

ВЕСТНИК

**САРАТОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

2021

№ 3 (90)

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.

Выходит один раз в квартал

Сентябрь 2021 года

Главный редактор

д.т.н., профессор А.А. Игнатьев

Заместитель главного редактора

д.т.н., профессор Ю.Б. Томашевский

Ответственный секретарь

к.т.н., доцент И.В. Злобина

Технический секретарь

к.т.н., доцент В.О. Горбачев

Редакционная коллегия:

Д.т.н., проф. А.Н. Васин (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.ф.-м.н., проф. М.В. Жигалов (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. О.В. Захаров (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.Е. Зверовицков (ПГУ)
К.т.н. А.А. Казинский (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.В. Королёв (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. В.А. Кулиников (СНЦ РАН)
Д.т.н., проф. А.А. Львов (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. Т.Г. Насад (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. А.Ф. Резников (ИПУ РАН)
Д.т.н., проф. И.В. Родионов (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.ф.-м.н., проф. М.Д. Старостенков (АлпГТУ)
Чл.-корр. РАО, д.т.н., проф. А.А. Сытник
Д.т.н., проф. А.А. Фомян (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А. Аман (Германия)
Д.т.н., проф. Р. Крехел (Словакия)
Д.т.н., проф. В. Хардт (Германия)

Редактор Л.А. Скворцова

Компьютерная верстка Т.В. Семеновой

Перевод на английский язык А.Х. Аскаровой

Адрес редакции:

Саратов, 410054, ул. Политехническая, 77, к. 25/615

Телефон: 8 (845-2) 99-89-81

E-mail: vestnik@sstu.ru

Подписано в печать 23.09.2021 Дата выхода в свет 29.09.2021

Формат 60×84 1/8 Бум. офсет.

Усл. печ. л. 12,0 Уч.-изд. л. 3,4

Тираж 500 экз. Заказ 60

Отпечатано в Издательстве СГТУ,

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Полная электронная версия журнала
размещена в системе РИНЦ
в открытом доступе на платформе
eLIBRARY.RU

Свидетельство о регистрации средства массовой
информации **ПИ № ФС 77-65155** от 28 марта 2016 г.

© Саратовский государственный
ISSN 1999-8341 технический университет, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Горбунов В.В., Карпеев А.М., Игнатьев А.А.

КОНТРОЛЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ДОРОЖЕК КАЧЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВИХРЕТОКОВЫМ МЕТОДОМ5

Плотников П.К.

О НАЛИЧИИ ДВИЖЕНИЙ НЕРЕГУЛЯРНОЙ ПРЕЦЕССИИ
В СИММЕТРИЧНОМ ГИРОСКОПЕ ЭЙЛЕРА12

Симонов В.В., Игнатьев А.А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ПРИБОРА АКТИВНОГО
КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ.....39

Филиппов В.И.

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРОСТРАНСТВ $L_p(0,1)$, $0 < p < 1$, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ВИДЕ ПАКЕТА ПРОГРАММ МАТЛАВ52

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Горбунов В.В., Волынская Е.В.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ РОЛИКОВОЙ ПЕРФОРАЦИИ ЛАМЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ
ЭЛЕКТРОДОВ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ62

Решетникова О.П.

О РАЗРАБОТКЕ СЕРИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ БЕСЦЕНТРОВОЙ
АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ.....68

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Кошуро В.А., Осипова Е.О., Фомина М.А., Фомин А.А.

СТРУКТУРА И МИКРОТВЕРДОСТЬ УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ, ФОРМИРУЕМЫХ
НА ТИТАНЕ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ В СРЕДЕ ГРАФИТА80

Шумилин А.И., Аман А., Палис С.

КОНДЕНСАТОРЫ ПОВЫШЕННОЙ ЕМКОСТИ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК	88
--	----

УДК 681.5

В.В. Горбунов, А.М. Карпеев, А.А. Игнатьев

КОНТРОЛЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДОРОЖЕК КАЧЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВИХРЕТОКОВЫМ МЕТОДОМ

***Аннотация.** Стабильный уровень выходных характеристик газотурбинных двигателей в процессе длительной эксплуатации во многом зависит от надежности и долговечности подшипников. В статье показана возможность оценки состояния поверхностного слоя вихретоковым методом не только на этапе производства, но и на этапе испытания, а также после завершения эксплуатации с применением предложенных технических средств.*

***Ключевые слова:** надежность подшипников, дефекты дорожек качения, вихретоковый контроль, оборудование вихретокового контроля*

УДК 531.383

П.К. Плотников

О НАЛИЧИИ ДВИЖЕНИЙ НЕРЕГУЛЯРНОЙ ПРЕЦЕССИИ В СИММЕТРИЧНОМ ГИРОСКОПЕ ЭЙЛЕРА

***Аннотация.** Показано, что регулярная прецессия в симметричном гироскопе Эйлера (СГЭ) не является единственным видом движения, а соответствует только общеизвестным согласованным между собой начальным углам Эйлера. При любых других начальных углах возникают движения, отличающиеся от регулярной прецессии. В дополнение к решениям в углах Эйлера получены решения в углах Эйлера – Крылова, дающие в ряде случаев более наглядную геометрическую интерпретацию движения. Аналитические результаты подкреплены математическим моделированием.*

