

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Курский государственный университет»

**НАНОТЕХНОЛОГИИ: ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА,  
ИННОВАЦИИ**

Сборник докладов  
участников IX Всероссийской научно-практической конференции

Курск, 11–12 октября 2018 года



Курск 2018

УДК 54:53:002

ББК 22+24+32

О–23

**О–23** Нанотехнологии: образование, наука, инновации [Текст] : сб. докл. участников IX Всеросс. науч.-практ. Конф., г. Курск, 11–12 окт. 2018 г. / под ред. П.А. Белова, Е.В. Дериглазовой, О.В. Смолиной, О.В. Яковлева; Курск. гос. ун-т. – Курск, 2018. – 152 с.

Сборник содержит материалы пленарных и секционных докладов, представленных на IX Всероссийской научно-практической конференции «Нанотехнологии: образование, наука, инновации». Конференция проходила в г. Курске с 11 по 12 октября 2018 г. В докладах рассмотрены вопросы кооперации научных, производственных и образовательных учреждений в развитии регионального базиса нанотехнологий, обсуждены перспективные направления научных исследований в сфере нанотехнологий и пути их коммерциализации.

**УДК54:53:002**

**ББК 22+24+32**

©Коллектив авторов, 2018

© Курский государственный университет, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Д. Беликов, А. В. Будаев, К.И. Пученков</b> Обзор фазированных антенных решеток зарубежных производителей	<b>6</b>
<b>П.А. Белов, С.С. Занин</b> Исследование зависимости диаметра капель распыляемой жидкости от прикладываемого высокого электрического напряжения	<b>11</b>
<b>А. А. Шахов</b> Обзор технических характеристик прямоугольных низкочастотных соединителей на отечественном рынке	<b>17</b>
<b>И.С. Кашкин, П.И. Морозова, Т.О. Лунева</b> Оценка возможностей цифровой обработки сигналов на базе программируемой логики	<b>22</b>
<b>Д. Н. Уколов, Д. В. Аниканов, А. В. Будаев</b> Анализ применимости микроконтроллерной электроники для расчета пропускной способности радиолокационной станции с фазированной антенной решеткой	<b>27</b>
<b>Е.Ф. Лозинская, А.Н. Филиппова</b> Изучение условий комплексообразования и состава комплексов дигидрокверцетина с $Zn^{2+}$	<b>31</b>
<b>Р.Н. Беленьков, С.Н. Беленьков</b> Аппаратная реализация медианного фильтра и его практическое применение	<b>35</b>
<b>П.И. Морозова, А. В. Гречишников, А.В. Будаев</b> Анализ современных интеллектуальных антенных систем	<b>40</b>
<b>А. В. Гречишников, Д. Н. Уколов, А. В. Будаев</b> Применение метаматериалов в современной антенной технике	<b>45</b>
<b>В. С. Зверева, А. В. Будаев</b> Обзор технических характеристик твердотельных СВЧ-фазовращателей на отечественном и мировом рынке	<b>50</b>
<b>Д.С. Рассеко</b> Обзор современных методов получения электропроводящих изображений методом струйной печати	<b>56</b>

<b>В.А. Харламов, К.В. Дементьев, Т.Н. Кудрявцева, Е.В. Грехнева</b>	<b>59</b>
Алкилирование некоторых гетероциклических NH-кислот эпихлоргидрином	
<b>А.А. Штрикова, Т.Н. Кудрявцева, Л.Г.Климова</b>	<b>62</b>
2-(2-гидрокси-9-оксоакридин-10(9H)-ил) уксусная кислота в синтезе биологически активных соединений	
<b>В.В. Шуткевич, М.И.Ларионов</b>	<b>66</b>
Опыт разработки и применения программ дополнительного образования старшеклассников на основе адаптированных модулей по тематике «Наноферриты. История, методы синтеза, физико-химические и электромагнитные свойства, проекты применения»	
<b>И.С. Мишута</b>	<b>71</b>
Метод периодического нагрева в экспериментальной теплофизике	
<b>К.И. Пученков, П.А. Овсянников, В.Д. Беликов</b>	<b>77</b>
Методы измерения частиц порошков, полученных способом тонкого помола	
<b>В.О. Петрова, Е.В. Соловьева, П.А. Белов, В.И. Коротковский,</b>	<b>81</b>
<b>Е.Ю. Хорунжая</b>	
Адгезия гальванического покрытия с наноалмазами	
<b>Е. Н. Розанова, Т. Н. Кудрявцева</b>	<b>84</b>
Сравнительный анализ антикоррозионных свойств некоторых производных акридона в солянокислых средах	
<b>С.Н. Беленьков, А.В. Будаев, Л.В. Кепова, Н.А. Емельянов</b>	<b>89</b>
Проблемы и перспективы применения мемристоров в современной электронике и вычислительной технике	
<b>Д.В. Аниканов, И.С. Кашкин, П.А. Овсянников</b>	<b>93</b>
Вакуумные насосы в электронной микроскопии	
<b>Т.Ю. Рязанцева, П.И. Сысоев, И.Б. Кометиани</b>	<b>99</b>
Синтез и биологическая активность 10-((5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)метил)акридин-	

9(10н)-она и некоторых его производных

**Н. М. Демина** Современные армирующие волокнистые материалы **102**  
для полимерных композитов конструкционного назначения

**П. С. Малыгин** Обзор видов коаксиальных соединителей СВЧ- **110**  
диапазона, их основных параметров и требований к ним

**Е.Н. Черезова, А.Н. Медведев, М.Е. Черезова** Влияние на физико- **118**  
механические свойства кабельного ПВХ-пластиката предварительной  
обработки корбонатных наполнителей винилтриметоксисиланом

**В.Э. Мельниченко, С.Ю. Белоусов, Т.Н. Кудрявцева** Влияние **123**  
наличия атомов галогена на физико-химические и биологические  
особенности молекулы 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина

**Д.А. Ильяшенко, П.И. Сысоев, И.Б. Кометиани, Е.В. Грехнева** **128**  
Синтез новых биологическиактивных производных 2(3)-амино-6Н-  
индоло[2,3-*b*]хиноксалина

**Л.В. Атрепьева, С. А. Ефанов, М. А. Любимова, С. А. Ржаных,** **130**  
**Л. Н. Замыцкая** Использование полисахаридов для получения неко-  
торых материалов медицинского назначения

**А.А. Маслов** Анализ kit-наборов ПЛИС для образовательных **135**  
процессов в вузах

**С.Н. Волкова, Е.Е. Сивак, Белова Т.В.** Матрицы преобразования в **139**  
современных методах исследования наноструктурных материалов

**Т.О. Лунева, С.Н. Беленьков** Наноструктурированные покрытия в **144**  
нефтегазовой отрасли

**В.О. Петрова, Е.В. Соловьева, П.А. Белов, А.А. Чирва, Е.Ю.** **148**  
**Хорунжая** Пористость медного гальванического покрытия с  
наноалмазами

# ОБЗОР ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

© 2018 В. Д. Беликов, А. В. Будаев, К.И. Пученков

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*Статья носит справочно-информационный характер и содержит общую информацию о фазированных антенных решетках, производимых зарубежными компаниями (RF Microtech, Phasor, ThinKom, ASELSAN), об их особенностях и технических характеристиках.*

**Ключевые слова:** *ФАР, диапазон частот, зарубежные производители.*

Развитие радиолокации и систем беспроводной связи привело к развитию фазированных антенных решеток (ФАР), на данный момент они являются главным инструментом радиолокации, так же широкое распространение получили в системах спутниковой связи и интернета. Все это стало возможным благодаря развитию элементной и материальной базы. На данный момент времени компании не ограничиваются производством отдельных компонентов ФАР. Зарубежными лидерами в производстве ФАР являются следующие компании: «RF Microtech», «Phasor», «ThinKom», «ASELSAN».

«RF Microtech» является итальянской компанией занимающийся разработкой индивидуальных и интеллектуальных решений для систем в области коммуникаций и связи, в аэрокосмической и локальной промышленности [rfmicrotech.com]. Также данное предприятие занимается поиском инновационных решений в следующих областях: антенны, фазированные

решетки и системы формирования луча; микроволновые фильтры, мультиплексоры и пассивные устройства; радары и системы локализации для гражданских и военных применений.

Американский производитель «Phasor» использует свои собственные разработки технологий микрочипов, пересмотрев идею антенны, позволяя любой поверхности технического средства получать и отправлять спутниковые сигналы [phasorsolutions.com]. Также была разработана уникальная антенная технология, подходящую для наземных, авиационных и морских спутниковых коммуникаций. Данный производитель продемонстрировал успешную спутниковую связь с коммерческими геостационарными спутниками.

«ThinKom» – это американская компания, которая предоставляет возможность глобального подключения при помощи антенн, которые работают в следующих частотных диапазонах: X, K, Ka и Q [thinkom.com]. Данный производитель имеет патент на технологии VICTS и CTS, которые позволяют создавать низкопрофильные антенны, которые подходят для воздушных средства, военных кораблей, где низкое сопротивление и низкая вероятность обнаружения являются главными преимуществами.

«ASELSAN» – это компания турецкого фонда Вооруженных сил [aselsan.com]. Данное предприятие является крупнейшей оборонной компанией из Турции, чей продукт включает в себя коммуникации и информационные технологии, радиолокацию и средства радиоэлектронной борьбы, сухопутные и морских системы противовоздушной обороны, ракетные комплексы и системы управления. Сегодня ASELSAN стала местной компанией-экспортером включенной в список 100 лучших оборонных компаний мира.

В таблице 1 представлены основные технические характеристики ФАР зарубежных производителей.

