. (Тула)

Янюшкин А.С. (Братск)

Яцун С.Ф. (Курск)

**А.Ю. АЛБАГАЧИЕВ
С.К. АМБРОСИМОВ
О.Б. БАВЫКИН
А.Н. БОЛЬШАКОВ
Ю.А. БОНДАРЕНКО
О.Ф. ВЯЧЕСЛАВОВА
Ю.И. ЕРЕМЕНКО
Д.М. ЗАБЕЛЬЯН
С.А. ЗАЙЦЕВ
М.А. КОЗЛОВА
Е.Ю. КРУПЕНЯ
В.А. ЛЕБЕДЕВ
И.Е. ЛОБАНОВ**

**А.В. МОРОЗОВА
Н.А. ПЕЛИПЕНКО
В.А. ПУХАЛЬСКИЙ
Л.А. РЫБАК
С.Н. САНИН
Т.М. САНИНА
А.Г. СЕРЕБРЕННИКОВА
С.В. УСОВ
М.А. ФЕДОРЕНКО
О.П. ХАРИНА
У. ХАСЬНОВ
Д.У. ХАСЬЯНОВА
А.П. ШИШКИНА**

ПРОГРЕССИВНЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ

Том VI

Москва, 2015

УДК 621.9
ББК 34.63
П.68

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *М.В. Вартанов*
доктор технических наук, профессор *А.М. Козлов*
доктор технических наук, профессор *Н.В. Парамонов*
доктор технических наук, профессор *А.А. Погонин*
доктор технических наук, профессор *В.В. Столяров*
доктор технических наук, профессор *В.Г. Фирсов*
доктор технических наук, профессор *А.М. Шпилев*

П.68 Прогрессивные машиностроительные технологии, оборудование и инструменты. Том VI. Коллективная монография. / А.Ю. Албагачиев, С.К. Амбросимов, О.Б. Бавыкин, А.Н. Большаков, Ю.А. Бондаренко, О.Ф. Вячеславова, Ю.И. Еременко, Д.М. Забелян, С.А. Зайцев, М.А. Козлова, Е.Ю. Крупеня, В.А. Лебедев, И.Е. Лобанов, А.В. Морозова, Н.А. Пелипенко, В.А. Пухальский, Л.А. Рыбак, С.Н. Санин, Т.М. Санина, А.Г. Серебренникова, С.В. Усов, М.А. Федоренко, О.П. Харина, У. Хасьнов, Д.У. Хасьянова, А.П. Шишкина; Под ред. А.В. Киричека. - М.: Издательский дом «Спектр», 2015. - 464 с. : ил.

ISBN 978-5-4442-0107-7
DOI 10.14489/4442-0107-7

В монографии предложено решение проблем математического моделирования теплообмена в турбулизаторах, фрактального анализа поверхностного слоя обработанного электрохимией материала. Раскрыты вопросы оценки эффективности режущего инструмента, обжига в модернизированных вращающихся печах, вибрационной отделочной обработки органическими средами. Рассмотрены перспективы применения станкороботов, термомеханических соединений с эффектом памяти формы, управления качеством отбора специалистов для наукоемкого производства. Приведены результаты исследования влияния скорости резания на температуру и мощность резания при обработке титановых сплавов и аустенитных сталей.

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 978-5-4442-0107-7

© А.Ю. Албагачиев, С.К. Амбросимов, О.Б. Бавыкин, А.Н. Большаков, Ю.А. Бондаренко, О.Ф. Вячеславова, Ю.И. Еременко, Д.М. Забелян, С.А. Зайцев, М.А. Козлова, Е.Ю. Крупеня, В.А. Лебедев, И.Е. Лобанов, А.В. Морозова, Н.А. Пелипенко, В.А. Пухальский, Л.А. Рыбак, С.Н. Санин, Т.М. Санина, А.Г. Серебренникова, С.В. Усов, М.А. Федоренко, О.П. Харина, У. Хасьнов, Д.У. Хасьянова, А.П. Шишкина; 2015

**A.Yu. ALBAGACHIEV
O.B. BAVYKIN
A.N. BOLSHAKOV
Yu.A. BONDARENKO
O.F. VYACHESLAVOVA
Yu.I. YERYOMENKO
D.M. ZABELYAN
S.A. ZAITSEV
M.A. KOZLOVA
E.Yu. KRUPENYA
V.A. LEBEDEV
I.E. LOBANOV
A.V. MOROZOVA**

**N.A. PELIPENKO
V.A. PUKHALSKY
L.A. RYBAK
S.N. SANIN
T.M. SANINA
A.G. SEREBRENNIKOVA
S.V. USOV
M.A. FEDORENKO
O.P. KHARINA
U. KHASNOV
D.U. KHASYANOVA
A.P. SHISHKINA**

MODERN ENGINEERING TECHNIQUES, EQUIPMENT AND TOOLWARE

VOLUME VI

Сведения об авторах:

Албагачиев Али Юсупович

Институт машиноведения РАН, г. Москва
Доктор технических наук, профессор
Заведующий отделом "Трение, износ и смазка. трибология"
Заведующий лабораторией «Узлы трения для экстремальных условий»
Телефон: (499) 135 40 97
E-mail: albagachiev@yandex.ru

Амбросимов Сергей Константинович

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк
Доктор технических наук, профессор
Телефон: (961) 035 88 28
E-mail: ambsk@mail.ru

Бавыкин Олег Борисович

Университет машиностроения,
г. Москва
Кандидат технических наук,
Начальник Учебно-методического отдела
Доцент кафедры «Стандартизация, метрология, сертификация»
Телефон: (916) 956 36 03
E-mail: Ray86@list.ru

Большаков Алексей Николаевич

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк
Кандидат технических наук,
Старший преподаватель
Телефон: (951) 305 36 62
E-mail: atbasarets@mail.ru

Бондаренко Юлия Анатольевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Доктор технических наук,
Старший научный сотрудник, доцент
Телефон: (952) 423 41 39
E-mail: kdsm2002@mail.ru

Вячеславова Ольга Федоровна

Университет машиностроения,
г. Москва
Доктор технических наук, профессор,
Заместитель заведующего кафедрой
«Стандартизация, метрология, сертификация»
Телефон: (495) 631 45 89
E-mail: vyache-smis@mail.ru

Еременко Юрий Иванович

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов»
г. Старый Оскол
Доктор технических наук, профессор
Заведующий кафедрой «Автоматизированный и информационные системы управления»
Телефон: (4725) 45 12 10
E-mail: erem49@mail.ru

Authors' Data:

Ali Yusupovich Albagachiev

D.Eng., Prof.,
Head of the Dep. "Friction, Wear and Lubrication, Tribology",
Head of the Lab. "Friction Units for Extremal Conditions"
Institute of Engineering Science of the RAS, Moscow
Phone: (499) 135 40 97
E-mail: albagachiev@yandex.ru

Sergey Konstantinovich Ambrosimov

D.Eng., Prof.
Lipetsk State University, Lipetsk
Phone: (961) 035 88 28
E-mail: avadro@mail.ru

