

ВЕСТНИК

САРАТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

2022

№ 3 (94)

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.

Выходит один раз в квартал

Сентябрь 2022 года

Учредитель и Издатель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

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. С.Б. Вениг (СНИГУ имени Н.Г. Чернышевского)
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. Зверовщиков (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. Куликов (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. РАН, д.т.н., проф. А.А. Сытник (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.А. Фомиин (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А. Аман (Германия)

Редактор Л.А. Скворцова

Компьютерная верстка Т.В. Семеновой

Перевод на английский язык к.фил.н. А.Х. Аскаровой

Адрес Издателя и редакции:

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

Телефон: 8 (845-2) 99-89-81

E-mail: vestnik@sstu.ru

Подписано в печать 27.09.2022 Дата выхода в свет 30.09.2022

Формат 60×84 1/8 Бум. офсет.

Усл. печ. л. 13,0 Уч.-изд. л. 4,0

Тираж 500 экз. Заказ 50 Цена свободная

Отпечатано в типографии Издательства СГТУ имени Гагарина Ю.А.
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 **ПН № ФС 77-65155** от 28 марта 2016 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

© Саратовский государственный
технический университет
имени Гагарина Ю.А., 2022

ISSN 1999-8341

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Бочкарев А.В., Землянухин А.И.					
ОБРАТНОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОСЛОЙНЫХ МОДУЛЕЙ					
УПРУГОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД 5					
Горбунов	В.В.,	Карпеев	А.М.,	Игнатьев	А.А.
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ		ВИХРЕТОКОВЫЙ		КОНТРОЛЬ	
РОЛИКОВ БУКСОВЫХ ПОДШИПНИКОВ 19					
Миргородская Е.Е., Митяшин Н.П., Томашевский Ю.Б.,					
Трегубова Е.В., Аль-Карави Р.Д.					
ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ МЕРЫ МНОЖЕСТВА					
ДЛЯ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ВЫБОРА31					

МАШИНОСТРОЕН ИЕ

Захаров О.В., Яковичин А.С., Жуков А.В.	
ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ СЕРИИ ISO 16610 ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ	
ПОВЕРХНОСТИ. ЧАСТЬ 2. ПРОФИЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ ГАУССА 46	
Королев А.В., Охлупин Д.Н., Синев И.В., Авдонин К.А.	
ПОЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ВРАЩЕНИЯ С АЛМАЗНЫМ ПОКРЫТИЕМ..... 61	

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

Джармухамбетова М.А., Викулова М.А., Горшков Н.В.	
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОДОВ	
НА ОСНОВЕ НАНОПОРИСТОГО ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ 70	
Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Сафаров А.М., Алиев Ф.А.	
ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ИНДИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ,	
ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ	
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АБ1 81	
Федоров А.Д., Тимофеев М.Н., Пичхидзе С.Я.	
К ВОПРОСУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ТИТАНИРОВАНИЯ	
И ЦЕМЕНТАЦИИ СТАЛИ 45 92	

А.В. Бочкарев, А.И. Землянухин

ОБРАТНОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОСЛОЙНЫХ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

***Аннотация.** С принятием ГОСТ Р 59918-2021 оценка прочности многослойной дорожной одежды должна сопровождаться вычислением модулей упругости отдельных слоев. Источником информации для решения этой задачи является чаша прогиба поверхности дорожной одежды, определенная экспериментально с помощью установки динамического нагружения. Методика определения модулей упругости слоев по чаше прогиба регламентирована указанным стандартом и базируется на решении задачи теории упругости для многослойного полупространства при помощи интегральных преобразований. Вычислительная сложность задачи, связанная с многократным выполнением численного интегрирования, ведет к недопустимо большому расчетному времени, что снижает эффективность использования современных высокопроизводительных установок динамического нагружения. В данной работе предлагается в процессе численного интегрирования использовать преобразование Шенкса, применяемое в численном анализе для увеличения скорости сходимости последовательностей. Показано, что совместное применение преобразования Шенкса, асимптотических замен и распараллеливание процесса вычислений помогает уменьшить расчетное время более чем на порядок.*

***Ключевые слова:** нежесткие дорожные одежды, обратный расчет, модуль упругости, чаша прогибов, преобразование Шенкса*

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

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ РОЛИКОВ БУКСОВЫХ ПОДШИПНИКОВ

***Аннотация.** Рассматривается конструкция, применение и технические характеристики автомата модели ВГ НК-Р.01 для вихретокового контроля роликов буксовых подшипников железнодорожного транспорта.*

***Ключевые слова:** вихретоковый метод, ролики подшипников, автомат для контроля, автоматическая калибровка чувствительности датчика*

УДК 519.87

**Е.Е. Миргородская, Н.П. Митяшин, Ю.Б. Томашевский,
Е.В. Трегубова, Р.Д. Аль-Карави**

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ МЕРЫ МНОЖЕСТВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ВЫБОРА