Таблица 1 – Основные технические характеристики ФАР

Название ФАР	Основные технические характеристики					
	Рабочий диапазон частот, ГГц	Добротность системы, Б/К	Угол отклонения по горизонтали / вертикали, °	Скорость изменения направления, °/с	Рабочая температура, °С	Габариты, см
1	2	3	4	5	6	7
«RF Microtech»						
Scanning RX/TX antenna	11.5 – 14.1	12.5	0 – 360/ 15 - 55	-	-	110×5
«Phasor»						
Configuration № 6	10.7 - 14.5	14.3	0 – 360/ -	200	От минус 50 До +88	54 x 72
Configuration № 12	10.7 - 14.5	17.4	0 – 360/ -	200	От минус 50 До +88	72 x 108
Configuration № 27	10.7 - 14.5	21.0	0 – 360/ -	200	От минус 50 До +88	126 x 144
«ThinKom»						
TinSat 300	10.7 – 14.5	10-13	0 – 360/ -	100-300	От минус 30 До +60	150 x 100 x 11
ThinSat Commander	7.25 – 31.0	10.5	0 – 360/ -10 - 90	500	От минус 40 До +55	76 x 76 x 33
ThinSat Talos	19.2 – 45.5	12.0	0 – 360/ 15 - 85	500	От минус 40 До +55	76 x 76 x 15



1	2	3	4	5	6	7
ThinAir Eagle-Ka1000	18.3 – 31.0	11.5	0 – 360/ -10 - 90	100	От минус 55 До +74	66 x 16.5
ThinAir Eagle-Ka2000	18.3 – 31.0	15.5	0 – 360/ -10 - 90	100	От минус 55 До +74	84 x 20
ThinAir Falcon-Ka2517	17.8 – 31.0	15-18	0 – 360/ 10 – 90	200	От минус 55 До +74	127 x 74 x 8
ThinAir Falcon-Ku3030	10.7 – 14.5	15-18	0 – 360/ 15 – 85	100	От минус 55 До +74	188 x 89 x 10
«ASELSAN»						
Fire Control Radar	8 - 12	-	0 – 360/ -10 – 55	-	-	-
<b>AIR DEFENCE WEAPON SYSTEMS</b>	8 - 12	-	0 – 360/ -32 – 44	-	От минус 40 До +65	170 x 70 x 100
<b>KALKAN Air Defence Radar</b>	8 - 12	-	0 – 360/ -10 – 55	-	-	-
<b>Synthetic Aperture Radar</b>	8 -12	-	360	-	-	-

На основе проведенного сравнительного анализа основных качественных характеристик ФАР (таблица 1), выпускаемых зарубежными производителями, вытекает следующий вывод: основным рынком данной продукции является военная отрасль, системы высокоскоростной связи для которой первоочередными критериями являются эксплуатационная надеж-

ность в широком диапазоне рабочих температур, масштабируемость данной продукции под конкретные специализированные задачи, высокая скорость изменения направления луча диаграммы направленности. По ширине рабочего температурного диапазона лучшими оказались ФАР компании «Phasor» (от минус 50°С до плюс 88°С), а по скорости изменения луча лидер – «ThinKom» (ThinSat Commander и ThinSat Talos – 500 °/с).

### **Библиографический список**

«RF Microtech» [Электронный ресурс]. - URL: <http://rfmicrotech.com/> (дата обращения: 09.09.2018).

«Phasor» [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.phasorsolutions.com/> (дата обращения: 11.09.2018).

«ThinKom» [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.thinkom.com/> (дата обращения: 14.09.2018).

«ASELSAN» [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.aselsan.com> (дата обращения: 16.09.2018).

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДИАМЕТРА КАПЕЛЬ РАСПЫЛЯЕМОЙ ЖИДКОСТИ ОТ ПРИКЛАДЫВАЕМОГО ВЫСОКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

© 2018 П.А. Белов, С.С. Занин

*Курский государственный университет, г.Курск, Россия*

*В данной статье представлены результаты исследования зависимости диаметра капель распыляемых жидкостей от прикладываемого высокого электрического напряжения.*

**Ключевые слова:** *распыление жидкости, распад струи.*

Распыление жидкостей является одной из важнейших задач современной техники и технологий. Это подтверждается широким спектром технологических процессов, в которых используется распыление или реализация которых вообще не возможна без использования распыления жидкостей. Примером таких процессов является: в области электронной промышленности – полирование кремниевых пластин и нанесение фоточувствительных эмульсий при изготовлении полупроводниковых схем; в области химической технологии – мокрая очистка газов от различных дисперсных примесей, абсорбция газов, как для их очистки, так и для выделения ценных компонентов, сушка и гранулирование материалов и другие. Все перечисленные процессы являются базовыми в своих отраслях промышленности, поэтому эффективная реализация процесса распыления в этих технологиях является очень важной и актуальной задачей [Белов П.А. 2018].

В данной работе исследована зависимость диаметра капель распыляемой жидкости от прикладываемого высоко электрического напряжения. Были проведены серии экспериментов на касторовом масле и глицерине, которые были использованы в качестве модельных жидкостей и имеющие схожие с фотополимерами некоторые физические свойства, а также на водопроводной воде.

В таблице 1 представлены полученные результаты [Занин С.С., 2018]. В данной таблице, помимо экспериментально измеренных значений высоко электрического напряжения и силы тока, приведены данные статистической обработки: средние размеры диаметра капель для каждой величины напряжения

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – полученные результаты измерений;  $n$  – количество измерений.

А также рассчитана величина среднеквадратичного отклонения

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

где  $x_i$  – полученный результат измерения;  $\bar{x}$  – среднее значение измерений;  $n$  – количество измерений.

Практически все значения нормально распределенной случайной величины лежат в интервале  $(\bar{x} \pm 3 \sigma)$ .

Таблица 1- Данные полученные в ходе исследований

Наименование жидкости	Напряже- ние (кВ)	Сила тока (мкА)	Средний диаметр ка- пель (мм)	Среднеквадратичное отклонение (мм)
Глицерин	13,6	0	0	0,020296
	13,8	5	0,3284	0,0228
	14	5	0,336	0,015
	14,2	5	0,354	0,012
	14,4	6	0,3255	0,014625
	14,6	6	0,337833333	0,020833
	14,8	7	0,332555556	0,025383
	15	7	0,344142857	0,020449
	15,2	8	0,326285714	0,019673
	15,4	8	0,34	0,014
	15,6	9	0,341428571	0,038367
	15,8	10	0,322428571	0,018082
	16	10	0,336142857	0,017306
	16,2	11	0,326142857	0,013837
	16,2	11	0,349142857	0,026163
	16,4	11	0,332142857	0,013224
	16,8	11	0,324428571	0,023796
17	16	0,325714286	0,036163	
Касторовое масло	18,6	0	0,274944444	0,051599
	18,8	2,5	0,276631579	0,048244
	19	3	0,266705882	0,071066
	19,2	3	0,225	0,035818
	19,4	3	0,273666667	0,078381
	19,6	3	0,235230769	0,030373
	19,8	3	0,262	0,050759
	20	4	0,267935484	0,04974

Вода	15,8	0	0,3312	0,051
	16	5	0,3492	0,053
	16,2	5	0,4087	0,05996
	16,4	5	0,4144	0,03688
	16,6	5	0,3802	0,03732
	16,8	5,5	0,4294	0,028
	17	6	0,4196	0,03668
	17,2	6	0,3739	0,00712
	17,4	6,5	0,376	0,035
	17,6	7	0,3976	0,04608
	17,8	7	0,3872	0,03088
	18	7,5	0,3831	0,0171
	18,2	11	0,3728	0,02956
	18,4	14	0,3634	0,02172
	18,6	15	0,3733	0,0267
	18,8	16	0,3691	0,02526
	19	16,5	0,3581	0,03568
	19,2	17,5	0,3539	0,02752
	19,4	18	0,3493	0,0287
	19,6	19	0,335	0,0244
	19,8	19,5	0,3644	0,025
	20	20	0,3491	0,02148

По полученным в ходе эксперимента и расчетов данным, были построены следующие графики зависимости среднего диаметра капель от прикладываемого напряжения.

