

ВЕСТНИК

САРАТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

2022

№ 2 (93)

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.

Выходит один раз в квартал

Июнь 2022 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. 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. Кушников (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. Резчиков (ИПУ РАН)
Д.т.н., проф. И.В. Родионов (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.ф.-м.н., проф. М.Д. Старостенков (АлпИТУ)
Чл.-корр. РАО, д.т.н., проф. А.А. Сытник (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.А. Фомин (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 10.06.2022 Дата выхода в свет 20.06.2022

Формат 60×84 1/8 Бум. офсет.

Усл. печ. л. 12,5 Уч.-изд. л. 4,5

Тираж 500 экз. Заказ 39

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 **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, 2022
ISSN 1999-8341

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Володин И.О., Хворостухина Е.В.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ЧИСЛА АВТОМОРФИЗМОВ
ГИПЕРГРАФОВ ОСОБЫХ КЛАССОВ 5

Филиппов В.И., Торопова О.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВ С ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СИГНАЛОВ
ОДНИМ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫМ РАЗЛОЖЕНИЕМ И СКАЛЯРОМ 15

МАШИНОСТРОЕН ИЕ

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

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ СЕРИИ ISO 16610 ДЛЯ АНАЛИЗА
СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ. ЧАСТЬ 1. ОБЗОР ПРОФИЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ 22

Игнатьев А.А., Добряков В.А., Игнатьев С.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА
СТАНКОВ ПО СТОХАСТИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ
ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ 38

Финогеев Д.Ю., Макаров Д.А.,

Головченко И.В., Решетникова О.П.

ВЛИЯНИЕ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ЭКСТРУЗИОННЫХ СОПЕЛ ПРИ ПЕЧАТИ КОМПОЗИТНЫМИ
МАТЕРИАЛАМИ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ 53

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

Бекренев Н.В., Злобина И.В.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИОННОГО
УГЛЕПЛАСТИКА В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР
ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ 59

Ганиев И.Н., Алиева Л.З., Бердиев А.Э.,

Алихонова С.Дж., Якубов У.Ш.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ЛИТИЯ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСв4-1-2,5 70

Злобина И.В., Бекренев Н.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ НАГРЕВА УГЛЕ- И СТЕКЛОПЛАСТИКА

С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

НА ТЕМПЕРАТУРУ ИХ КОМПОНЕНТОВ 82

Ходжаев Ф.К.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ ГИББСА

СПЛАВОВ СИСТЕМ СВИНЦА С НЕКОТОРЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ 93

УДК: 519.179.1; 519.115.2; 004.421

И.О. Володин, Е.В. Хворостухина

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ЧИСЛА АВТОМОРФИЗМОВ ГИПЕРГРАФОВ ОСОБЫХ КЛАССОВ

***Аннотация.** Гиперграфы нашли широкое применение в управлении большими системами, в логистике, при моделировании электрических схем и компьютерных сетей. Особый научный интерес представляют задачи, связанные с изучением групп автоморфизмов гиперграфов, поскольку, исследуя свойства группы автоморфизмов гиперграфа, можно получить информацию о самом гиперграфе. В настоящей работе авторы решают задачу о числе автоморфизмов гиперграфов некоторых классов и используют полученные результаты для разработки учебного приложения, позволяющего студентам наглядно изучать такие важные понятия как гиперграф и его автоморфизмы.*

***Ключевые слова:** гиперграф, автоморфизм, учебное приложение, группа автоморфизмов*

УДК: 517.51; 519.651

В.И. Филиппов, О.А. Торопова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВ С ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СИГНАЛОВ ОДНИМ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫМ РАЗЛОЖЕНИЕМ И СКАЛЯРОМ