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы применения аппарата нечеткой (неаддитивной) меры множества к решению задач векторной оптимизации при наличии системного усиления ценностей критериев при их совместном исследовании.*

***Ключевые слова:** многокритериальная оптимизация, системное взаимодействие, нечеткая мера множества, классы множеств, скаляризация, ранжирование*

УДК 681.2

О.В. Захаров, А.С. Яковишин, А.В. Жуков

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ СЕРИИ ISO 16610 ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ. ЧАСТЬ 2. ПРОФИЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ ГАУССА

***Аннотация.** Вашему вниманию предлагается вторая статья из цикла, посвященного применению серии стандартов ISO 16610 для фильтрации профиля и структуры поверхности. В настоящей статье представлен анализ двух стандартных профильных фильтров Гаусса: линейного и робастного регрессионного. Фильтры Гаусса – самые распространенная и изученная группа фильтров. Традиционно результаты, полученные новыми фильтрами, сравнивают с линейным фильтром Гаусса. Описана история создания регрессионного фильтра, особенности его использования для мультифункциональных поверхностей. Рассмотрены ограничения фильтров, связанные с краевыми эффектами, и методы их минимизации. Показано применение линейного фильтра Гаусса для замкнутых профилей при анализе круглости. В заключении отмечена эффективная область применения профильных фильтров Гаусса.*

Ключевые слова: измерение, метрология поверхности, шероховатость, фильтрация, профильный фильтр, фильтр Гаусса, робастный фильтр

УДК 621.7.09

А.В. Королев, Д.Н. Охлупин, И.В. Синев, К.А. Авдонин

ПОЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ВРАЩЕНИЯ С АЛМАЗНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных исследований процесса механохимического полирования поликристаллического алмазного PVD покрытия деталей типа тел вращения. В качестве инструмента используется чашечная металлическая щетка. Инструменту придают вращение вокруг своей оси, а заготовку вращают и перемещают вдоль оси вращения. В результате этого за короткое время достигается шероховатость, соответствующая полированной поверхности. Показано, что наиболее значимое влияние на шероховатость поверхности оказывают скорость вращения и поперечная подача инструмента, а скорость вращения заготовки оказывает меньшее влияние.

Ключевые слова: полирование, алмазное покрытие, шероховатость поверхности, эксперимент, режим обработки

УДК: 546.742; 621.319.45

М.А. Джармухамбетова, М.А. Викулова, Н.В. Горшков

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОДОВ НА ОСНОВЕ НАНОПОРИСТОГО ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ

Аннотация. В работе проведено сравнительное исследование электрохимических свойств композиционных электродных материалов на основе $\text{Ni}(\text{OH})_2$ трех различных производителей в качестве активного компонента с углеродной добавкой и полимерным связующим. Порошки гидроксида никеля (II) предварительно исследованы методами РФА, СЭМ и лазерной дифракции. Электрохимические характеристики полученных электродов определены методом циклической вольтамперометрии. Емкость исследованных электродов на основе гидроксидов никеля (II) варьируется от 15,5 до 17 Ф/см^2 в зависимости от морфологии и размера частиц основного материала.

Ключевые слова: гидроксид никеля (II), морфология, электрод, емкость, суперконденсатор

УДК 539.219.3:620.193

**Р.Д. Исмонов, И.Н. Ганиев, Х.О. Одиназода,
А.М. Сафаров, Ф.А. Алиев**

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ИНДИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ, ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АБ1

***Аннотация.** В работе представлены результаты исследования влияния добавок индия на коррозионно-электрохимическое поведение, теплоемкость и изменения термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1. Показано, что добавки индия на 0,5 мас.% увеличивают анодную устойчивость исходного сплава в среде электролита NaCl. В режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из меди марки М00 установлена температурная зависимость теплоёмкости алюминиевого сплава АБ1 с индием. Показано, что с ростом температуры теплоёмкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значение энергии Гиббса уменьшается. Установлено увеличение теплоёмкости, энтальпии и энтропии алюминиевого сплава АБ1 от количества индия. При этом величина энергии Гиббса уменьшается.*

Ключевые слова: алюминиевый сплав АБ1, индий, удельная теплоемкость, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, эталон (Cu марки М00)

УДК: 621.785.5; 621.793.74

А.Д. Федоров, М.Н. Тимофеев, С.Я. Пичхидзе

К ВОПРОСУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ТИТАНИРОВАНИЯ И ЦЕМЕНТАЦИИ СТАЛИ 45

***Аннотация.** Рассматриваются вопросы создания упрочняющего покрытия методом плазменного напыления порошка Ti на сталь марки 45 с последующей*

цементацией в пастах. Исследуются свойства полученного покрытия методом измерения микротвёрдости по ГОСТ 9450-76, а также морфология и структурные особенности поверхности образцов.

Ключевые слова: *плазменное напыление, цементация, сталь марки 45, индукционный нагрев*