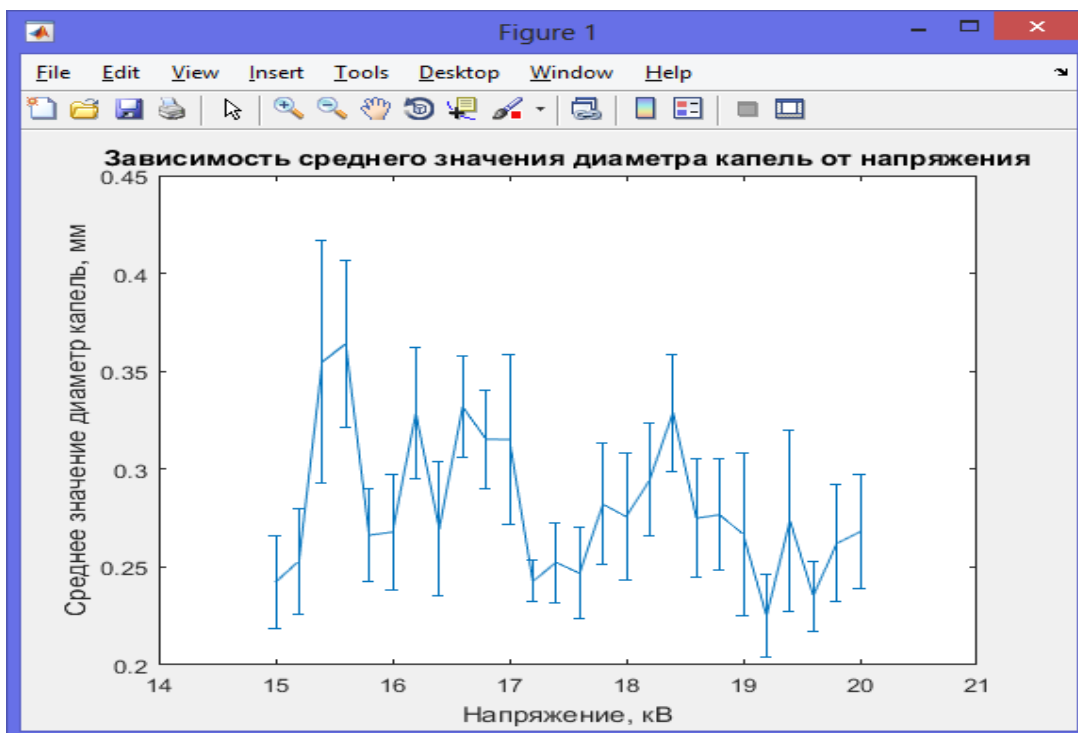


Рис. 1. Зависимость силы тока от напряжения для глицерина

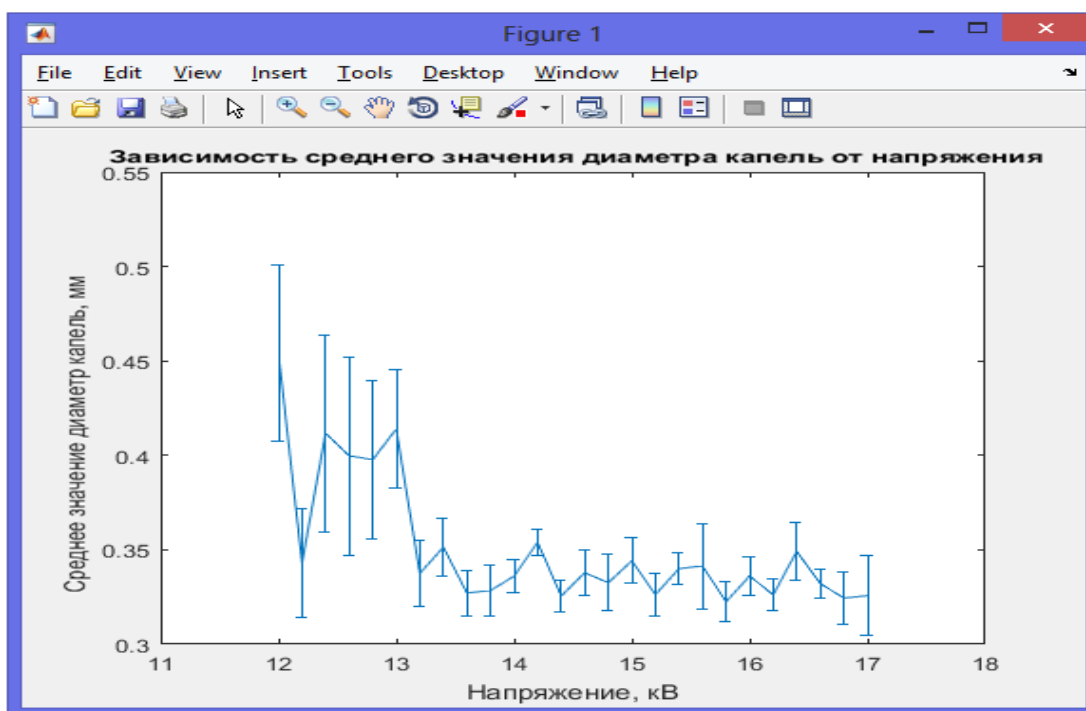


Рис. 2. Зависимость силы тока от напряжения для касторового масла

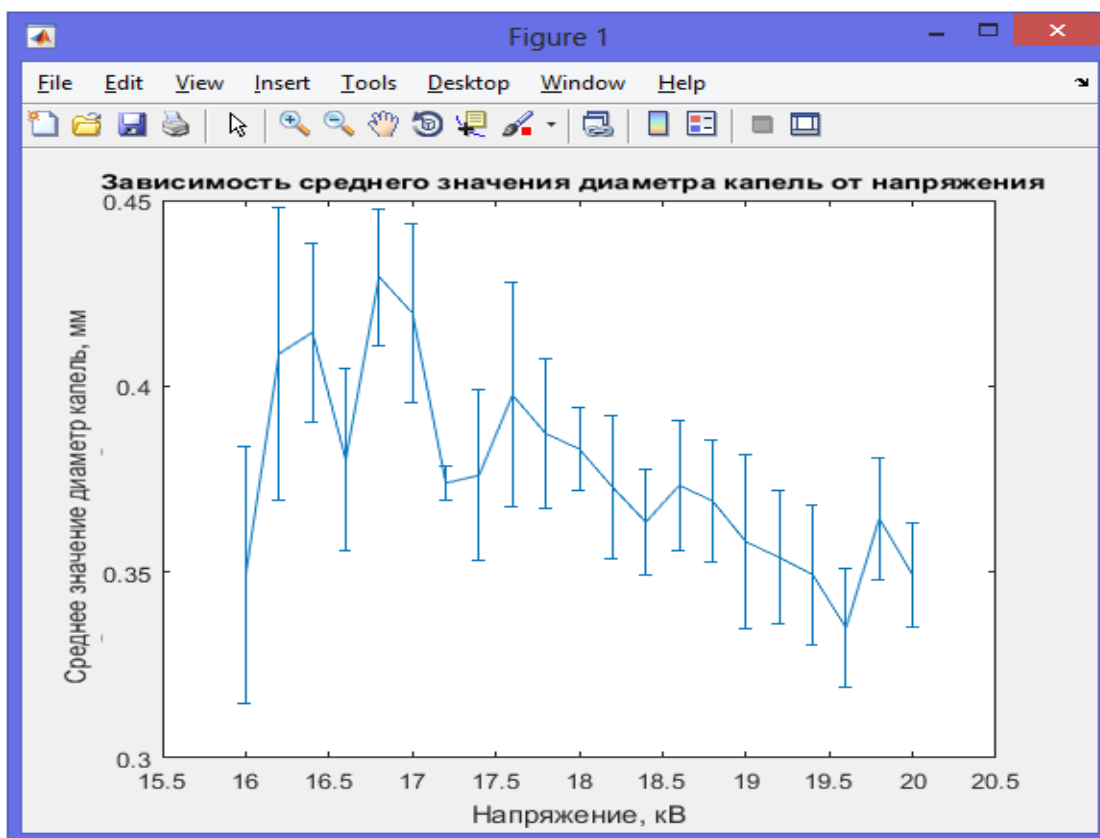


Рис. 3. Зависимость силы тока от напряжения для воды

По результатам, представленным на графиках, можно сделать следующий вывод о том, что изменение величины подаваемого высокого электрического напряжения позволяет регулировать размер капель, получаемых в результате распада струи. Данное явление имеет большое практическое значение при распылении жидкостей в различных областях техники и технологий.

### Библиографический список

*Белов П.А.* Перспективы применения устройства электрогидродинамического распыления для нанесения электропроводящих покрытий мето-



дом струйной печати // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2018. – Том 18. – № 2. 6 с.

*Занин С.С.* Электрогидродинамический экструдер для прецизионной 3D печати: ВКР по программе бакалавриата 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. Курск, 2018. 68 с.

## **ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЯМОУГОЛЬНЫХ НИЗКОЧАСТОТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЫНКЕ**

**©2018 А. А. Шахов**

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*Статья носит справочно-информационный характер и содержит общую информацию о соединителях, производимых отечественными компаниями, и об их технических характеристиках.*

**Ключевые слова:** *Электрический соединитель, электрический контакт.*

Электрический соединитель (ЭС) – это электромеханическое устройство, предназначенное для механического соединения и разъединения электрических цепей (проводов, кабелей, модулей, узлов и блоков) в различных видах аппаратуры.

Промышленностью выпускается большое количество типов электрических соединителей. Систематизация сведений об имеющихся электриче-

ских соединителях упрощает выбор их для конкретных разрабатываемых радиоэлектронных средств, а правильное применение электрических соединителей способствует повышению эксплуатационной надежности радиоэлектронных устройств.

Основными элементами ЭС являются контакты-детали, изоляторы, корпусные детали и зажимные элементы. Соединители, созданные на основе дополнительных требований (герметичность, водонепроницаемость, пылезащищенность и др.), оснащаются дополнительными защитными или уплотняющими элементами.

Контактная пара – является основным функциональным элементом соединителя и, обычно, состоит из гнезда и штыря. Электрический контакт – соприкосновение тел, которое обеспечивает непрерывность электрической цепи, а также устройство, содержащее соприкасающиеся детали. Он появляется при возникновении на их поверхностях участков, проводящих ток. Реальная площадь контакта в сотни раз меньше номинальной площади контактирующих поверхностей из-за шероховатости, неровности, наличия непроводящих пленок.

По конструктивному исполнению, электрические контакты можно разбить на три группы:

— подвижные, функция которых замыкать и размыкать цепь при кратковременной либо длительной коммутации тока;

— скользящие, в которых происходит перемещение контактирующих поверхностей относительно друг друга без нарушения электрического контакта;

— неразъемные, в которых в процессе работы не происходит разъединения контактирующих поверхностей.

Изоляторы служат для создания электрической изоляции между контактами и металлическим корпусом, а также для закрепления контактов и

передачи механических сил контактам при сочленении и расчленении соединителей. В прямоугольных соединителях, для крепления изоляторов в корпусе используют винтовые зажимы.

По виду соединяемых цепей, электрические соединители подразделяются на низкочастотные (НЧ), напряжением до 1,5 кВ, радиочастотные (РЧ) напряжением свыше 1,5 кВ и комбинированные. Низкочастотные соединители созданы для работы в цепях переменного и импульсного токов с частотой до 3 МГц.

Технические характеристики прямоугольных низкочастотных соединителей, представленных на сегодняшний день на отечественном рынке, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики прямоугольных низкочастотных соединителей

Производитель	Электротретааль	Каскад	Элекон	Копир	Электро соединитель	Атлант	Снежеть
Модель	РПМ	РПМ-10-12	РПС1	СНП-231	РПМ 14	РПМ12	РПМ
Количество контактов, шт	4; 8; 12; 16	12	7; 15; 21; 37	9; 25	9; 26	14; 20; 32; 66	5; 17; 23; 29
Рабочий ток на каждый контакт, А	3	10	1	2	5	3,4	3
Рабочее напряжение (макс.), В	400	250	100	250	310	500	400
Диапазон частот	до 5КГц	-	до 5 КГц	-	-	до 5КГц	до2,5 КГц
Минимальный срок сохранности, лет	6	-	25	-	15	15	20

<b>Производитель</b>	<b>Электродеталь</b>	<b>Каскад</b>	<b>Элекон</b>	<b>Копир</b>	<b>Электро соединитель</b>	<b>Атлант</b>	<b>Снежить</b>
<b>Сопротивление контактов (макс.), мОм</b>	15	-	10	5	15	2,5	10
<b>Рабочая температура среды, °С</b>	от -60 до 155	от -60 до 125	от -60 до 95	от -60 до 70	от -60 до 85	от -60 до 125	от -60 до 90

Применение соединителей - разносторонне, и надобность определённого параметра зависит от целей пользователя, поэтому корректнее сравнивать каждую характеристику отдельно.

Так, наибольшее значение тока на контакт, а значит и большая нагревостойкость материалов изолятора и контактов, достигло НПО «Каскад», а также АО «Электросоединитель» и ПАО «Завод Атлант».

Максимальное напряжение, за счёт изоляции между контактами, между контактами и корпусом, позволяет соединителю выдерживать большие нагрузки без пробоя. На отечественном рынке, наибольшее значение рабочего напряжения добились ПАО «Завод Атлант», АО «Карачевский Завод «Электродеталь» и АО «Завод «Снежить».

Сопротивление контактов тем ниже, чем плотнее осуществляется взаимодействие поверхностей контактной пары, то есть от контактного нажатия, также влияние оказывает температура. Наименьшего значения достигаемого сопротивления достигли ПАО «Завод Атлант» и АО "Завод "Копир".

Срок сохраняемости указан при условии хранения соединителей в отапливаемом хранилище с конденсированием воздуха, а также для встро-

енных в защищенную аппаратуру. Наибольшие сроки сохраняемости соединителей предоставляют ОАО «Завод Элекон» и АО «Завод «Снежень».

Диапазон частот определяет разброс в видах передаваемых сигналов через соединитель, если речь идёт не о кабелях питания. Все рассмотренные соединители попадают в категорию низкочастотных, и среди них наибольшего диапазона частот достигли АО «Карачевский Завод «Электродеталь», ОАО «Завод Элекон», ПАО «Завод Атлант».

Диапазон допустимых рабочих температур зависит от материалов из которых изготовлены контакты соединителей, их изоляция и корпуса. Требования к рабочей температуре зависят исключительно от условий в которых будет использоваться соединитель. Наибольшего диапазона температур добились АО «Карачевский Завод «Электродеталь», ПАО «Завод Атлант» и НПО «Каскад».

### **Библиографический список**

Лярский В.Ф., Мурадян О.Б. Справочное издание Электрические Соединители – справочник. 1988.

Комаров А.А., Яковлев В.Н. Электрические Контакты. Учебно-методическое пособие. Самара 2001.

Каталог продукции ПАО «Завод Атлант» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.zavodatlant.ru/template.php?parce=orthogon&id=list> (дата обращения: 15.09.2018).