***Аннотация.** В работе приводятся результаты о целочисленном разложении элементов многомерных пространств $L_p\{(0,1]^m\}$, $1 \leq p < \infty$, по системам функций, состоящих из сжатий и сдвигов одной функции с произвольным параметром уменьшения. Приводятся модели, когда разные целочисленные разложения сигналов представляются в виде одного целочисленного разложения. Эти исследования могут быть интересны, также для специалистов по передаче и обработке цифровой информации, так как дается простой алгоритм приближения функций из пространств $L_p\{(0,1]^m\}$, $1 \leq p < \infty$, с указанными свойствами.*

***Ключевые слова:** целочисленное разложение, ряды типа Фурье с целыми коэффициентами, системы функций из сжатий и сдвигов одной функции,*

пространства $L_p\{(0,1]^m\}$, $1 \leq p < \infty$, цифровая обработка информации, цифровая передача информации

УДК 681.2

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

**ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ СЕРИИ ISO 16610
ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ.
ЧАСТЬ 1. ОБЗОР ПРОФИЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ**

***Аннотация.** Вашему вниманию предлагается цикл статей, посвященных применению серии стандартов ISO 16610 для фильтрации профиля и структуры поверхности. Необходимость данного обзора обусловлена двумя причинами. Во-первых, в настоящее время не все стандарты серии ISO 16610 утверждены и представляют собой предмет обсуждения. Во-вторых, только два стандарта серии переведены на русский язык и доступны метрологам. Поэтому нами планируется выполнить подробный анализ серии стандартов с позиции преимуществ и недостатков отдельных методов фильтрации. Это позволит исследователю в каждом конкретном случае выбрать наиболее подходящий метод или комбинацию методов фильтрации. В настоящей статье, которая открывает цикл, будет дан общий обзор профильных фильтров, включающий линейные, робастные и морфологические. Описание методов построено по следующей схеме: определения, принципы построения, математические модели, примеры использования для поверхностей после различных методов обработки. В последующих статьях данного цикла будут более детально рассмотрены отдельные группы и конкретные фильтры и определены условия их эффективного применения.*

***Ключевые слова:** измерение, метрология поверхности, фильтрация, профильный фильтр*

УДК 621.5

А.А. Игнатьев, В.А. Добряков, С.А. Игнатьев

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА СТАНКОВ
ПО СТОХАСТИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ
ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ**

***Аннотация.** Рассматривается применение запаса устойчивости динамической системы, интегральных оценок автокорреляционных функций и спектров виброакустических колебаний в станках для оценки их динамического качества и назначения режима резания, что теоретически обосновывается решением стохастического уравнения колебаний в системе «резец-деталь».*

***Ключевые слова:** станки, динамическое качество, виброакустические колебания, автокорреляционная функция, спектральная плотность, запас устойчивости, интегральные оценки, качество обработки*

УДК 691.175.2, 620.178.169

**Д.Ю. Финогеев, Д.А. Макаров,
И.В. Головченко, О.П. Решетникова**

**ВЛИЯНИЕ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ ЭКСТРУЗИОННЫХ СОПЕЛ ПРИ ПЕЧАТИ
КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ
МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ**

***Аннотация.** В статье рассмотрена проблема абразивного износа экструзионного сопла FDM 3D-принтера после печати композитным материалом. Рассмотрен наглядный пример износа двух видов сопел из разных конструкционных материалов.*

***Ключевые слова:** аддитивные технологии, 3D-печать, абразивный износ, композитные материалы, FDM*

Н.В. Бекренев, И.В. Злобина

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
КОНСТРУКЦИОННОГО УГЛЕПЛАСТИКА
В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР
ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ**

***Аннотация.** В статье изложены результаты оценки по критерию Цая – Ву предельного состояния контрольных и обработанных в СВЧ электромагнитном поле (опытных) образцов отвержденного углепластика, находящегося при температуре -20°C , в сравнении с образцами, находящимися в нормальных условиях производственного помещения. Показано, что отрицательные температуры приводят к увеличению критерия Цая – Ву как контрольных, так и опытных образцов. При этом величина критерия для опытных охлажденных образцов остается практически на уровне контрольных образцов в нормальных условиях, что свидетельствует о повышении надежности в предельном состоянии конструкций из углепластика после СВЧ воздействия.*