Oleg Borisovich Bavykin

Can.Sc. Eng.
Head of Educational Methodical Dep.
Assistant Prof. of the Dep. "Standardization, Metrology, Certification"
University of Mechanical Engineering, Moscow
Phone: (916) 956 36 03
E-mail: Ray86@list.ru

Alexey Nikolayvich Bolshakov

Can.Sc. Eng.
Senior Lecturer
Lipetsk State University, Lipetsk
Phone: (951) 305 36 62
E-mail: atbasarets@mail.ru

Julia Anatolievna Bondarenko

D.Eng.
Senior Researcher, Assistant Prof.
Shukhov State Technological University of Belgorod, Belgorod
Phone: (952) 423 41 39
E-mail: kdsm2002@mail.ru

Olga Fedorovna Vyacheslavova

D.Eng., Prof.
Deputy Chief of the Dep. "Standardization, Metrology, Certification"
University of Mechanical Engineering, Moscow
Phone: (495) 631 45 89
E-mail: vyache-smis@mail.ru

Yury Ivanovich Yermenko

D.Eng., Prof.
Head of the Dep. "Automated and Information Systems of Control"
Ugarov Technological Institute of Stary Oskol of National Research Technological University "Moscow Institute of Steel and Alloys", Stary Oskol
Phone: (4725) 45 12 10
E-mail: erem49@mail.ru

Забельян Дмитрий Михайлович

Научно-производственный центр
газотурбиностроения «САЛЮТ», г. Москва
Заместитель Главного инженера – Главный технолог
Телефон: (915) 010 21 09
E-mail: zabelyan@salut.ru

Зайцев Сергей Алексеевич

Университет машиностроения, г. Москва
Кандидат технических наук, профессор
Директор института непрерывного образования
Телефон: (985) 922 94 97
E-mail: saz@mami.ru

Козлова Мария Андреевна

Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Магистр кафедры «Технология машиностроения»
Телефон: (914) 170 38 72
E-mail: makozlova91@gmail.com

Крупеня Евгений Юрьевич

Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону
Кандидат технических наук, доцент
Телефон: (951) 539 51 59

Лебедев Валерий Александрович

Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону
Кандидат технических наук, профессор
Телефон: (863) 235 33 61
E-mail: va.lebidev@yandex.ru

Лобанов Игорь Евгеньевич

Московский авиационный институт, г. Москва
Доктор технических наук
Ведущий научный сотрудник
Телефон: (905) 589 60 06
E-mail: lloobbaannooff@live.ru

Морозова Анна Валентиновна

Брянский государственный технический университет
г. Брянск
Кандидат социологических наук,
Старший научный сотрудник
Телефон: (4862) 55 86 02
E-mail: niotlostu@gmail.com

Пелипенко Николай Андреевич

Белгородский государственный университет
г. Белгород
Доктор технических наук,
Телефон: (980) 376 38 62
E-mail: pelipenko@bsu.edu.ru

Пуhalский Владимир Альфредович

Московский государственный университет
информационных технологий, радиотехники и
электроники, г. Москва
Кандидат технических наук, доцент
Телефон: (916) 421 90 21
E-mail: puhalya@mail.ru

Dmitry Mikhailovich Zabelian

Deputy Chief Engineer-Production Manager
Scientific Production Center of Gas Turbine Engineering
“Salute”, Moscow
Phone: (915) 010 21 09
E-mail: zabelyan@salut.ru

Sergev Alexeevich Zaitsev

Can.Eng., Prof.
Director of Institute of Continuous Training
University of Mechanical Engineering, Moscow
Phone: (985) 922 94 97
E-mail: saz@mami.ru

Maria Andreevna Kozlova

M.Eng. of the Dep. “Engineering Technique”
State Technical University of Komsomolsk-upon-Amur,
Komsomolsk-upon-Amur
Phone: (914) 170 38 72
E-mail: makozlova91@gmail.com

Eugene Yurievich Krupenya

Can.Eng., Assistant Prof.
Donskoy State Technical University, Rostov-upon-Don
Phone: (951) 539 51 59

Valery Alexandrovich Lebedev

Can.Eng., Prof.
Donskoy State Technical University, Rostov-upon-Don
Телефон: (863) 235 33 61
E-mail: va.lebidev@yandex.ru

Igor Eugenievich Lobanov

D.Eng.,
Leading Scientific Research Worker
Moscow Aircraft Institute, Moscow
Phone: (905) 589 60 06
E-mail: lloobbaannooff@live.ru

Anna Valentinovna Morozova

Can.Sc.Sociol.
Senior Scientific Researcher
Bryansk State Technical University, Bryansk
Телефон: (4862) 55 86 02
E-mail: niotlostu@gmail.com

Nikolay Andreevich Pelipenko

D.Eng.,
Belgorod State University, Belgorod
Phone: (980) 376 38 62
E-mail: pelipenko@bsu.edu.ru

Vladimir Alfredovich Pukhalsky

Can.Eng., Assistant Prof.
Moscow State University of Information Technologies,
Radioequipment and Electronics, Moscow
Phone: (916) 421 90 21
E-mail: puhalya@mail.ru

Рыбак Лариса Александровна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Доктор технических наук, профессор
Телефон: (915) 578 29 25
E-mail: rl_bgtu@intbel.ru

Санин Сергей Николаевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент
Телефон: (950) 710 80 30
E-mail: senis81@mail.ru

Санина Тамара Михайловна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент
Телефон: (952) 423 41 39
E-mail: kdsm2002@mail.ru

Серебренникова Анжела Геннадьевна

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Кандидат технических наук, доцент
Телефон: (914) 185 77 75
E-mail: S_angel@kmscom.ru

Усов Сергей Вадимович

Университет машиностроения, г. Москва
Доктор технических наук, профессор
Телефон: (926) 210 39 86
E-mail: usovsv5@mail.ru

Федоренко Михаил Алексеевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Доктор технических наук, профессор
Старший научный сотрудник
Телефон: (952) 423 41 39
E-mail: kdsm2002@mail.ru

Харина Ольга Петровна

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре
Старший преподаватель
Телефон: (914) 166 55 65
E-mail: mathlady@mail.ru

Хасьянов Усман

Институт машиноведения РАН, г. Москва
Кандидат технических наук
Старший научный сотрудник лаборатории механики термодинамического разрушения
Телефон: (909) 969 78 02

Хасьянова Динара Усмановна

Институт машиноведения РАН, г. Москва
Кандидат технических наук
Старший научный сотрудник лаборатории узлов трения для экстремальных условий
Телефон: (903) 556 17 60
E-mail: dinara.khasyanova@mail.ru

Шишкина Антонина Павловна

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
Старший преподаватель
Телефон: (951) 539 51 59

Larissa Alexandrovna Rybak

D.Eng., Prof.
Shukhov State Technological University of Belgorod, Belgorod
Phone: (915) 578 29 25
E-mail: rl_bgtu@intbel.ru

Sergev Nikolavevich Sanin

Can.Eng., Assistant Prof.
Shukhov State Technological University of Belgorod, Belgorod
Phone: (915) 578 29 25
E-mail: rl_bgtu@intbel.ru