Каталог продукции АО «Электросоединитель» [Электронный ресурс]. – URL: <http://ao-es.ru/category/produktsiya/> (дата обращения: 15.09.2018).

Каталог продукции АО «Завод «Снежень» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sneget.ru/> (дата обращения: 15.09.2018).

Каталог продукции ОАО «Завод Элекон»[Электронный ресурс]. – URL: [http://zavod-elecon.ru/catalog/pryamougolnye\\_soediniteli/](http://zavod-elecon.ru/catalog/pryamougolnye_soediniteli/) (дата обращения: 16.09.2018).

Каталог продукции НПО «Каскад»[Электронный ресурс]. – URL: <http://www.npokaskad.ru/products/soediniteli/> (дата обращения: 16.09.2018).

Каталог продукции АО «Карачевский Завод «Электродеталь» [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.elektrodetal.com/catalog/page\\_1/](https://www.elektrodetal.com/catalog/page_1/) (дата обращения: 11.09.2018).

Каталог продукции АО «Завод "Копир».[Электронный ресурс]. – URL: <http://www.zavod-kopir.ru/index.php/kategoriya/pryamougolnye> (дата обращения: 11.09.2018).

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИКИ**

**© 2018 И.С. Кашкин, П.И. Морозова, Т.О. Лунева**

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В статье рассматриваются устройства цифровой обработки сигналов. Приведено описание этих устройств, произведена оценка производительности, а также описана целесообразность применения этих устройств в разнообразных системах обработки сигналов.*

**Ключевые слова:** ПЛИС, ЦОС, производительность.

На сегодняшний день, в жизни человека важную роль играют различных цифровые устройства и цифровые системы, обеспечивающие каче-

ственный прием, обработку и последующую передачу полученной информации. Основной задачей данных цифровых систем является качественная обработка полученных данных, обеспечивающая минимальные информационные потери. Главным вопросом, при создании таких систем является выбор элементной базы. В настоящее время, для решения вопросов цифровой обработки сигналов (ЦОС) используются цифровые сигнальные процессоры (DSP) и программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС).

Цифровая обработка сигналов – способы обработки сигналов на основе численных методов с использованием цифровой вычислительной техники. К основным операциям ЦОС относятся: линейная свертка, корреляция, линейная цифровая фильтрация, дискретные преобразования и модуляция сигналов. Математически, с точки организации вычислений, данные алгоритмы базируются на операции умножения-сложения. В основе этой операции лежит умножение двух чисел с последующим их сложением с аккумулятором, который хранит в себе результаты прошлых вычислений. Эту операцию можно реализовать на программном, аппаратном и аппаратно-программном уровне. Реализуя данную операцию программным способом, быстродействие системы ЦОС ограничено из-за последовательного выполнения операций в процессоре. Реализация операции умножения-сложения на аппаратно-программном уровне позволяет снизить требования к вычислительным возможностям элементной базы, а также в целом упростить реализацию систем ЦОС. Сегодня, реализация ЦОС систем на аппаратно-программном уровне происходит с помощью DSPи/или ПЛИС [Якимов 2011].

DSP– специализированный микропроцессор, занимающийся обработкой цифровых сигналов в режиме реального времени. Современные DSP оснащены различными периферийными модулями и различными ти-

пами памяти, которые объединены в одном корпусе, что позволяет их сравнить с микроконтроллерами. Одним из наиболее крупных производителей DSP является компания Texas Instruments (TI). Сравнительная характеристика элементной базы DSP компании TI представлена в таблице 1 [[ti.com](http://ti.com)].

ПЛИС - универсальные цифровые устройства, обладающие возможностью внутрисистемного перепрограммирования. Современные структуры ПЛИС делятся на две категории: CPLD (Complex Programmable Logic Device) и FPGA (Field Programmable Gate Array). Для разработки ЦОС-систем наибольшее предпочтение отдается ПЛИС, имеющим FPGA структуру. Особенности данной структуры являются: наличие встроенных DSP-блоков, реализация большого количества параллельных вычислений, непрерывность и стабильность скорости обработки сигналов. Одним из крупных поставщиков FPGA является компания Altera. Сравнительная характеристика элементной базы FPGA компании Altera представлена в таблице 2 [[altera.ru](http://altera.ru)].

Для оценки производительности DSP и FPGA применяется величина MAC. Multiply-accumulate operations per second (MAC) – величина, показывающая, сколько операций умножения-сложения над числами с фиксированной точкой или числами с плавающей запятой выполняет процессор в секунду.

Таблица 1- Сравнительная характеристика DSP компании TI

Семейство микропроцессоров	Цена(\$)	ММАС
DSP с фиксированной точкой C5000	1-10	25-300
Цифровые медиапроцессоры DaVinci DSP с фиксированной точкой C6000 DSP с плавающей точкой C6000	10-30	50-1200



DSP с фиксированной точкой C5000		
Цифровые медиапроцессоры DaVinci DSP с фиксированной точкой C6000 DSP с плавающей точкой C6000 DSP с фиксированной точкой C5000	30-100	50-1440
Цифровые медиапроцессоры DaVinci DSP с фиксированной точкой C6000 DSP с плавающей точкой C6000 DSP с фиксированной точкой C5000	100-300	266-2000
DSP с фиксированной точкой C6000	300-330	2000-2400

Таблица 2- Сравнительная характеристика FPGA компании Altera

Семейства микросхем	Цена(\$)	ММАС
Cyclone II Cyclone III	10–30	270–660
Cyclone II Cyclone III	30–100	380–1900
Cyclone II Cyclone III Stratix III	100–300	1000–4500
Cyclone II Cyclone III Stratix II	300–1000	1000–8300
Stratix II Stratix III	1000–3000	3000–11000
Stratix II Stratix III	3000–10000	4000–11000

Рассмотренные устройства не являются универсальными для различных задач ЦОС. Стоит учитывать, что эти устройства имеют как свои преимущества, так и недостатки при работе с различными операциями

ЦОС. Главным вопросом для разработчика системы ЦОС является правильный выбор элементной базы для решения конкретных задач. В таблице 3, объединившей в себе данные из двух предшествующих таблиц, представлена сравнительная характеристика DSP и FPGA, которая поможет принять решение о применении конкретного устройства в условиях различной требуемой производительности итогового продукта.

Таблица 3- Сравнительная характеристика DSP и FPGA

Производительность (диапазон ММАС)	Цена(\$)	Минимальное отношение цена/ производительность для DSP	Минимальное отношение цена/производительность для FPGA
Низкая (<300)	<10	1,8	-
Средняя (300–1000)	10-30	1,6	1,4
	30–100	3	2,8
Высокая (>1000)	100–300	5,8	2,9
	300–1000	13,4	4,2
	1000–10000	-	20

Таким образом, для систем, имеющих низкую производительность, оптимальным решением будет применение соответствующего DSP. Для систем средней производительности оптимальным вариантом будет применение как FPGA, так и DSP, в зависимости от конкретной задачи. В системах высокой производительности оптимальным решением будет как отдельно FPGA, так и гибрид FPGAи DSP.

### Библиографический список

*Е. В. Якимов*, Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / 2-е изд., Изд-во Томского политехнического университета, 2011.

<http://www.ti.com/> (20.09.2018)

<http://altera.ru/>(20.09.2018)

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ С ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКОЙ**

**© 2018 Д. Н. Уколов, Д. В. Аниканов, А. В. Будаев**

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В данной статье рассматриваются микроконтроллеры различных семейств и моделей, их характеристики и возможности их использования в модулях радиолокационных систем с фазированной антенной решёткой.*

**Ключевые слова:** *микроконтроллер, радиолокационная система, фазированная антенная решётка, сигнал, пропускная способность.*

В настоящее время фазированные антенные решётки (ФАР) получили широкое распространение в средствах радиосвязи, радионавигации, радиоастрономии и т. п. Активные ФАР (АФАР), используемые для радиолокации, обеспечивают сканирование наземной поверхности или воздушного пространства за счет движения луча, при этом сама конструкция ФАР остаётся неподвижной. Когда посланный антенной сигнал доходит до какого-либо объекта, он отражается с небольшими искажениями (в зависимости от материала сканируемого объекта), приходит обратно и фиксиру-

ется радиолокационной станцией (РЛС). Измерив временную задержку между посланным электрическим импульсом и принятым отраженным сигналом, и зная скорость распространения волны в воздухе (300 000 км/с) можно судить об удаленности объекта от АФАР. На основе данного принципа определяют местоположение (расстояние и направление движения) объекта и его габариты. В современных РЛС также предусмотрено измерение скорости сканируемого объекта посредством расчета доплеровского смещения частоты отраженного сигнала, а также формы объекта путем измерения интенсивности отраженной волны [Д. И. Воскресенский, 2004].

Большинство радиолокационных станций с ФАР работают в диапазоне частот от 30 МГц до 10 ГГц, соответственно, устройство обработки принятых сигналов постоянно работает с огромным количеством информации. Подключение дополнительных модулей к устройству может сильно сказаться на процессе обработки отраженных сигналов, поэтому целесообразно распределить вычислительную нагрузку между встроенным обработчиком сигналов РЛС и сторонним вычислительным устройством (ВУ). В данной статье в качестве дополнительного ВУ будет рассмотрен микроконтроллер (МК), семейство и модель которого будет выбрана после сравнительного анализа рынка МК. Предполагается, что на его основе [А. Е. Васильев, 2008] будет реализовано устройство для расчета пропускной способности РЛС с ФАР и в перспективе некоторые другие модули управления и систем контроля РЛС.

Для выбора нужного микроконтроллера была проведена сравнительная характеристика МК различных семейств и моделей. Ввиду того, что АФАР работает в широком диапазоне частот, в том числе и на уровне  $10^{10}$  Гц, быстродействие МК будет играть ключевую роль. Другой не менее важной характеристикой является разрядность аналого-цифрового преобразователя данного МК – эта характеристика [Г. И. Волович, 2005] пока-

зывает насколько точно МК может преобразовать полученный аналоговый сигнал в дискретный (цифровой) сигнал. Энергопотребление данного МК должно быть во много раз меньше потребления приемного канала. Дополнительными параметрами для сравнения были выбраны: цена выбранного МК и количество физических интерфейсов, с которыми способен работать данный чип. Согласно определению [С. Болл, 2007], физический (аппаратный) интерфейс – это совокупность программных и аппаратных средств, предназначенных для передачи информации между компонентами вычислительных машин, в нашем случае, между МК и устройством обработки сигналов радиолокационной системы с ФАР. Наиболее распространённые интерфейсы для МК: UART, I<sup>2</sup>C, SPI, CAN, USB, Ethernet.