***Ключевые слова:** симметричный гироскоп Эйлера, прецессия, углы Эйлера, уравнения Пуассона, нутация, углы Эйлера – Крылова*

УДК 658.562

В.В. Симонов, А.А. Игнатьев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ПРИБОРА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ

***Аннотация.** Проведен анализ приборов активного контроля процесса шлифования, рассмотрены основные характеристики и выявлены основные тенденции их развития. Разработаны функциональные схемы шлифования колец подшипников с применением прибора активного контроля*

***Ключевые слова:** шлифование, кольца подшипников, активный контроль, микропроцессорный прибор*

УДК: 517.51; 519.651

В.И. Филиппов

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОСТРАНСТВ $L_p(0,1)$, $0 < p < 1$, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ВИДЕ ПАКЕТА ПРОГРАММ MATLAB

***Аннотация.** Предлагаются результаты в виде теорем и конкретная алгоритмизация разложения элементов пространств $L_p(0,1)$, $0 < p < 1$, по системам функций, полученным из сжатий и сдвигов одной функции. Приближение элементов пространств $L_p(0,1)$, $0 < p < 1$ по предложенным методам обладает свойством сжатия образов, то есть имеется много коэффициентов, при этом разложении равных нулю. Эти алгоритмы могут быть интересны также у специалистов по передаче и обработке цифровой информации и у других исследователей, у которых возникли потребности в разложении несуммируемых функций в функциональные ряды с целыми коэффициентами. Приводится пример разложения конкретного сигнала в виде несуммируемой функции с помощью программного обеспечения в виде пакета программ Matlab.*

Ключевые слова: алгоритмизация целочисленного разложения, ряды типа Фурье с целыми коэффициентами, системы функций из сжатий и сдвигов одной функции, приближение в пространствах $L_p(0,1)$, $0 < p < 1$, с помощью пакета программ Matlab

УДК 629.064.5

В.В. Горбунов, Е.В. Волынская

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РОЛИКОВОЙ ПЕРФОРАЦИИ ЛАМЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ ЭЛЕКТРОДОВ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Аннотация. Рассматривается технология изготовления перфорированной ламельной ленты для электродов щелочных аккумуляторов, в которой применяется сборная конструкция роликов и матриц в совокупности с технологиями шлифовальной и электроэрозионной обработки.

Ключевые слова: щелочные аккумуляторы, перфорированная ламельная лента, технология изготовления, сборная конструкция роликов и матриц

УДК 621.9.04

О.П. Решетникова

О РАЗРАБОТКЕ СЕРИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ БЕСЦЕНТРОВОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация. В статье рассматривается вопрос о разработке серийной технологии бесцентровой абразивной обработки сферических деталей. Рассмотрены принципы комплектования шарико-винтовых передач. Показано, что диаметр шариков непосредственным образом влияет на величины зазоров в различных контактирующих группах винт – шарик – гайка.

Ключевые слова: надежность, полые шарики, подшипники, шарико-винтовые передачи, контактные напряжения, нагрузочная способность

УДК 621.785.527, 620.192.424

В.А. Кошуро, Е.О. Осипова, М.А. Фомина, А.А. Фомин

СТРУКТУРА И МИКРОТВЕРДОСТЬ УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ, ФОРМИРУЕМЫХ НА ТИТАНЕ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ В СРЕДЕ ГРАФИТА

***Аннотация.** В работе приводились исследования структуры, глубины и микротвердости слоев, сформированных на титане при лазерной обработке в графитовой среде. Энергия и длительность лазерного импульса варьировались от 0,76 до 10,17 Дж и от 0,5 до 3 мс соответственно. В результате обработки происходило формирование слоев с дендритной структурой на глубину до 800 мкм. Упрочненные слои характеризовались высокими, до 28,01 ГПа, значениями микротвердости. На основании полученных результатов построены регрессионные модели, описывающие влияние условий лазерной обработки на указанные характеристики. Установлено, что наибольшее влияние на глубину и микротвердость закаленного титана оказывает энергия импульса.*

***Ключевые слова:** титан, порошковый графит, лазерная обработка, диффузионные слои*

УДК 45.09; 47.59.29

А.И. Шумилин, А. Аман, С. Палис

КОНДЕНСАТОРЫ ПОВЫШЕННОЙ ЕМКОСТИ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

***Аннотация.** Исследовался суперконденсатор с электродами из углеродной бумаги удельным весом 20 г/м^2 . Отработаны технологии: лазерного раскроя электродов, сборки электролитической ячейки в корпусе coin cell CR2025 и потенциодинамического циклирования в диапазоне скоростей 1-100 мВ/с с окном потенциала $\pm 500 \text{ мВ}$ для определения удельной электрической емкости материала электродов. Особенностью являлось использование углеродной бумаги из одностенных нанотрубок высокой степени очистки 99,9 % [1].*

***Ключевые слова:** суперконденсатор, одностенные углеродные нанотрубки, удельная электрическая емкость, углеродные электроды*