Tamara Mikhailovna Sanina

Can.Eng., Assistant Prof.
Shukhov State Technological University of Belgorod, Belgorod
Кандидат технических наук, доцент
Phone: (952) 423 41 39
E-mail: kdsm2002@mail.ru

Angela Gennadievna Serebrennikova

Can.Eng., Assistant Prof.
State Technical University of Komsomolsk-upon-Amur, Komsomolsk-upon-Amur
E-mail: S_angel@kmscom.ru

Sergev Vadimovich Usov

D.Eng., Prof.
University of Mechanical Engineering, Moscow
Phone: (926) 210 39 86
E-mail: usovsv5@mail.ru

Mikhail Alexeevich Fedorenko

D.Eng., Prof.,
Senior Scientific Researcher
Shukhov State Technological University of Belgorod
Belgorod
Phone: (952) 423 41 39
E-mail: kdsm2002@mail.ru

Olga Petrovna Kharina

Senior Lecturer
State Technical University of Komsomolsk-upon-Amur, Komsomolsk-upon-Amur
Phone: (914) 166 55 65
E-mail: mathlady@mail.ru

Usman Khasyanov

Can.Eng.
Senior Scientific Worker of the Lab. "Mechanics of Thermo-Cyclic Destruction"
Institute of Machine Science of the Russian Academy of Sciences
Phone: (909) 969 78 02

Dinara Usmanovna Khasyanova

Can.Eng.
Senior Scientific Worker of the Lab. "Friction Assemblies for Extremal Conditions"
Institute of Machine Science of the Russian Academy of Sciences
Phone: (903) 556 17 60
E-mail: dinara.khasyanova@mail.ru

Antonina Pavlovna Shishkina

Senior Lecturer
Donskoy State Technical University, Rostov-upon-Don
Phone: (951) 539 51 59

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	18
Раздел 1 Математическое моделирование интенсифицированного теплообмена при турбулентном течении в кольцевых каналах с поперечными кольцевыми канавками и комбинированными турбулизаторами типа «выступ-канавка» на внутренней трубе (Лобанов И.Е.)	25
1.1 Актуальность проблемы. Условия, детерминирующие выбор метода интенсификации теплообмена	25
1.1.1 Экспериментальные методы исследования интенсифицированного теплообмена	30
1.1.2 Общая постановка проблемы расчётно-теоретического исследования	32
1.2 Математическое моделирование интенсифицированного теплообмена при турбулентном течении в кольцевых каналах при односторонних комбинированных турбулизаторах типа "выступ-канавка" с применением компаундной семислойной модели турбулентного пограничного слоя	33
1.2.1 Интенсификация теплообмена при турбулентном течении в кольцевых каналах при односторонних комбинированных турбулизаторах типа "выступ-канавка"	33
1.2.2 Математическая модель теплообмена в кольцевых каналах при односторонних комбинированных турбулизаторах типа «выступ-канавка»	35
1.2.3 Сопоставление теоретических данных по интенсифицированному теплообмену при турбулентном течении в кольцевых каналах при односторонних комбинированных турбулизаторах типа "выступ-канавка" с применением компаундной семислойной модели турбулентного пограничного слоя с экспериментом	39
1.3 Математическое моделирование интенсифицированного теплообмена при турбулентном течении в кольцевых каналах с поперечными кольцевыми канавками на внутренней трубе с применением компаундной семислойной модели турбулентного пограничного слоя	41
1.3.1 Интенсификация теплообмена при турбулентном течении в кольцевых каналах с поперечными кольцевыми канавками на внутренней трубе	41
1.3.2 Математическая модель теплообмена в кольцевых каналах с поперечными кольцевыми канавками на внутренней трубе	45

1.3.3 Сопоставление математического моделирования интенсифицированного теплообмена при турбулентном течении в кольцевых каналах с поперечными кольцевыми канавками на внутренней трубе с применением компаундной семислойной модели турбулентного пограничного слоя с экспериментом	50
---	----

Раздел 2 Снижение энергоемкости процесса обжига материалов модернизацией вращающихся печей (Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М.).....	59
---	-----------

2.1 Анализ конструктивных особенностей уплотнительных устройств и их влияния на работоспособность обжиговых печей	60
---	----

2.2 Анализ влияния факторов на работоспособность уплотнительных устройств	69
---	----

2.3 Расчет деформации лепестков уплотнительного устройства и определение массы грузов, обеспечивающих оптимальный контакт уплотнения с корпусом печи	82
--	----

2.4 Конструктивно-технологические решения уплотнительного устройства	88
--	----

Раздел 3 Перспективы использования станкороботов для обработки крупногабаритных деталей в промышленности (Пелипенко Н.А., Рыбак Л.А., Санин С.Н., Еременко Ю.И.)	103
---	------------

3.1 Введение	106
--------------------	-----

3.2 Общие вопросы обработки отверстий станкороботами	107
--	-----

3.3. Обработка деталей, содержащих много одинаковых элементов – прецизионных отверстий	117
--	-----

3.4 Оценка точности базирования станкоробота	118
--	-----

3.5 Принципиальные возможности обработки отверстий без снятия стружки: калибровка и выглаживание	120
--	-----

3.6 Дорнование изделий типа гильз гидроцилиндров станкороботом	123
--	-----

3.7 Вибрационное выглаживание трубопроводов в условиях роботизированного производства	127
---	-----

3.8 Обработка зубчатых колес с помощью станкороботов	128
--	-----

3.9 Фрезерная и шлифовальная обработка сложных поверхностей станкороботами	132
--	-----

3.10 Задача обеспечения точности базирования станкоробота	139
---	-----

3.11 Обработка трубчатых и фасонных заготовок с использованием станкоробота	143
---	-----

3.12 Постановка задачи обработки фасонных поверхностей с помощью станкороботов	146
--	-----

Раздел 4 Особенности термомеханических соединений трубопроводов (ТМС) с использованием свойств эффекта памяти формы (ЭПФ) (Албагачиев А.Ю., Хасьянов У., Хасьянова Д.У.)	151
4.1 Виды соединений трубопроводов	151
4.2 Технологический процесс сборки соединений трубопроводов	156
4.3 Основные характеристики сплавов с эффектом памяти формы	159
4.3.1 Диаграмма состояния сплавов. Последовательность мартенситных превращений в сплавах TiNi с R-превращением	160
4.3.2 Термическая обработка. Условия проявления и области существования сверхупругости	163
4.4 Определение напряжений между муфтой и трубопроводом	165
4.5 Виды конструкций ТМС	172
 Раздел 5 Исследование влияния скорости резания на температуру и мощность резания при точении труднообрабатываемых материалов (ТОМ) (Серебренникова А.Г., Козлова М.А., Харина О.П.).....	 182
5.1. Теоретические основы физики резания материалов группы ТОМ	184
5.2 Выбор режущего инструмента и режимов резания для обработки материалов группы ТОМ	189
5.3 Методологическое обоснование эмпирического исследования	192
5.4 Результаты эмпирических исследований титанового сплава BT20	197
5.5 Результаты эмпирических исследований стали 12X18H10T	201
 Раздел 6 Анализ подходов к оценке качества режущего инструмента (Пухальский В.А., Забельян Д.М.)	 208
6.1 Терминология, используемая при оценке качества продукции	208
6.2 Системное обеспечение качества продукции вообще и режущего инструмента в частности	212
6.3 Основы оценки качества продукции	232
6.4 Критерии оценки эффективности и качества режущего инструмента .	238
 Раздел 7 Повышение эффективности вибрационной отделочной обработки деталей на основе применения сред органического происхождения (Лебедев В.А., Крупеня Е.Ю., Шишкина А.П.)	 268
7.1 Технологические предпосылки применения сред органического происхождения в технологии виброобработки деталей	269
7.2 Виброотделка деталей органическими средами состоящих из косточек фруктов	274
7.2.1 Влияние обработки косточками фруктов на качество поверхности .	274
7.2.2 Методика и результаты исследований виброотделки деталей косточками фруктов	283
7.2.3 Оценка производительности виброотделки косточками фруктов	290