Таблица 1 – Сравнение характеристик МК для использования в РЛС с АФАР

Модель МК	Ядро	Тактовая частота, МГц	Разрядность АЦП, бит	Рабочее напряжение питания, В	Цена, руб.	Интерфейсы ввода-вывода
ATSAMA5D225C-D1M-CU (Microchip)	ARM Cortex-5	500	12	1,2	1400	CAN, Ethernet, I2C, I2S, SSC, SPI, UART, USB
ATSAM4E16CA-AN (Microchip)	ARM Cortex-M4	120	12	1,3	830	CAN, I2C, SPI, UART, USART, USB
ATSAMD51G19A-MU (Microchip)	ARM Cortex-M4F	120	12	3,3	430	I2C, LIN, SPI, UART, USART, USB
F28M35H52C1RFPT (Texas instruments)	ARM Cortex-M3	150	12	1,2	2950	CAN, I2C, SPI, UART, USB
LPC1830FET256 (NXP Semiconductor)	ARM Cortex-M3	180	10	3,3	680	CAN, ENET, I2C, I2S, SPI, UART, USB

LPC4323JET100E (NXP Semiconductor)	ARM Cortex- M4	204	10	3,3	920	I2C, I2S, SPI, SSI, UART, USB
LPC2919FBD144/01/ (NXP Semiconductor)	ARM9	125	10	1,8	1270	I2C, CAN, SPI, UART
MK22FN1M0AVMC 12 (NXP Semiconductor)	ARM Cortex- M4,	120	16	3,3	1600	CAN, I2C, I2S, SDHC, SPI, UART, USB
MKE14F256VLH16 (NXP Semiconductor)	ARM Cortex- M4	160	12	5	640	I2C, SPI, UART
STM32F207ZCT7 (ST Microelectronics)	ARM Cortex- M3	120	12	3,3	910	CAN, I2C, I2S, SPI, UART, USART, USB
STM32L4R9VGT6 (ST Microelectronics)	ARM Cortex- M4	120	12	3,3	1020	CAN, I2C, SAI, SPI, UART, USART, USB
STM32F429AIH6 (ST Microelectronics)	ARM Cortex- M4	180	12	3,3	1950	CAN, Ethernet, I2C, SPI, UART, USART, USB

В приведенной таблице 1 наглядно показано, что МК серии AT SAM и LPC превосходят по быстродействию своих конкурентов, в то время как МК линейки МК22 и MKE компании NXP Semiconductor лучше подходят для оцифровывания аналоговых сигналов. Однако, данные модели МК не получили широкое распространение ввиду большой стоимости и большой погрешности при обработке сигналов, несмотря на заявленную разрядность АЦП. Поэтому использование чипов семейства STM32 является лучшим вариантом по соотношению цена/качество, а по скорости выполнения арифметико-логических операций лишь немного уступает конкурентам. Кроме того, чипы STM32 по простоте программирования и количеству качественных библиотек превосходят практически все модели приведенные в таблице 1.

### Библиографический список

Д. И. Воскресенский, А. И. Канащенков. Активные фазированные антенные решетки // Радиоэлектроника, Москва — 2004 .

А. Е. Васильев. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений // СПбГПУ, Санкт-Петербург — 2008.

Г. И. Волович, В.Б. Ежов. Микросхемы АЦП и ЦАП: Справочник. «Додэка-XX», Москва — 2005.

С. Болл. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров. «Додэка-XXI», Москва — 2007.

## ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ И СОСТАВА КОМПЛЕКСОВ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА С $Zn^{2+}$

©Е.Ф. Лозинская, А.Н. Филиппова

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*Изучены оптимальные условия комплексообразования дигидрокверцетина с катионом цинка(II): в водно-этанольных растворах при рН 5,6-6,3 образуются малорастворимые комплексные соединения дигидрокверцетин-цинк состава 1:2; 1:1 и 2:1.*

**Ключевые слова:** *комплексообразование, дигидрокверцетин.*

Дигидрокверцетин (ДКВ) является ценным оптически активным антиоксидантом растительного происхождения, который хорошо зарекомен-

довал себя как компонент лекарственных фитопрепаратов, обладающих капилляро-, радио-, гепато- и онкопротекторной активностью [Мельникова Н.Б 2001]. При создании новых лекарственных форм, косметических и пищевых средств на основе дигидрокверцетина необходимо учитывать его совместимость и взаимодействие с другими компонентами.  $Zn^{2+}$  образует как металлоферменты, так и металлоферментные комплексы, которые задействованы в регуляции процессов, связанных с усиленным клеточным делением: активным метаболизмом нуклеиновых кислот, синтезом белков. На основе комплексного соединения дигидрокверцетина с  $Zn^{2+}$  имеется возможность разработки препаратов с усиленными антиоксидантными свойствами, что показано многими исследователями [Трофимова Н.Н., Столповская Е.В., Бабкин В.А. 2014].

Методом УФ спектрофотометрии изучали оптимальные условия комплексообразования дигидрокверцетина с  $Zn^{2+}$  и молярные отношения ДКВ: $Zn^{2+}$  в комплексах. Спектры снимали на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 в кварцевых кюветах  $l=1$  см относительно дистиллированной воды.

Поскольку ДКВ обладает ограниченной растворимостью в воде, для изучения комплексообразования была выбрана водно-этанольная среда. Для чего использовали  $4 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup> этанольный раствор дигидрокверцетина и водный раствор  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup> ацетата цинка (ч.д.а.), среду создавали добавлением ацето-аммонийных буферных растворов в диапазоне рН 3,5 – 6,3.



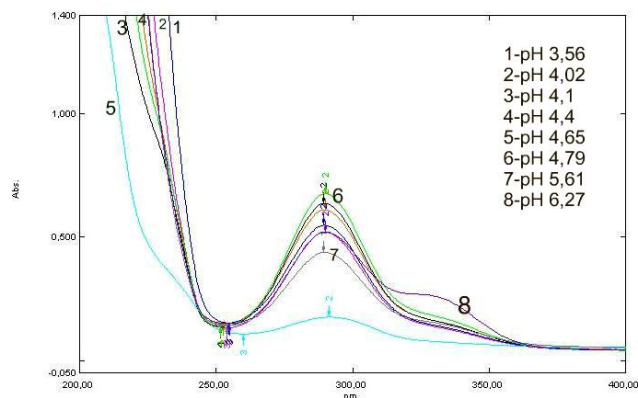


Рис.1. Спектры  $2 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup> водно-спиртовых растворов ДКВ с различными рН

На спектрах ДКВ в УФ области (рис.1) заметное изменение характера светопоглощения фиксируется в области ближнего ультрафиолета при 236,5; 290 и 327,5 нм. В полосах 236,5 и 290 нм значительной динамики с ростом рН практически не наблюдается; в полосе 327,5 нм оптическая плотность увеличивается на участке рН от 5,5 до 6.

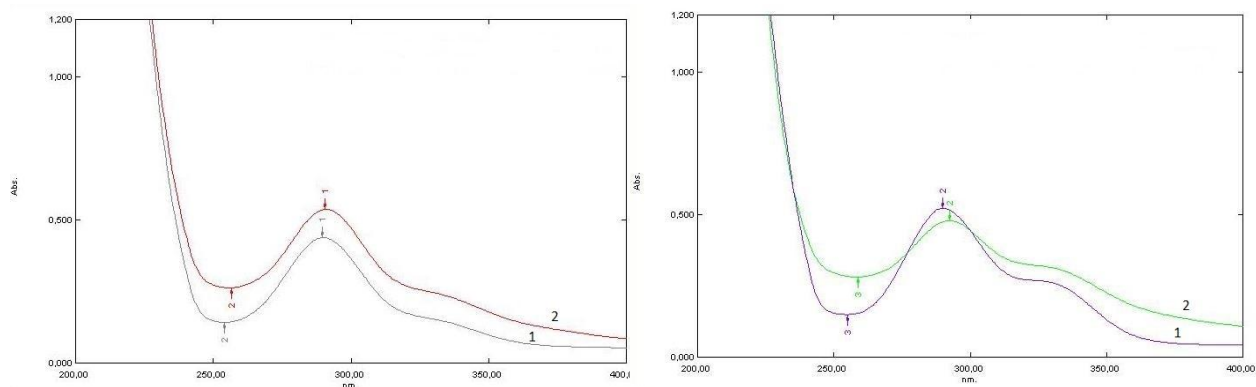


Рис.2. Спектры поглощения раствора ДКВ (1) и раствора ДКВ в присутствии  $Zn^{2+}$  (2)  $C=2 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup> в молярном соотношении 1:1 при рН 5,61 и рН 6,27

На спектрах ДКВ в присутствии избытка  $Zn^{2+}$  при рН 5,61 и 6,27 (рис.2) в результате комплексообразования заметно увеличение оптической плотности при рН 5,61, при этом характер светопоглощающей кривой не меняется. При рН 6,27 при  $\lambda=290$  нм наблюдается уменьшение, а при 327 нм увеличение оптической плотности, что может быть связано с выбором в комплекс депротонированной формы ДКВ [Мельникова Н.Б. 2001]. При  $20^\circ C$  рост оптической плотности растворов, обусловленный комплексообразованием происходит медленно, для увеличения скорости реакции смеси нагревали до  $80^\circ C$ .

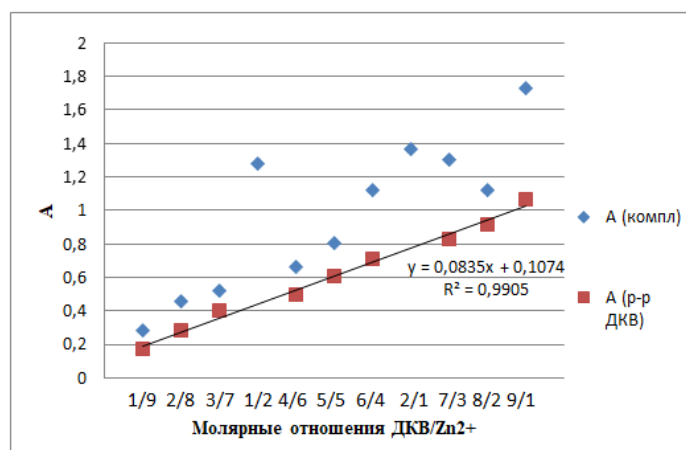


Рис.3.Изменение оптической плотности изомолярной серии суммарной концентрации  $C=5 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> ДКВ и  $Zn^{2+}$

Молярные соотношения ДКВ: $Zn^{2+}$  определяли методом изомолярных серий и молярных соотношений. По изменению оптической плотности растворов изомолярной серий при  $\lambda=327,5$  нм (рис.3) можно судить об образовании малорастворимых комплексы ДКВ с  $Zn^{2+}$  состава 1:2, 2:1, 1:1.

