

# ВЕСТНИК

## САРАТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

2023

№ 2 (97)

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.

Выходит один раз в квартал

Июнь 2023 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 Е.Е. Миргородская

### Редакционная коллегия:

Д.т.н., проф. А.Н. Васин (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)  
Д.ф.-м.н., проф. С.Б. Вениг (СНИГТУ имени Н.Г. Чернышевского)  
Д.х.н., проф. А.В. Гороховский (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.В. Королёв (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)  
Д.т.н., проф. В.А. Кушников (СНЦ РАН)  
Д.т.н., проф. Т.Г. Насад (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)  
Чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. А.Ф. Резников (ИГТУ РАН)  
Д.т.н., проф. И.В. Родионов (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)  
Чл.-корр. РАН, 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.В. Яковлев (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)

### Редактор Л.А. Скворцова

Компьютерная верстка Т.В. Семеновой

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

### Адрес Издателя и редакции:

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

Телефон: 8 (845-2) 99-86-38

E-mail: vestnik@sstu.ru

Подписано в печать 20.06.2023 Дата выхода в свет 28.06.2023

Формат 60×84 1/8 Бум. офсет.

Усл. печ. л. 12,0 Уч.-изд. л. 3,8

Тираж 500 экз. Заказ 30 Цена свободная

Опечатано в типографии Издательства СГТУ имени Гагарина Ю.А.  
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

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

Подписной индекс ПК664 электронной версии Каталога  
и Каталога интернет-подписки АО «Почта России»

Свидетельство о регистрации средства массовой  
информации *ПИ № 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., 2023

ISSN 1999-8341

# СОДЕРЖАНИЕ

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

|                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Болдырева Ю.Ю., Хворостухина Е.В.</b><br>РАЗРАБОТКА ТРАНСЛЯТОРА СХЕМ В ЯЗЫК PROMELA.....                                                                                                                                                              | 5  |
| <b>Игнатьев М.А.</b><br>ОБЗОР МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЗАДАЧЕ<br>ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИДА ДЕФЕКТА ПО ВИХРЕТОКОВОМУ СИГНАЛУ .....                                                                                                            | 19 |
| <b>Миронов В.В., Годлевский А.Ю., Кузнецов Д.А., Пахтусов Р.С., Зайцев А.С.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ<br>ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ВЫХОДА ПАТРУБКА ОТВЕТВЛЕНИЯ ТРОЙНИКОВЫХ<br>СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД..... | 30 |
| <b>Самойлова Е.М.</b><br>АДАПТАЦИЯ АСПЕКТОВ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА<br>К УСЛОВИЯМ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА .....                                                                                                                                         | 40 |

## **МАШИНОСТРОЕНИЕ**

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Захарова Е.В., Королев А.В.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ УГЛА КОНТАКТА<br>ПОДШИПНИКА НА СТАТИЧЕСКУЮ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ .....                                                  | 47 |
| <b>Решетникова О.П., Изнаиров Б.М., Васин А.Н., Новокшопова С.В.</b><br>САПР ОПЕРАЦИИ БЕСЦЕНТРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ<br>ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА ..... | 54 |

## **ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ**

|                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ганиев И.Н., Холмуродов Ф., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р.</b><br>ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ<br>АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ4,5, ЛЕГИРОВАННОГО ОЛОВОМ,<br>СВИНЦОМ И ВИСМУТОМ .....                                            | 62 |
| <b>Сироджидинов М.Э., Ганиев И.Н., Шарипов Дж.Х., Обидов З.Р.</b><br>ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ИНДИЯ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА Zn55Al<br>В КИСЛОЙ СРЕДЕ .....                                                                                            | 76 |
| <b>Шевченко А.А., Третьяченко Е.В., Растегаев О.Ю.,<br/>Морозова Н.О., Гороховский А.В.</b><br>АДСОРБЦИОННЫЕ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА<br>ЛЮМИНОФОРА $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ : Eu, Dy В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ<br>МЕТИЛЕНОВОГО ФИОЛЕТОВОГО ..... | 85 |

УДК: 004.4'42; 004.4'236; 004.052

**Ю.Ю. Болдырева, Е.В. Хворостухина**

## **РАЗРАБОТКА ТРАНСЛЯТОРА СХЕМ В ЯЗЫК PROMELA**

***Аннотация.** В настоящей работе описывается процесс разработки прототипа веб-сервиса «Schema2Promela». Данный инструмент представляет собой объединение редактора схем и транслятора, что позволит создавать схему модели работы программы или другой технической системы, оперируя визуальными блоками, а затем транслировать созданную схему в язык Promela с целью ее последующей верификации инструментом SPIN. В работе представлены описание спецификации языка, функционал редактора схем и ключевые моменты процесса кодирования транслятора, особое внимание уделено тестированию разрабатываемого сервиса и анализу результатов.*

***Ключевые слова:** визуальное программирование, блок-схема, модель, транслятор, автоматное программирование, техническая система, SPIN, Promela, верификация*

УДК 681.5; 51-74

**М.А. Игнатьев**

## **ОБЗОР МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИДА ДЕФЕКТА ПО ВИХРЕТОКОВОМУ СИГНАЛУ**

***Аннотация.** Рассматривается возможность применения методов машинного обучения для решения задачи идентификации видов дефектов поверхностного слоя подшипников по вихретоковому сигналу; приводятся описания классификационных методов машинного обучения.*

***Ключевые слова:** вихретоковый контроль, мониторинг, обнаружение дефектов, задача классификации, машинное обучение, контроль качества*