7.3 Вибрационная протирка деталей органическими средами	293
7.3.1 Закономерности вибропротирки дроблёными гранулами початковых растений.....	293
7.3.2 Технологические факторы интенсификации процесса вибропротирки	299
7.3.3 Методика и результаты экспериментальных исследований вибропротирки деталей дробленными гранулами початковых растений ..	308
7.3.3.1 Исследование процесса влагопоглощения	309
7.3.3.2 Исследования процесса сушки и сухой протирки	315
7.3.4 Оценка продолжительности вибропротирки	319

Раздел 8 Алгоритмическое обеспечение квалиметрико-компетентного управления качеством отбора молодых специалистов для наукоемкого производства (Морозова А.В.)	327
8.1 Субъект социально-профессионального пространства - СМК профильного вуза	327
8.2 Субъект социально-профессионального пространства - интегрированная СМК промышленного предприятия	338

Раздел 9 Фрактальный анализ поверхностного слоя материала (Вячеславова О.Ф., Бавыкин О.Б., Зайцев С.А., Усов С.В.)	352
9.1 Общие сведения о фракталах	353
9.1.1 Понятие фрактал	353
9.1.2 Фрактальная размерность	357
9.1.3 R/S-анализ	358
9.2 Фрактальный анализ поверхностного слоя материала	364
9.2.1 Фрактальность поверхности	364
9.2.1.1 Необходимость определения наличия фрактальных свойств поверхности	364
9.2.1.2 Подходы в определении фрактальности поверхности	365
9.2.1.3 Критерии фрактальности поверхности	369
9.2.1.4 Исследование электрохимически обработанной поверхности с использованием критериев фрактальности	371
9.2.2 Взаимосвязь свойств поверхности и фрактальной размерности	375
9.2.3 Методы вычисления фрактальной размерности поверхности	381
9.2.3.1 Установка для радиооптических измерений	381
9.2.3.2 Сканирующая зондовая микроскопия. Программа «Nova»	382
9.2.3.3 R/S-анализ	387
9.2.3.4 Установка для фрактального анализа на базе модернизированного МИИ-4 и компьютерной программы «Nova»	387
9.2.4 Результаты фрактального анализа поверхностного слоя электрохимически обработанного материала	389

9.3 Поверхность как фрактальный кластер	390
9.3.1 Концепция технологического обеспечения изготовления деталей машин с заданными эксплуатационными свойствами	390
9.3.2 Влияние фрактальной субмикроструктуры поверхностного слоя на эксплуатационные свойства деталей машин	397
9.3.3 Математическая модель формирования поверхности деталей машин на основе кластерных представлений	404
9.4. Парадигма фракталов в высшем техническом образовании	411
9.4.1 Общая характеристика дисциплины «Методы фрактального анализа»	411
9.4.2 Основы курса	411
9.4.3 Состав программной основы курса. Программа Fractan	412
9.4.4 Варианты заданий для проведения семинарских занятий	414
 Раздел 10 Эффективные технологии фрезерования с нелинейно-согласованными движениями формообразования (Амбросимов С.К., Большаков А.Н.)	425
10.1. Усложнение кинематики формообразования – действенный путь повышения эффективности процессов фрезерования	425
10.2. Торцовое фрезерование с криволинейным врезанием по эллиптической дуге	428
10.3. Исследование явления разгрузочного удара возникающего при выходе зуба фрезы из зоны обработки	432
10.4. Синтез кинематических схем формообразования с нелинейно-согласованными движениями формообразования	440
10.5 Установление соотношений между движениями для различных методов фрезерования	447
10.6. Исследование производительности винтового чернового фрезерования	450
10.7. Методы фрезерования с качающимся движением фрезы	455
10.8. Исследование температуры в зоне резания и износа зубьев при фрезеровании с качающимся движением фрезы	458

Contents

Preface.....	18
Part 1 Mathematical Modelling Intensive Heat Exchange at Turbulent Flow in Ring Canals with Transverse Ring Flute and Combined “Projection-Flute” Turbolizers on Inner Tube (I.E. Lobanov)	25
1.1 Problem Topicality. Conditions Defining Choice of Heat Intensification Method	25
1.1.1 Experimental Researching Methods of Intensified Heat Exchange	30
1.1.2 General Problem Setting in Computational Theoretical researches	32
1.2 Mathematical Modelling Intensive Heat Exchange at Turbulent Flow in Ring Canals at One-Sided Combined “Projection-Flute” Turbolizers Using Compound Seven-Layer Model of Turbulent Boundary Layer	33
1.2.1 Heat Exchange Intensification at Turbulent Flow in Ring Canals at One-Sided Combined “Projection-Flute” Turbolizers	33
1.2.2 Simulator of Heat Exchange in Ring Canals at One-Sided Combined “Projection-Flute” Turbolizers	35
1.2.3 Comparison of Theoretical Data on Intensified Heat Exchange at Turbulent Flow in Ring Canals at One-Sided Combined “Projection-Flute” Using Compound Seven-Layer Model of Turbulent Boundary Layer with Experiment	39
1.3 Mathematical Modelling Intensified Heat Exchange at Turbulent Flow in Ring Canals with Transverse Ring Flutes on Inner Tube Using Compound Seven-Layer Model of Turbulent Boundary Layer	41
1.3.1 Heat Exchange Intensification at Turbulent Flow in Ring Canals with Transverse Ring Flutes on Inner Tube	41
1.3.2 Simulator of Heat Exchange in Ring Canals with Transverse Ring Flutes on Inner Tube	45
1.3.3 Comparison of Mathematical Modelling Intensified Heat Exchange at Turbulent Flow in Ring Canals with Transverse Ring Flutes on Inner Tube Using Compound Seven-Layer Model of Turbulent Boundary Layer with Experiment	50
Part 2 Power Intensity Reduction in Material Burning Process through Revolving Kilns Modernization (M.A. Fedorenko, Yu.A. Bondarenko, T.M. Sanina)	59
2.1 Analysis of Design Philosophy in Sealing Arrangements and Their Influence upon Efficiency of Kilns	60
2.2 Analysis of Factors Effecting Efficiency of Sealing Arrangements	69

2.3 Deformation Computation of Leaves in Sealing Arrangement and Definition of Load Mass Providing Optimum Contact of Compaction with Kiln Body	82
2.4 Design-Technological Solutions for Sealing Arrangement	88