## Библиографический список

*Мельникова, Н.Б.* Взаимодействие дигидрокверцетина с ионами металлов в водных растворах их солей и в изотонических медицинских средах // Химия растительного сырья. – 2001. – №4.- С.25-33

*Трофимова Н.Н., Столповская Е.В., Бабкин В.А.* Строение и электрохимические свойства комплексных соединений металлов с дигидрокверцетином// Химия растительного сырья. – 2014. – №3.- С.121-131

## АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕДИАННОГО ФИЛЬТРА И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

© 2018 Р.Н. Беленьков, С.Н. Беленьков

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В статье предложен вариант аппаратной реализации медианного фильтра, построенного на основе сетей сортировки. За счет параллельной реализации структуры фильтра на кристалле ПЛИС достигается сверхбыстрое определение медианы, что позволяет достигнуть обработки данных со скоростью более 1 Гбит/с.*

**Ключевые слова:** *медианный фильтр, ПЛИС, аппаратная реализация.*

С развитием технологий программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) стали широко использоваться в областях цифровой обработки сигналов, передачи данных на высокой скорости, криптографии и т.д.

Классические вычислительные системы с использованием микропроцессоров выполняют команды в последовательном режиме. В случаях, когда требуется высокоскоростная обработка информации, последовательное выполнение команд может сказаться на быстродействии системы и её пропускной способности.

Ресурсы и возможности современных ПЛИС позволяют проводить высокоэффективные вычисления и обработку информации за счет распараллеливания стандартных последовательных алгоритмов и создания конвейеров. В конвейерных схемах новые данные для обработки могут поступать с каждым тактом, что обеспечивает высокую пропускную способность.

Одним из широко используемых методов предварительной обработки цифровых сигналов и изображений является медианная фильтрация. Значения отсчетов внутри окна сортируются по возрастанию и на выход фильтра поступает отсчет, находящийся в середине. Окно фильтрации выбирается как правило нечетным, в случае четного окна на выход фильтра поступает среднее арифметическое двух средних упорядоченных чисел. Медианная фильтрация эффективно удаляет шумовые всплески сигнала на фоне монотонных, в пределах окна фильтрации, отсчетов. В то же время медианный фильтр оставляет без изменений монотонные сигналы. В случаях, когда перепады значений сигналов велики по сравнению с дисперсией аддитивного белого шума, медианный фильтр дает меньшее значение среднеквадратической ошибки по сравнению с оптимальными линейными фильтрами [Прэтт, 1972].

Предложенный аппаратно-ориентированный алгоритм медианной фильтрации основан на использовании сетей сортировки. Сети сортировки представляют собой метод сортировки, который использует только операции сравнения. Особенности этих сетей заключаются в том, что сравнение выполняется независимо от предыдущих. Реализация сетей сортировки на ПЛИС позволяет достичь высоких скоростей обработки информации.

В качестве сортирующей сети была использована нечетно-упорядоченная сортировка (odd-even transposition sort). Число используемых компараторов растет пропорционально квадрату размера окна сортировки [DeviPrasad, 2011]. Значения данных сравниваются только на двух соседних линиях. Её структура представлена на рисунке 1.

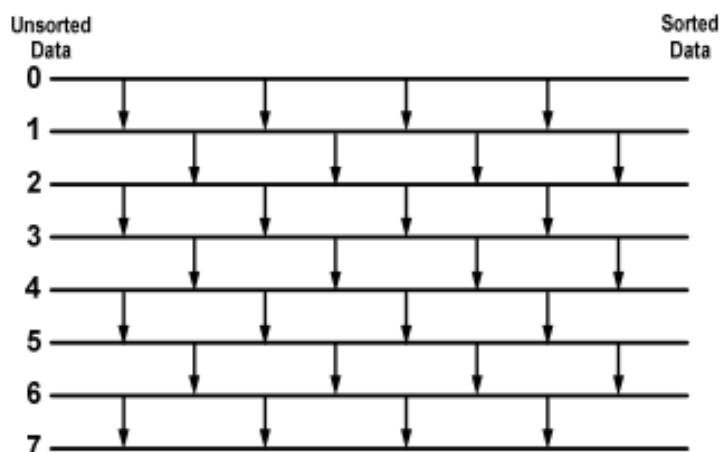


Рис. 1. Odd-even transposition sort

Структура медианного фильтра, реализуемого на ПЛИС, показана на рисунке 2.

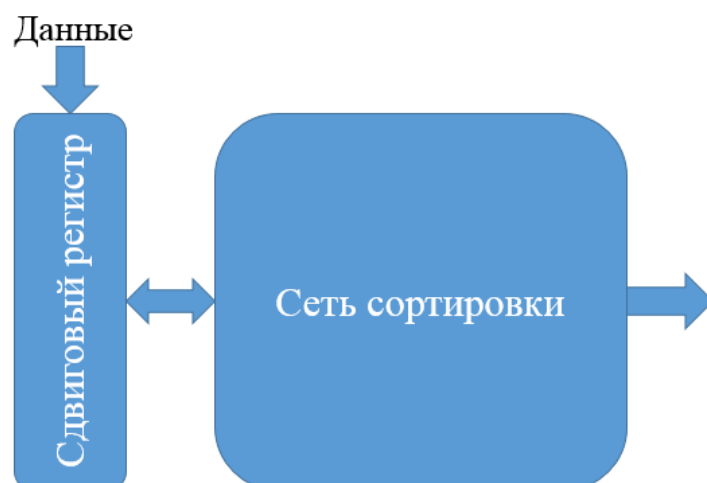


Рис.1. Структурная схема медианного фильтра

Данные для фильтрации загружаются в регистр сдвига в последовательном режиме, непосредственно регистр сдвига подключается к сети сортировки, которая вычисляет значение медианы. Латентность схемы определяется размером окна фильтрации.

Для непосредственной реализации на ПЛИС после каждой пар сравнений были введены буферные регистры для избегания критических задержек на пути прохождения данных.

Полученная структура фильтра была реализована на ПЛИС серии AlteraCycloneIV. Пропускная способность фильтра после компиляции проекта и трассировки кристалла составила порядка 5 Гбит/с.

Для тестирования был использован набор тестовых векторов полезного сигнала, состоящих из импульсного отклика небольшой амплитуды с добавлением шумовых всплесков максимальной амплитуды. Результаты симуляции проекта в ModelSim показаны на рисунке 3.

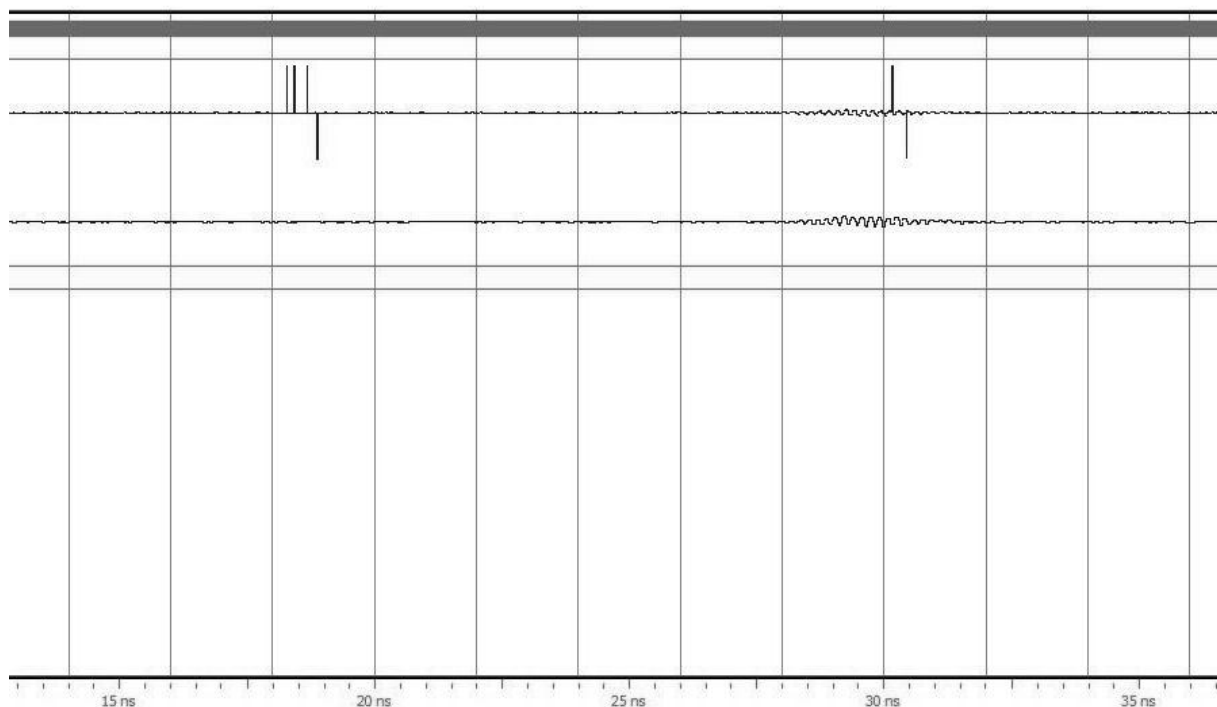


Рис. 2. Результаты симуляции в ModelSim

Удаление резко выделяющихся всплесков на фоне полезного сигнала доказывает правильность работы фильтра.

Полученная реализация медианного фильтра может быть применима для предварительной обработки сигналов с высокоскоростных АЦП. Предложенный алгоритм легко перестраивается на любую длину окна фильтрации. При этом следует заметить тот факт, что для больших окон фильтрации подобранная сеть сортировки может обладать достаточно большими требованиями к аппаратным ресурсам кристалла. В этом случае необходимо переходить к другим сетям с наименьшей сложностью: битоническим, Шелла, вставками и т.д.

## Библиографический список

*Прэтт У.* Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — Кн. 2 — 480 с.

*Devi Prasad, Mohamad Yusri Mohamad Yusof, Smruti Santosh Palai, Ahmad Hafez Nawi* Microelectronics Department, MIMOS Berhad. Sorting networks on FPGA. Recent Researches in Telecommunications, Informatics, Electronics and Signal Processing. 2011

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ

© 2018 П.И. Морозова, А. В. Гречишников, А.В. Будаев

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В статье рассматриваются интеллектуальные антенные системы, их строение и принцип функционирования в зависимости от области применения (РЛС и системы сотовой связи).*

**Ключевые слова:** *интеллектуальная антенная система, антенная решетка, диаграмма направленности, АФАР, РЛС, системы сотовой связи.*

Количество беспроводных систем (радиолокационных систем, сотовых сетей, систем дистанционного зондирования пространства) и их



пользователей в мире ежегодно увеличивается, что вызывает повышенный спрос на современную интеллектуальную антенную технику.

Система интеллектуальных антенн содержит антенную решетку, состоящую из антенных элементов, радиочастотных приемопередатчиков и фидеров (рисунок 1), такие антенны носят название активные фазированные антенные решетки (АФАР) [Строганова Е.П.]. Антенная решетка и радиочастотные приемопередатчики составляют радиочастотный блок. В беспроводной базовой станции аналоговые сигналы, передаваемые и принимаемые радиочастотными блоками, преобразуются с помощью высокоскоростных аналого-цифровых или цифроаналоговых преобразователей. Преобразованные сигналы подаются на шину данных, которая соединена с процессором обработки цифровых сигналов основной полосы частот. Диаграмма направленности АФАР управляется за счёт подачи регулирующего сигнала системой управления лучом на систему усилителей и фазовращателей.