**В.В. Миронов, А.Ю. Годлевский,  
Д.А. Кузнецов, Р.С. Пахтусов, А.С. Зайцев**

## **ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ВЫХОДА ПАТРУБКА ОТВЕТВЛЕНИЯ ТРОЙНИКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД**

***Аннотация.** Констатируется, что, начиная с 1946 г., при строительстве многих газопроводов в России не обеспечивались все необходимые требования к трассе для беспрепятственного прохождения внутритрубных дефектоскопов, а монтаж тройниковых сварных соединений производился без должного контроля выхода ответвления в магистраль. Предложен и экспериментально проверен способ определения линейных размеров выхода патрубка ответвления тройниковых сварных соединений в магистральный газопровод с использованием ультразвуковых дефектоскопов, основанный на принципе акустической томографии, и алгоритм его практической реализации, позволяющий автоматизировать процесс.*

***Ключевые слова:** прямая врезка, тройниковое сварное соединение, акустическая томография, автоматизация диагностики*

УДК: 004.8;681.5

**Е.М. Самойлова**

## **АДАПТАЦИЯ АСПЕКТОВ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К УСЛОВИЯМ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

***Аннотация.** Рассматривается вопрос адаптации аспектов системного подхода к условиям интегрированного производства с учетом основных понятий общей теории систем и развития в органическом соединении аспектов и принципов классического системного подхода с основными понятиями интеграции компонентов, позволяющей осуществить качественные преобразования внутри каждого элемента, входящего в систему, для достижения определенных целей с конечным преобразованием в системный интегрированный подход.*

***Ключевые слова:** системный поход, адаптация, интеллектуальные технологии, интегрированное производство, технологическая система*

**УДК 621.01**

**Е.В. Захарова, А.В. Королев**

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ УГЛА КОНТАКТА ПОДШИПНИКА НА СТАТИЧЕСКУЮ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ**

***Аннотация.** Разработана математическая модель, которая подтверждает экстремальную зависимость распределения нагрузки среди тел качения в упорно-радиальном подшипнике и существование такого значения угла контакта, при котором нагрузка на шарики минимальна. Данная модель позволяет определить при заданных условиях работы подшипника минимально возможную нагрузку на шарики и, как следствие, обеспечить максимальную статическую грузоподъемность и работоспособность.*

***Ключевые слова:** угол контакта, упорно-радиальный подшипник, статическая грузоподъемность, комплектование*

**УДК 621.923.046, 621.9.04**

**О.П. Решетникова, Б.М. Изнаилов,  
А.Н. Васин, С.В. Новокшенова**

## **САПР ОПЕРАЦИИ БЕСЦЕНТРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА**

***Аннотация.** В работе приведено описание разработанной САПР для операции бесцентрового шлифования сферических деталей. Представленная программа разработана на языке программирования Python и позволяет производить технологическую подготовку серийного производства изделий в автоматизированном режиме.*

***Ключевые слова:** САПР, сфера, бесцентровое шлифование, точность, серийное производство*

УДК 004.942.001.57

**И.Н. Ганиев, Ф. Холмуродов, А.Г. Сафаров, Ф.Р. Одинаев**

**ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ  
ФУНКЦИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ4,5,  
ЛЕГИРОВАННОГО ОЛОВОМ, СВИНЦОМ И ВИСМУТОМ**

***Аннотация.** В работе представлены результаты исследования теплофизических свойств и термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ4,5 с оловом, свинцом и висмутом в режиме «охлаждения». Показано, что легирование алюминиевого сплава АЖ4,5 оловом, свинцом и висмутом снижает его теплоёмкость и термодинамические функции. С ростом концентрации легирующих компонентов и температуры удельная теплоёмкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значение энергии Гиббса уменьшается.*

***Ключевые слова:** алюминиевый сплав АЖ4,5, олово, висмут, свинец, удельная теплоёмкость, коэффициент теплоотдачи, термодинамические функции*

УДК 620.193.013:544.65

**М.Э. Сироджидинов, И.Н. Ганиев, Дж.Х. Шарипов, З.Р. Обидов**

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ИНДИЯ НА АНОДНОЕ  
ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА Zn55Al, В КИСЛОЙ СРЕДЕ**

***Аннотация.** Статья посвящена потенциостатическому исследованию влияния легирующих добавок индия на анодное поведение сплава Zn55Al, в кислой среде различной концентрации. Показано, что коррозионно-электрохимические потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации сплавов смещаются в область положительных значений, в среде электролита HCl. Установлено, что легирующих добавок индия в пределах 0,01÷0,1 мас.% в 2 раза повышают анодную устойчивость сплава Zn55Al за счет снижения скорости его коррозии. Разработанные оптимальные составы новых сплавов рекомендуются в качестве анодных защитных покрытий для повышения коррозионной стойкости стальных конструкций, изделий и сооружений.*

***Ключевые слова:** сплав Zn55Al с индием, потенциостатический метод, кислая среда, скорость коррозии, анодное поведение*

**А.А. Шевченко, Е.В. Третьяченко, О.Ю. Растегаев,  
Н.О. Морозова, А.В. Гороховский**

**АДСОРБЦИОННЫЕ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ЛЮМИНОФОРА  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$  В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ  
МЕТИЛЕНОВОГО ФИОЛЕТОВОГО**

***Аннотация.** Исследованы кинетика и механизм взаимодействия водных растворов катионных красителей со сложным оксидом состава  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$ , используемым в качестве люминофора для фотокаталитической очистки воды. Показано, что в фотовозбужденном состоянии данный люминофор существенно снижает адсорбционные свойства, что должно быть учтено при выборе технологии его введения в состав фотокатализаторов.*

***Ключевые слова:** люминофоры, катионные красители, адсорбционно-десорбционное равновесие, фотокатализ*