Part 3 Outlooks for Using Machine-Robots for Machining Large Parts in Industry (<i>N.A. Pelipenko, L.A. Rybak, S.N. Sanin, Yu.I. Yeremenko</i>)	103
3.1 Introduction	106
3.2 General Problems in Holes Machining by Machine-Robots	107
3.3. Machining Holes Having Many Identical Elements – Precision Holes	117
3.4 Assessment of Machine-Robot Stationing Precision	118
3.5 Principle Possibilities in Holes Machining without Chips Removal: Calibration and Smoothing	120
3.6 Burnishing Sleeve-like Parts for Hydro-cylinders by Machine-Robot	123
3.7 Pipe Lines Vibration Smoothing under Conditions of Robot Manufacturing	127
3.8 Cog-wheels Machining Using Machine-Robots	128
3.9 Milling and Grinding Parts with Complicated Surfaces by Machine-Robots	132
3.10 Problem to Provide Accuracy of Machine-Robot Location	139
3.11 Tybe-type and Formed Components Machining Using Machine-Robot ...	143
3.12 Target Setting for Machining Formed (Profiled) Surfaces Using Machine-Robots	146

Part 4 Peculiarities of Thermo-Mechanical Joints (TMJ) in Pipe Lines Using Form Memory Effect (FME) (<i>A.Yu. Albagachiev, U. Khasyanov, D.U. Khasyanov</i>)	151
4.1 Kinds of Pipe Lines Joints	151
4.2 Engineering Process in Assemblage of Pipe Lines Joints	156
4.3 Key Features of Alloys with FME	159
4.3.1 Diagram of Alloy State. Sequence of Martensate Transformations in TiNi alloys with R-Transformation	160
4.3.2 Thermal Treatment. Conditions for Hyperelasticity Event and Fields of Its Existence	163
4.4 Definition of Stresses between Clutch and Pipe Line	165
4.5 Kinds of TMJ Structures	172

Part 5 Researches of Cutting Speed Effect upon Temperature and Cutting Power at Hard-to-Machine Material (HMM) Turning (<i>A.G. Serebrennikova, M.A. Kozlova, O.P. Kharina</i>)	182
5.1. Theoretical Fundamentals of Metal Cutting Physics of HMM Group	184
5.2 Cutter and Cutting Modes Choice for HMM Machining	189

5.3 Methodological Substantiation of Empirical Research	192
5.4 Results of Titanium BT20 Alloy Empirical Researches	197
5.5 Results of Steel 12 12X18H10T Empirical Researches	201
Part 6 Analysis of Approaches to Assessment of Cutter Quality <i>(V.A. Pukhalsky, D.M. Zabelyan)</i>	208
6.1 Terminology Used at Assessment of Product Quality	208
6.2 System Support of Product Quality in General and Cutter in Particular	212
6.3 Fundamentals in Assessment of Product Quality	232
6.4 Criteria for Assessment of Cutter Effectiveness and Quality	238
Part 7 Effectiveness Increase in Parts Vibration Finishing Based on Use of Organic Nature Environment <i>(V.A. Lebedev, E.Yu. Krupenya, A.P. Shishkina)</i>	268
7.1 Technological Prerequisites for Use Environments with Organic Origin in Techniques Parts Vibro-Machining	269
7.2 Parts Vibro-finishing with Organic Means Having Pits	274
7.2.1 Finishing Effect with Pits upon Surface Quality	274
7.2.2 Methods and Results in Researches of Parts Vibro-Finishing with Pits ...	283
7.2.3 Assessment of Vibro-finishing with Pits	290
7.3 Parts Vibrating Wipe with Organic Means	293
7.3.1 Vibro-Wipe Regularities with Crushed Granules of Ear Plants	293
7.3.2 Technological Factors of Vibro-Wipe Process Intensification	299
7.3.3 Methods and Results in Experimental Researches of Parts Vibro-Wipe with Crushed Granules of Ear Plants	308
7.3.3.1 Moisture Absorption Researches	309
7.3.3.2 Drying and Dry Wipe Researches	315
7.3.4 Duration assessment Vibro-Wipe Process	319
Part 8 Algorithmic Support of Quality Metering and Competence Quality Control of Young Specialists Selection for High Technological Manufacturing <i>(A.V. Morozova)</i>	327
8.1 Subject of Social-Professional Area – SQM of Related College	327
8.2 Subject of Social-Professional Area – Integrated SQM of Industrial Enterprise	338
Part 9 Fractal Analysis of Material Surface Layer <i>(O.F. Vyacheslavova, O.B. Bavykin, S.A. Zaitsev, S.V. Usov)</i>	352
9.1 General Information of Fractals	353
9.1.1 Concept of Fractal	353
9.1.2 Fractal Dimension	357
9.1.3 R/S-Analysis	358
9.2 Fractal Analysis of Material Surface Layer	364

9.2.1 Surface Fractality	364
9.2.1.1 Necessity in Definition of Surface Fractal Properties Presence Surface	364
9.2.1.2 Approaches to Surface Fractality Definition	365
9.2.1.3 Criteria of Surface Fractality	369
9.2.1.4 Researches of Surface Worked Electrochemically with Use Fractality Criteria	371
9.2.2 Interconnection of Surface and Fractal Dimension Properties	375
9.2.3 Methods for Surface Fractal Dimension Computation	381
9.2.3.1 Plant for Radio-Optical Measurements	381
9.2.3.2 Scanning Probe Microscopy	382
9.2.3.3 R/S- Analysis	387
9.2.3.4 Plant for Fractal Analysis Based on Up-dated MII-4 and Computer Program “Nova”	387
9.2.4 Results in Fractal Analysis of Surface Layer of Material Worked Electro-Chemically	389
9.3 Surface as Fractal Cluster	390
9.3.1 Concept of Technological Support for Manufacturing Machinery with Preset Performance Attributes	390
9.3.2 Effect of Fractal Sub-Microstructure of Surface Layer on Machinery Performance Attributes	397
9.3.3 Simulator of Machinery Surface Formation on Basis of Cluster Ideas	404
9.4 Fractal Paradigm in Higher Engineering Education	411
9.4.1 General Characteristics of Subject “Methods of Fractal Analysis”	411
9.4.2 Course Fundamentals	411
9.4.3 Contents of Course Program Basis. Program Fractan	412
9.4.4 Variants of Assignments for Seminar Studies	414
 Part 10 Effective Milling Techniques with Nonlinear-agreed Motions of Shaping (S.K. Ambrosimov, A.N. Bolshakov)	 425
10.1. Shaping Kinematics Complication – Effective Way to Milling Effectiveness Increase	425
10.2. V-Milling with Curvilinear Penetration along Elliptic Arch	428
10.3. Investigation of Phenomenon of Unloading Blow Arising at Milling Cutter Tooth Withdrawal from Working Area	432
10.4. Synthesis of Shaping Kinematics with Nonlinear-agreed Motions of Shaping	440
10.5 Establishment of Correlations between Motions for Various Milling Methods	447
10.6. Investigation of Rough Spiral Milling Productivity	450
10.7. Methods for Milling with Milling Cutter Floating Motion	455
10.8. Investigation of Temperature in Cutting Area and Teeth Wear at Milling with Floating Motion of Milling Cutter	458

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современном машиностроении непрерывно ужесточаются требования к конструкторско-технологическому и инструментальному обеспечению процессов механической обработки. Параметры технологических систем, технология и режимы обработки оказывают определяющее влияние на качество, долговечность и работоспособность деталей машин. Закономерности влияния входных параметров на выходные можно в полной мере оценить только методами математического моделирования процесса.