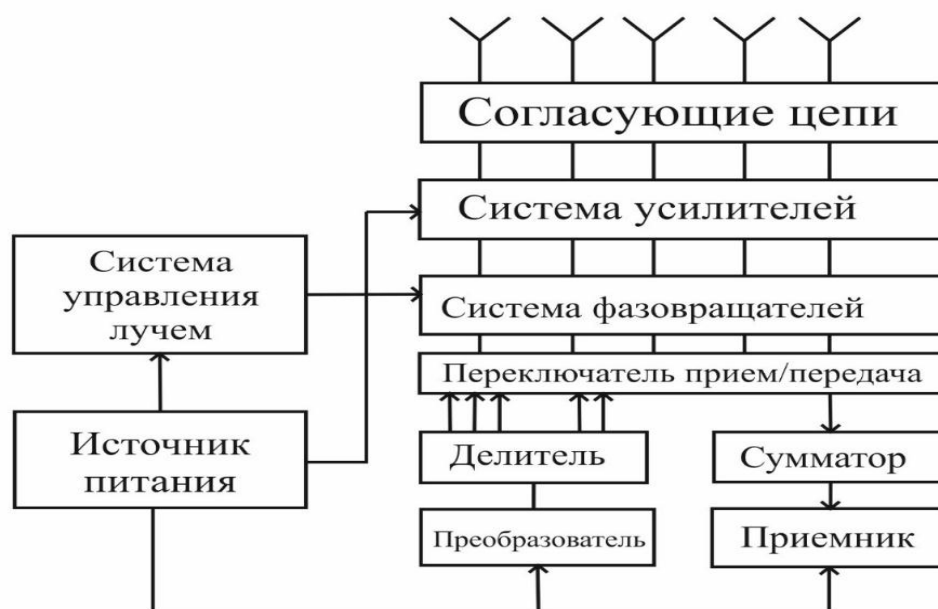


Рис. 1. Схема адаптивной интеллектуальной антенны в виде антенной решетки

Главное отличие умных антенн заключается в том, что благодаря особой структуре антенной решетки они могут изменять свою диаграмму направленности за счёт электрического управления вслед за перемещением объекта в пространстве, иными словами «следить» за объектом [Зайцев Н.А.]. В зависимости от местоположения объекта в пространстве луч (диаграмма направленности), за счет подачи различного уровня напряжения в сегменты антенной решетки, направляется в сторону расположения объекта (рисунок 2). Формируя диаграмму направленности, система использует множество антенн для передачи сигналов, улучшающих охват и ёмкость системы, и уменьшающих вероятности нарушения связи.

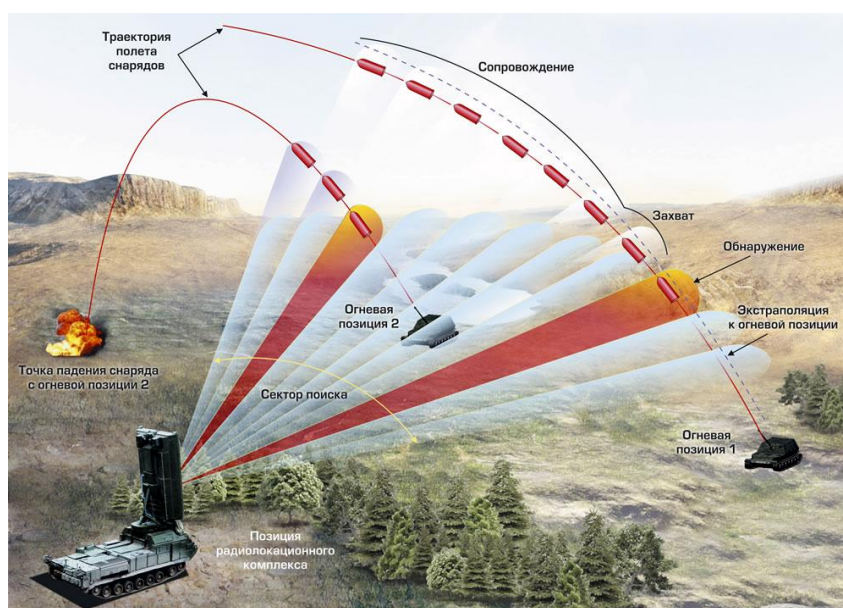


Рис. 2. Принцип действия РЛС в режиме «Разведка»

Современные планарные многоканальные модули АФАР так же применяются в средствах радиолокации, в частности, летательных аппаратов (ЛА), и необходимы для создания перспективных аэрокосмических систем («Росэлектроника» создает АФАР для малогабаритных радаров). Обычно на борту ЛА расположено различное число антенн нескольких радиосистем, которые обладают значительными массогабаритными показателями.

телями. Поэтому целесообразным стало использование интеллектуальных систем, включающих в себя совместную работу сразу нескольких бортовых систем. Такие модули включают в себя все элементы АФАР – активные элементы, антенные излучатели, системы распределения сигналов СВЧ и управления [«Росэлектроника»]. Преимуществами такого подхода являются: высокие свойства взаимной интеграции (что снижает требования к несущей конструкции) и существенное снижение стоимости модулей.

Техника интеллектуальных антенн является важным разделом в современной мобильной связи. В момент, когда абонент пытается совершить вызов, GSM-модуль телефона на рабочей частоте подключается к одной из доступных антенн на базовой станции. Так корпорация MetaWave Communications и фирма ArrayComm производят аппликации, которые превращают антенно-фидерные устройства базовых станций беспроводных сетей в интеллектуальные антенные системы, способные автоматически изменять уровень мощности и частоту излучения в зависимости от потребностей пользователей. Антенны на базовой станции имеют полный охват своего сектора, и чтобы обеспечить «покрытие сетью» зону обслуживания без «слепых» зон (отсутствие сигнала на пересечении), радиусы действия соседних базовых станций незначительно перекрывают друг друга. Коммутатор передает звонок абонента в сторону абонента назначения, при этом обеспечивая оптимальное распределение нагрузки по многоуровневой схеме сети, чтобы снизить вероятность выхода оборудования из строя [«Росэлектроника»]. Непрерывность связи получается благодаря способности сети базовых станций очень оперативно переключать абонента с одной антенны на другую в процессе его перемещения (рисунок 3). Преимуществами такого функционирования системы являются: значительное увеличение пропускной способности системы, увеличение зоны уверенного при-

ема беспроводной базовой станции, уменьшение стоимости системы и улучшение её характеристик.

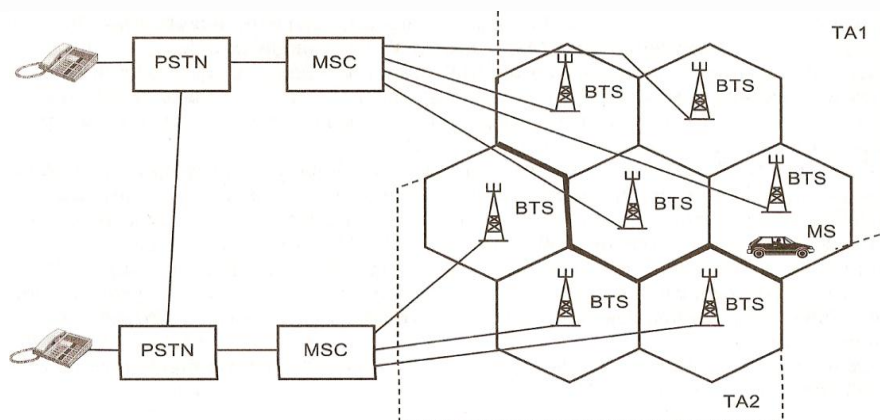


Рис. 3. Система функционирования сотовой связи

Поэтому техника интеллектуальных антенн превратилась в важный объект исследований в области высоких технологий во всем мире. На данный момент на рынке представлены компании, производящие как готовые решения по современным стандартам связи (4G LTE) для сотовых операторов, так и модульные решения для модернизации уже существующего оборудования.

### Библиографический список

*Строганова Е.П.*, Журнал "Технологии и средства связи" [Электронный ресурс]. –

URL: <http://lib.tssonline.ru/articles2/fix-op/smart-antennas-for-3g> (дата обращения: 17.09.18).

*Зайцев Н.А.*, Журнал «Национальная оборона» [Электронный ресурс].–

URL: <http://www.oborona.ru/includes/periodics/maintheme/2014/0527/> (дата обращения: 19.09.18).

«Росэлектроника» АФАР для малогабаритных радаров [Электронный ресурс]. –

URL: <http://www.arms-expo.ru/news> (дата обращения: 19.09.18).

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАМАТЕРИАЛОВ В СОВРЕМЕННОЙ АНТЕННОЙ ТЕХНИКЕ

© 2018 А. В. Гречишников, Д. Н. Уколов, А. В. Будаев

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В данной статье рассмотрены электродинамические свойства метаматериалов, получаемых искусственной модификацией внедряемых в них элементов, их классификация, а также применение в антенной технике.*

**Ключевые слова:** *метаматериалы, электромагнитные свойства, диэлектрическая проницаемость, магнитная проницаемость, антенны.*

На сегодняшний день актуальными технологическими проблемами в сфере электроники, в том числе антенной технике, являются миниатюризация исходных компонентов, а также снижение потерь при разработке устройств, работающих в диапазонах от крайне низких до крайне высоких частот. Решить данные проблемы способны метаматериалы – структуры, чьи эффективные электромагнитные свойства выходят за пределы свойств образующих их компонентов, а также свойства которых во многом определяются их уникальным строением, а не химическим составом. Эти мате-

риалы вызывают как академический, так и практический интерес в связи с их необычными свойствами.[И.Б. Вендик, 2013].

Важнейшими параметрами, характеризующими электродинамические свойства материалов, являются диэлектрическая( $\epsilon$ )и магнитная ( $\mu$ ) проницаемости. В зависимости от знака этих величин, существует четыре типа материалов (рисунок 1)[В. Слюсар, 2009]:

- DPS (double positive, двойные положительные). Данные среды считаются прозрачными для электромагнитных волн, если внутренние потери в них малы. Примером являются диэлектрики.

- ENG ( $\epsilon$ negative,  $\epsilon$ -негативные). Наиболее известным примером естественной ENG-среды является плазма. В зависимости от частоты возбуждения, такая среда может быть либо прозрачной, либо непрозрачной для электромагнитных волн.

- MNG ( $\mu$ negative,  $\mu$ -негативные).Альтернативными средами с положительной диэлектрической и отрицательной магнитной проницаемостями являются, в определенных частотных режимах, некоторые гиротропные вещества.

- DNG (double negative, двойные негативные). До недавнего времени такие материалы не существовали в природе и поэтому могли быть получены лишь искусственно. Однако в 2006 году было установлено, что кристаллы  $\text{La}_2\text{CaMn}_9$ имеют отрицательный коэффициент преломления электромагнитных волн в диапазоне 150 ГГц.