***Ключевые слова:** полимерные композиционные материалы, углепластик, экстремальные условия эксплуатации, прочность, сложное нагружение, предельное состояние, критерии, СВЧ электромагнитное поле*

УДК 669.5: 669.715

**И.Н. Ганиев, Л.З. Алиева, А.Э. Бердиев,
С.Дж. Алихонова, У.Ш. Якубов**

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ЛИТИЯ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ
ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСв4-1-2,5**

***Аннотация.** В работе представлены результаты исследования влияния добавок лития на теплоёмкость, коэффициент теплоотдачи и термодинамические функции цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5. Исследования проведены в режиме «охлаждения» в интервале $325\text{ K} - 450\text{ K}$. Показано, что литий уменьшает теплоёмкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпию и энтропию исходного сплава,*

а значения энергии Гиббса при этом растёт. От температуры установлен рост теплофизических свойств сплавов и их термодинамических функций, за исключением энергии Гиббса.

Ключевые слова: *цинковый сплав ЦАМСв4-1-2,5, литий, режим «охлаждения», теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, термодинамические функции*

УДК 621-039-419; 620.22-419; 537.868

И.В. Злобина, Н.В. Бекренев

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ НАГРЕВА УГЛЕ- И СТЕКЛОПЛАСТИКА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ ИХ КОМПОНЕНТОВ

Аннотация. *В статье изложены результаты исследований изменения теплофизических свойств отвержденных угле- и стеклопластиков после воздействия на них СВЧ электромагнитного поля. Показано, что СВЧ обработка на рациональных режимах углепластиков способствует значимому (соответственно на 27 %, 20 % и 18,6 %) повышению скорости нагрева, коэффициента температуропроводности и теплопроводности. Изменение аналогичных параметров для стеклопластика менее выражено. Установлен важный для эксплуатации данных материалов в условиях температурных градиентов факт повышения равномерности теплового поля: для углепластика различие значений температур в разных областях нагреваемой поверхности не превышает (3-5)° С, стеклопластика – (8-10)° С.*

Ключевые слова: *полимерные композиционные материалы, теплопроводность, температуропроводность, кинетика нагрева, СВЧ электромагнитное поле*

Ф.К. Ходжаев

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ ГИББСА СПЛАВОВ СИСТЕМ СВИНЦА С НЕКОТОРЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ

***Аннотация.** Свинец образует сплавы с высокими механическими свойствами, с элементами периодической таблицы (ЭПТ). Однако, полные диаграммы состояния свинца с отдельными элементами ПТ типа Pb-O, Al, Si, S, Ga, Rb, U не построены. Как известно фундаментальной основой разработки новых сплавов являются диаграммы состояния. С помощью статистических, термодинамических критериев и зонной теории регулярных растворов произведён прогноз и расчет строения диаграмм состояния указанных систем. В работе в приближении теории регулярных растворов рассчитаны термодинамические свойства компонентов из экспериментально построенных диаграмм состояний Pb-O, (Al, Si, S, Ga, Rb, U). Диаграммы состояния этих систем представляют собой монотектический тип с наличием расслаивания и областей гомогенности. Исходя из проделанного анализа существующих сведений в настоящем сообщении сделан, попытка построить полные диаграммы состояния этих систем с учетом неинвариантных превращений со стороны блоков взаимодействующих компонентов. Полученные результаты способствуют в последующем произвести расчет полных диаграмм состояния систем свинца с отдельными элементами ПТ, которые являясь фундаментальной основой процессов сплавообразования, могут быть полезны для разработки различных металлургических процессов. Например, можно разработать технологию проведения того или иного ликвационного процесса.*

***Ключевые слова:** свинец, диаграммы состояния, термодинамические свойства, система, расчет, активность и свободная энергия Гиббса*