В монографии предложено решение проблем математического моделирования теплообмена в турбулизаторах при турбулентном течении в кольцевых каналах, фрактального анализа поверхностного слоя обработанного электрохимией материала, описания поверхности деталей на основе кластерных представлений. Анализируются подходы к оценке качества и эффективности режущего инструмента. Раскрыты вопросы оценки эффективности обжига в модернизированных вращающихся печах, вибрационной отделочной обработки органическими средами. Рассмотрены перспективы применения станкороботов, термомеханических соединений с эффектом памяти формы. Приведены результаты исследования влияния скорости резания на температуру и мощность резания при обработке титановых сплавов и аустенитных сталей. В работе представлена система алгоритмов, обеспечивающая реализацию управленческого цикла Деминга при решении проблемы отбора молодых специалистов для современного наукоемкого производства как компонент функционирования СМК промышленного предприятия.

Первый раздел **«Математическое моделирование интенсифицированного теплообмена при турбулентном течении в кольцевых каналах с поперечными кольцевыми канавками и комбинированными турбулизаторами типа «выступ-канавка» на внутренней трубе»** (автор – *Лобанов И.Е.*, Московский авиационный институт, г. Москва) посвящен разработанной автором компаундной математической модели интенсифицированного теплообмена при турбулентном течении в кольцевых каналах с кольцевыми поперечными канавками различных поперечных сечений, основанная на семислойном моделировании турбулентного пограничного слоя в пространстве между турбулизаторами и использовании интегральных соотношений для турбулентных пограничных слоёв для пространства в канавке. Автором получены аналитические соотношения относительно интенсифицированного теплообмена данного вида в зависимости от геометрических характеристик канавок (их глубины, взаимного расположения и поперечного сечения: полукруг, треугольник с углом 60°), кольцевого канала (отношение радиусов внутренней трубы к наружной), режима течения теплоносителя (чисел Рейнольдса и Прандтля). Полученные зависимости преимущественно отличаются от полученных ранее решений более широкой общностью и верифицируемостью, а также тем, что потребовали принятия меньшего числа допущений при выводе. Полученные результаты расчёта в зависимости от широкого диапазона определяющих параметров как геометрии кольцевого канала с поперечными кольцевыми

канавками, так и режима течения теплоносителя, хорошо коррелируют с существующими экспериментальными данными, но применимы в более широком диапазоне определяющих параметров, поскольку базируются на допущениях, имеющих очень широкую общность.

Второй раздел **«Снижение энергоемкости процесса обжига материалов модернизацией вращающихся печей»** (авторы – *Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М.*, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород) посвящен проблеме снижения энергопотребления при производстве строительных материалов, связанного с несовершенством конструкции обжиговых агрегатов, приводящим к значительным потерям тепла, вызывающими нарушение технологических процессов спекания и сушки сырья. Приведен способ удаления пыли из-под уплотнения, анализ конструкций пылезащитных устройств, принцип работы пылезащитных устройств и анализ работы струйного аппарата для удаления пыли.

В третьем разделе **«Перспективы использования станкороботов для обработки крупногабаритных деталей в промышленности»** (авторы – *Пелипенко Н.А., Рыбак Л.А., Санин С.Н.*, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, и *Еременко Ю.И.*, Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов», г. Старый Оскол) приведены результаты практических, экспериментальных и теоретических разработок авторов при обработке крупногабаритных деталей. В тяжелом машиностроении часто используется “плазовая”, “стапельная” и “стендовая” технология обработки деталей, которая объединяется общим термином: “безрамная технология”. Особенностью данной технологии является базирование станкоробота по отношению к детали, которая исполняет роль станины станкоробота. В работе приведены примеры использования станкоробота в различных отраслях машиностроения.

Четвертый раздел **«Особенности термомеханических соединений трубопроводов с использованием свойств эффекта памяти формы»** (авторы – *Албагачиев А.Ю., Хасьянов У., Хасьянова Д.У.*, Институт машиноведения РАН, г. Москва) посвящен обзору современных методов соединения трубопроводов, анализу технологических процессов изготовления и оценке их надежности. Авторами приведены результаты исследования основных характеристик сплавов с эффектом памяти формы и рассмотрены условия проявления основных свойств материалов для ТМС, таких как сверхупругость. Проведен анализ напряжений, возникающих между трубопроводом и муфтой при создании соединений ТМС, а также рассмотрены различные конструкции соединений ТМС, их особенности и предназначения.

В пятом разделе **«Исследование влияния скорости резания на температуру и мощность резания при точении труднообрабатываемых материалов»** (авторы – *Серебренникова А.Г., Козлова М.А., Харина О.П.*, Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре) представлено решение проблемы поиска участка

стабилизации мощности при значительном снижении силы резания и температуры, на котором скорость резания будет оптимальной. Для исследования авторами были выбраны аустенитные стали третьей группы и сплавы на титановой основе седьмой группы как сплавы широко применяемые в различных отраслях промышленности, в частности самолето- и кораблестроения. Работа проводилась с применением программно-аппаратного комплекса, разработанном на основе лабораторного стенда и универсального токарного станка. В работе представлено эмпирическое подтверждение теоретическим данным.

Шестой раздел **«Анализ подходов к оценке качества режущего инструмента»** (авторы – *Пухальский В.А.*, Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники, г. Москва, и *Забельян Д.М.*, Научно-производственный центр газотурбиностроения «САЛЮТ», г. Москва) посвящен анализу широкого круга вопросов, связанных с оценкой эффективности и качества продукции, рассмотрены основные термины и их определения, которые используются при оценке качества продукции, осуществлён анализ различных вариантов системного подхода к обеспечению качества продукции в нашей стране и за рубежом, а также представлены основные подходы и методы, используемые в этих системах, позволяющие повысить качество продукции.

Авторами проведен анализ основных аспектов предлагаемой сегодня методологии оценки качества продукции в рамках квалиметрического подхода, который выявил ряд недостатков в предложенной методике, что затрудняет её применение. Исследована критериальная сторона оценки качества режущего инструмента, разработаны положения, позволившие сравнить используемые в настоящее время критерии выбора режущего инструмента с точки зрения полноты учёта ими всех необходимых параметров, характеризующих как сам инструмент, так и условия его существования, а также намечены подходы к осуществлению такой оценки.

В седьмом разделе **«Повышение эффективности вибрационной отделочной обработки деталей на основе применения сред органического происхождения»** (авторы - *Лебедев В.А.*, *Крупня Е.Ю.*, *Шишкина А.П.*, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону) представлен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, раскрывающий особенности и технологические возможности применения сред органического происхождения для отделочной обработки, протирки и сушки деталей в условиях вибрационных технологических систем; предложены расчётно-аналитические зависимости, позволяющие прогнозировать качество поверхности и производительность процессов обработки.

Восьмой раздел **«Алгоритмическое обеспечение квалиметрико-компетентностного управления качеством отбора молодых специалистов для наукоемкого производства»** (автор – *Морозова А.В.*, Брянский государственный технический университет, г. Брянск) посвящен проблеме отбора молодых специалистов для современного производства на основе методологии квалиметрико-компетентностного управления как одному из

ведущих факторов, обеспечивающих качество выпускаемой продукции. Автор рассматривает его как компонент управленческого процесса в рамках деятельности СМК промышленного предприятия, предлагает анализировать посредством управленческого цикла Деминга и представлять как совокупность алгоритмов и методик реализации системы подпроцессов.

Особенностью такой системы алгоритмов является возможность их реализации как на базе вузов, так и на базе промышленных предприятий. Единство и эффективность реализации всего управленческого цикла Деминга достигается за счет комплексности формирования, апробации и внедрения этих алгоритмов в целом в системе «наукоемкое производство - вуз».

В девятом разделе **«Фрактальный анализ поверхностного слоя материала»** (авторы – Вячеславова О.Ф., Бавыкин О.Б., Зайцев С.А., Усов С.В., Университет машиностроения, г. Москва) представлены общие сведения о фракталах и фрактальном анализе поверхностного слоя материала, рассматривается концепция технологического обеспечения изготовления деталей машин с заданными эксплуатационными свойствами, анализируется влияние фрактальной субмикроструктуры поверхностного слоя на эксплуатационные свойства деталей машин, а также представлена математическая модель формирования поверхности деталей машин на основе кластерных представлений. Авторами представлена общая характеристика дисциплины «Методы фрактального анализа», состав программной основы курса, а также варианты заданий для проведения семинарских занятий.

Десятый раздел **«Эффективные технологии фрезерования с нелинейно-согласованными движениями формообразования»** (авторы – Амбросимов С.К., Большаков А.Н., Липецкий государственный технический университет, г. Брянск) посвящен проблеме разработки новых прогрессивных методов фрезерования с нелинейно-согласованными движениями формообразования и с криволинейным врезанием, обеспечивающих снижение теплонапряженности у вершины режущей кромки и устранение разгрузочного удара при выходе зуба фрезы из зоны резания. Представлены исследования износостойкости режущей кромки и температуры в зоне резания для обработки сложных фасонных поверхностей с качающимся движением фрезы.

Ключевые слова: базирование, безрамная технология, вибрационная обработка, вращающиеся печи, выброс пыли, герметичность, жизненный цикл продукции, износ инструмента, интенсифицированный теплообмен, качающееся движение фрезы, квалиметрико-компетентностное управление, кольцевой канал, компаундная математическая модель, конструкция, крупногабаритная деталь, кристаллическая структура, мартенситное критерии выбора, напряжения термомеханического возврата, пограничный слой, поперечная канавка, протирка, пылевоздушная смесь, разгрузочный конец печи, режущий инструмент, сверхупругость, скольжение режущей кромки, способ, среды органического происхождения, станкоробот, строительные материалы, термическая обработка, термомеханическое соединение, техническое состояние оборудования, точность обработки, труднообрабатываемые материалы, турбулентное течение, турбулизатор, уплотнительные устройства, финишная отделка, формообразование, холодильник цементной печи, эксплуатация, энергоносители, эффект памяти формы.

PREFACE

In current mechanical engineering the requirements for engineering-design and tool support of machine work processes become continuously tougher and tougher. Technological system parameters, techniques and machining modes exert a determining influence upon quality, life, capacity for work of machinery. The regularities of input parameter influence upon output ones could be, in full measure, assessed only through methods of mathematical modeling.

In the monograph the solution of problems in the mathematical modeling of heat exchange in turbulence promoters at a turbulent flow in annular rings, of the fractal analysis of a surface layer in material processed electrochemically, the description of a part surface on basis of cluster presentations is offered.

The approaches to the assessment of quality and cutter effectiveness are analyzed. Problems in the assessment of baking efficiency in modernized rotary baking ovens, vibromechanical finishing by organic media are revealed.

The prospects in application of machine-robots, thermo-mechanical joints with effect of form memory are considered. The research results of the influence of a cutting speed upon temperature and cutting power at machining titanium alloys and austenitic steel are shown. The paper reports the algorithm system ensuring the realization of Deming's control cycle at the solution of the problem in young expert selection for current high-technological manufacturing as a component of the SMC functioning of an industrial enterprise.

Part 1 **“Mathematical Simulation of Intensified Heat Exchange at Turbulent Flow in Annular Rings with Cross Ring Grooves and Combined Turbulence Promoters of “Projection-Groove” Type on an Internal Pipe”** (author – *Lobanov. I.E.*, Moscow Aircraft Institute, Moscow) is devoted to the developed by the author compound mathematical modeling of intensive heat exchange at turbulent flow in annular channels with ring cross grooves of various cross sections based on the seven-layer simulation of a turbulent boundary layer in space between turbulent promoters and the application of integral correlations for turbulent boundary layers for space in a groove. The author has obtained the analytical correlations regarding the intensified heat exchange of the given kind depending on the geometrics of grooves (their depth, a mutual location and cross-section: a semicircle, a triangle with the angle of 60°), an annular channel (ratio of radii of an internal pipe to an external one), a flow regime (Reynolds and Prandtl numbers). The obtained dependences differ from earlier obtained solutions mainly in a wider community and verification, and also in that they required the assumption of a lower number of admissions at a conclusion. The obtained results of computation depending on a wide range of defining parameters both the geometry of an annular channel with cross circular grooves, and a regime of heat-carrying medium flow, correlate well with existing experimental data, applicable in a wider range of defining parameters, as they are based on the assumptions having a very wide community.

Part 2 **“Power Intensity Decrease in Material Burning through Rotary Kiln Updating”** (authors – *Fedorenko M.A., Bondarenko Yu.A., Sanina T.M.*, Shukhov State Technological University of Belgorod) is devoted to the problem of power consumption decrease at construction material manufacturing connected with the imperfection of kiln units design resulting in considerable heat loss and causing breakdowns in technological processes of sintering and row material drying. There is shown a method of dusting from under seals, the analysis of dust-proofing device design, a principle of dust-proofing device operation and the analysis of dusting blaster operation is carried out.

In part 3 **“Prospects in Machine-Robot Application for Bulky Part Machining in Industry”** (authors – *Pelipenko N.A., Rybak L.A., Sanin S.N.*, Shukhov State Technological University of Belgorod, Belgorod, and *Yeremenko Yu.I.*, Ugarov Technological Institute of Stary Oskol, National Research Technological University “Steel & Alloy Institute of Moscow”, Stary Oskol) the results of practical, experimental and theoretical developments of authors at bulky part machining are shown. In heavy engineering industry the spiling, stockpile and bench techniques for part machining are widely used which are combined into one common term – “frameless technique”. The peculiarity of this technique consists in machine-robot basing regarding a work piece which performs a role of a frame of a machine-robot. In the paper the examples of machine-robot application in various branches of mechanical engineering industry are shown.

Part 4 **“Peculiarities of Thermo-mechanical Joints in Pipe Lines with Use of Effect Properties in Shape Memory”** (authors – *Albagachiev A.Yu., Khasianov U., Khasianova D.U.*, Institute of Engineering Science of the RAS, Moscow) is devoted to the survey of current methods of pipe line joints, an analysis of an engineering procedure for manufacturing and the assessment of their reliability. The authors have shown the research results of alloy basic properties with the effect of shape memory and the manifestation conditions of material basic properties for a thermomechanical joint (TJ), such as superelasticity are considered. The analysis of stresses arising between a pipe line and a sleeve at the formation of TJs is carried out, and also various designs of TJs, their peculiarities and destinations are analyzed.

In part 5 **“Investigation of Cutting Speed Effect upon Temperature and Power at Turning Hard-to-Machine Materials”** (authors – *Serebryannikova A.G., Kozlova M.A., Kharina O.P.*, Komsomolsk-upon-Amur State Technical University, Komsomolsk-upon-Amur) there is presented a solution of the problem in search of a power stabilization area at the considerable decrease of cutting force and a temperature at which a cutting speed would be optimum. For investigations the authors have chosen austenitic steel of the third group and alloys on titanium basis of the seventh group as alloys widely used in various branches of industry, in particular, in aircraft construction and shipbuilding. The work was carried out with the use of the program-machinery complex developed on basis of a laboratory bench and a universal lathe. In the work the empiric confirmation of theoretical data is presented.

Part 6 **“Analysis of Approaches to Assessment of Cutter Quality”** (authors – *Pukhalsky V.A.*, Moscow State University of Information Technologies, Radio Engineering and Electronics, Moscow, and *Zabelian D.M.*, Scientific Production Center Gas Turbine Engineering “Salute”, Moscow) is devoted to the analysis of a wide range of problems connected with the assessment of effectiveness and quality of produce, basic terms and their definitions which are used at the assessment of produce quality are considered, the analysis of various variants of a system approach to produce quality assurance in our country and abroad is carried out, basic approaches and methods used in these systems allowing the produce quality increase are also presented.

The authors carried out the analysis of basic aspects of the methodology now offered for the assessment of produce quality within the limits of a quality metering approach which revealed a number drawbacks in the procedure offered that makes it difficult to use it. A criterion side of cutter quality assessment is investigated, regulations are developed allowing the comparison of criteria used now for the cutter choice in respect to the fullness of register by them all essential parameters charactering a tool itself characterizing both, a tool itself, and conditions of its existence, the approaches to the fulfillment of such an assessment are outlined.

In part 7 **“Effectiveness Increase in Part Vibration Finishing Based on Use of Media of Organic Origin”** (authors – *Lebedev V.A., Krupenya E.Yu., Shishkina A.P.*, Donskoy State Technical University, Rostov-upon-Don) is presented a complex of theoretical and experimental researches revealing the peculiarities and technological possibilities for application of media of organic origin for finishing, wiping and drying parts under conditions of vibration technological systems; computation-analytical dependences allowing the forecasting of surface quality and machining productivity are offered.

Part 8 **“Algorithmic Support of Quality Metering and Competence Control in Young Expert Selection for High Technical Manufacturing”** (author – *Morozova A.V.*, Bryansk State Technical University, Bryansk) is devoted to the problem of young expert selection for current manufacturing on basis of the methodology of quality metering and competence control as one of the leading factors ensuring quality of produce manufactured. The author considers it as a component of the control process within the limits of SQM functioning at industrial enterprises offers analyzing by means of Deming’s managerial cycle and presenting it as a set of algorithms and procedures for the realization of a sub-process system. The peculiarity of such a system is a possibility for their realization both, on basis of colleges, and on basis of industrial enterprises. The unity and effectiveness of realization of all Deming’s managerial cycle is achieved at the expense of formation complexity, approbation and introduction of these algorithms as a whole in the “high-technological production – college” system”.

In part 9 **“Fractal Analysis of Material Surface Layer”** (authors – *Vyacheslavova O.F., Bavykin O.B., Zaitsev S.A., Usov S.V.*, University of Mechanical Engineering, Moscow) is offered general information of fractals and fractal analysis of a material surface layer, the concept of technological support for manufacturing machinery with preset operational properties is considered, the influence of a fractal sub-microstructure of a surface layer upon operation properties of machinery are analyzed, and also a simulator of the formation of machinery surfaces on basis of cluster presentation is shown. The authors have shown general characteristics of subject “Methods of Fractal Analysis”, the program basis structure of the course, and also variants of assignments for carrying out seminar studies.

Part 10 **“Effective Milling Techniques with Nonlinear-agreed Motions of Shaping”** (authors – *S.K. Ambrosimov, A.N. Bolshakov*, Lipetsk State technical University) reports the analysis carried out dealing with the problem of development new up-dated milling methods with nonlinear-agreed motions of shaping and with curvilinear penetration providing decrease of thermo-strength at the top of a cutting rim and unloading blow elimination at milling cutter tooth withdrawal from the cutting area. There are presented the investigations of rim durability and temperature in the cutting area for working complex formed (profiled) surfaces with a milling cutter floating motion.

Key words: *stationing, frameless technology, vibration machining, rotary kilns, containment, produce life, heat exchange, quality metering and competence control, annular channel, compound simulator, bulky part, crystalline structure, martensitic transformation, choice criterion, stresses of thermo-mechanical return, boundary layer, cross groove, air-coal mixture, cutter, super-elasticity, media of organic origin, machine-robot, thermal treatment, thermal-mechanical joint, accuracy, hard-to-machine materials, turbulent flow, turbulence promoter, sealing arrangements, finishing, shaping, effect of form memory*

КОЛЛЕКТИВНАЯ МОНОГРАФИЯ

Албагачиев Али Юсупович
Амбросимов Сергей Константинович
Бавыкин Олег Борисович
Большаков Алексей Николаевич
Бондаренко Юлия Анатольевна
Вячеславова Ольга Федоровна
Еременко Юрий Иванович
Забельян Дмитрий Михайлович
Зайцев Сергей Алексеевич
Козлова Мария Андреевна
Крупеня Евгений Юрьевич
Лебедев Валерий Александрович
Лобанов Игорь Евгеньевич
Морозова Анна Валентиновна
Пелипенко Николай Андреевич
Пухальский Владимир Альфредович
Рыбак Лариса Александровна
Санин Сергей Николаевич
Санина Тамара Михайловна
Серебренникова Анжела Геннадьевна
Усов Сергей Вадимович
Федоренко Михаил Алексеевич
Харина Ольга Петровна
Хасьянов Усман
Хасьянова Динара Усмановна
Шишкина Антонина Павловна

Под ред. А.В. Киричека

ПРОГРЕССИВНЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ Том VI

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

ISBN 978-5-4442-0107-7

9 785444 201077

Сдано в набор 10.10.2015 г.
Подписано в печать 20.10.2015 г. Формат 60х88 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 29 Усл.-изд. л. 29
Тираж 500 экз. Заказ

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» и К»,
302004, г. Орел, ул. 3-я Курская, д. 20.
Тел./факс (4862) 76-17-15, 54-15-48