Рис. 1. Классификация физических сред в зависимости от знака величин диэлектрической ( $\epsilon$ ) и магнитной ( $\mu$ ) проницаемостей

К число наиболее интересных материалов, с точки зрения уникальных свойств для антенной техники, следует отнести метаматериалы с отрицательным коэффициентом преломления электромагнитных волн [А. Н.Лагарьков, 2010]. Эффект отрицательного преломления обусловлен одновременно отрицательными значениями диэлектрической и магнитной проницаемостями ( $\epsilon < 0$  и  $\mu < 0$ ). Такие материалы часто называют бинегативными средами (DNG, doublenegative). Отрицательный показатель преломления означает, что свет в материале распространяется особым образом: направление фазовой скорости электромагнитной волны оказывается противоположным направлению ее распространения; изменение частоты и длин волн происходит в противоположную сторону (рисунок 2).

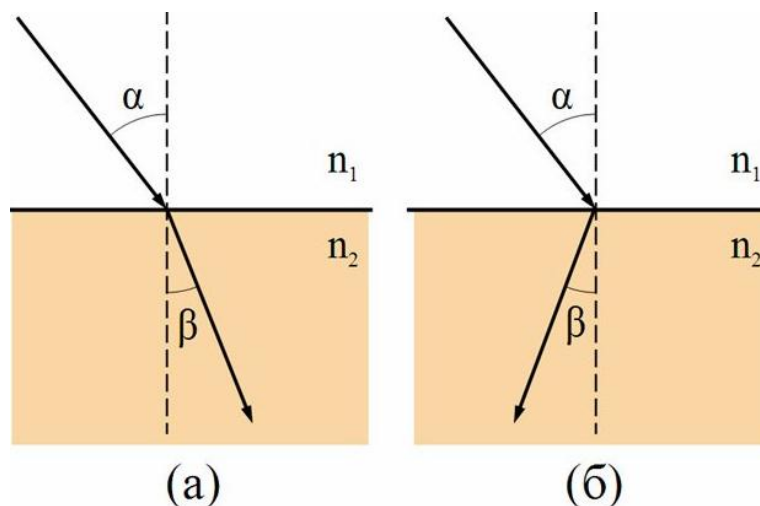


Рис. 2. Преломление луча: а) в обычной среде, б) в среде, где групповая скорость волн отрицательна

$\alpha$  - угол падения,  $\beta$  - угол преломления.  $n_1$ - среда 1,  $n_2$  – среда 2

Уникальные электромагнитные свойства метаматериалов позволили найти им широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе и антенной. Повсеместно, на основе метаматериалов создаются различные СВЧ-устройства, в частности, резонаторы, фазовращатели, частотно- и поляризационно-селективные фильтры и т. п. Другой областью применения данных материалов стало изготовление подложек и излучателей в печатных антеннах. Применение метаматериалов в данной сфере позволило добиться увеличения широкополосности и уменьшения размеров антенных элементов. Основной проблемой в этой области является поиск метаматериалов имеющих небольшую дисперсионность электромагнитных параметров [А.С. Авдюшин, 2013].

Крайне важным направлением совершенствования печатных антенн является уменьшение взаимного влияния излучателей антенной решётки, в том числе в ММО системах [И. А. Бухарев, 2011]. Данная технология основана на передаче данных с помощью N-антенны и приема M-антеннами



(передающие и приемные антенны разнесены настолько, чтобы достичь слабой корреляции соседними антеннами). Кроме того, метаматериалы могут быть использованы для компенсации реактивности электрически малых антенн в широкой полосе частот; достижения узкой пространственной направленности элементарных излучателей, погруженных в метасреду; изготовления антенн поверхностной волны, а также согласования рупорных и других типов антенн.

В современной антенной технике метаматериалы являются перспективными материалами, которые в скором будущем приведут к перевороту в области антенных систем и радиофизики. Потенциал, заложенный в данных структурах сложно недооценить, поэтому метаматериалы – это актуальное динамически развивающееся направление в СВЧ-технике.

### **Библиографический список**

И.Б. Вендик, О.Г. Вендик. Метаматериалы и их применение в технике сверхвысоких частот // Журнал технической физики. 2013. Т. 83. Вып. 1. С. 3-28.

В. Слюсар. Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы // Электроника НТБ. 2009. № 7. С. 70–79.

А. Н. Лагарьков, В. Н. Кисель, А. К. Сарычев, В. Н. Семенов. Электрофизика и электродинамика метаматериалов // Институт теоретической и прикладной электродинамики ОИВТ РАН (ИТПЭ РАН), Москва – 2010.

А.С. Авдюшин, М.Ю. Власов, Ю.Г. Пастернак. Применение материалов в антенной технике // Вестник ВГТУ. 2013. Т. 9 № 3-1. С. 132-135.

И. А. Бухарев. Антенны, применяемые для усиления сигнала в технологии ММО // Т-СОММ: телекоммуникации и транспорт. 2011. Т. 5 № 7. С. 35-38.

# ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СВЧ-ФАЗОВРАЩАТЕЛЕЙ НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ И МИРОВОМ РЫНКЕ

©2018 В. С. Зверева, А. В. Будаев

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*Статья носит справочно-информационный характер и содержит общую информацию о фазовращателях, производимых отечественными и зарубежными компаниями, об их особенностях и технических характеристиках.*

**Ключевые слова:** *фазовращатель, цифровые ФВ, аналоговые ФВ, диапазон частот, фазовый сдвиг, вносимые потери.*

Фазовращатели (ФВ) являются одними из наиболее востребованных в радиоэлектронике компонентов, которые находят широкое применение в системах радиолокации, связи и навигации.

Управление твердотельными фазовращателями осуществляется цифровым или аналоговым способом. Однако, вне зависимости от типа управления, к фазовращателям предъявляются жесткие требования по скорости переключения, точности обеспечения фазовых и амплитудных характеристик, и др.

Цифровые ФВ могут выполняются в модульном и интегральном исполнении и обеспечивают довольно быструю скорость переключения (от нескольких десятков до нескольких сотен наносекунд). Точность поддержания необходимого фазового сдвига напрямую зависит от используемого схемотехнического решения и ширины полосы рабочих частот. Техниче-

ские характеристики цифровых фазовращателей в модульном исполнении, представленных на сегодняшний день на рынке, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики цифровых фазовращателей в модульном исполнении

<b>Фирма</b>	<b>Модель/серия</b>	<b>Диапазон частот, ГГц</b>	<b>Максимальный фазовый сдвиг, град</b>	<b>Число разрядов управления</b>	<b>Вносимые потери, дБ</b>
<b>Зарубежные компании</b>					
Jersey Microwave	DPL серия	1,2 -1,4	360	6	-
Pulsar Microwave	DST-12-480/1S	1,0 – 2,0	360	8	3,5
	DST-13-480/1S	2,0 – 4,0	360	8	6,0
AKON	A50-8X003	8,0 – 8,4	360	5	4
Meuro	MPS250250BSH	22,5	360	5	10
ET Industries	DPS-28-4	2,0 – 8,0	-	4	12,0
<b>Отечественные компании</b>					
Пульсар	АПНТ-434830	2,3 – 4,1	360	6	-
RadioComm	ТИШЖ-468157	0,05 – 0,09	360	8	-
Феррит-Домен	3РWH39-58-1	3,9 – 5,8	400	-	1,2
	4РWH26-40-1	26,5 – 40,0	400	-	1,7
* – ссылки на источники представлены по мере их упоминания в библиографическом списке					

Анализируя таблицу 1, можно сделать вывод, что из зарубежных компаний можно выделить PulsarMicrowave и AKON, т.к. выпускаемые ими ФВ обладают наименьшими вносимыми потерями (менее 4 дБ), при этом обеспечивая фазовый сдвиг на  $360^\circ$ , а из отечественных - компанию Феррит-Домен, представляющую производство фазовращателей в широком диапазоне частот, обеспечивая  $400^\circ$  сдвиг фазы при вносимых потерях менее 1,7 дБ.

Развитие твердотельных ФВ, выполненных в интегральном исполнении, вызвано необходимостью повышения интеграции СВЧ-устройств и снижению их массогабаритных показателей с одновременным увеличением функциональной сложности. Применение в цифровых фазовращателях MESFET/HEMT-технологий позволяет существенно уменьшить размеры чипа, значительно снизить вносимые потери и обеспечить более высокое быстродействие устройства [Кочемасов, Шадский, 2017]. Характеристики интегральных фазовращателей, представленных на рынке, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики интегральных цифровых фазовращателей

Фирма	Модель/серия	Диапазон частот, ГГц	Число разрядов управления	Вносимые потери, дБ
Зарубежные компании				
Cobham	RM4301C	1,2 - 1,5	7	6,5
OMMIC	CGY2177AUN	4,8 – 6,8	6	5,0
UMS	CHP3015-99F	5,8 – 11,5	6	7,5
Elbit System	3W00A32000	9,0 – 13,0	5	9,0
Macom	MAPCGM0004	6,0 – 18,0	5	12,0 – 17,0

Отечественные компании				
Микран	MP310D	2,5 – 4,0	6	7,0
	MP313D	5,5 – 8,5	6	6,5
	MP306D	1,1 – 1,7	6	8,5
* – ссылки на источники представлены по мере их упоминания в библиографическом списке				

Исходя из данных таблицы 2, следует выделить компанию Микран, выпускающую ФВ в широком диапазоне частот с минимальными вносимыми потерями, при этом размер таких ФВ составляет менее 3 мм в длину.

Аналоговые фазовращатели применяются во многих приложениях и обеспечивают непрерывный фазовый сдвиг при меньших вносимых потерях, чем цифровые изделия. Технические характеристики аналоговых фазовращателей различных мировых компаний представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики аналоговых фазовращателей в модульном исполнении

Фирма	Модель/серия	Диапазон частот, ГГц	Максимальный фазовый сдвиг, град	Вносимые потери, дБ	Конструктивное исполнение
Зарубежные компании					
Pulsar Microwave	ST-24	3,0 – 3,2	360	3,0	модуль
Sage	SKP043	4,0 – 8,0	360	8,0	модуль
Communication Techniques	PS-360	8,0 – 13,0	500	6,0	модуль

Analog De- vices	HMCС1	6,0 – 15,0	800	7,0	модуль
	HMC932	12,0 – 18,0	390	4,0	ИС
	HMC934	1,0 – 2,0	400	3,5	ИС
	HMC877	8,0 – 23,0	500	8,0	ИС
* – ссылки на источники представлены по мере их упоминания в библиографическом списке					

Из приведенной таблицы очевидно, что компания AnalogDevices сохраняет монополию на выпуск интегральных аналоговых фазовращателей с большими значениями фазового сдвига.

На основе проведенного сравнительного анализа технических характеристик СВЧ-фазовращателей, выпускаемых зарубежными и отечественными производителями (таблицы 1-3), вытекает следующий вывод: характеристики, предъявляемые к ФВ, напрямую зависят от области их применения, а, соответственно, и от способа управления ФВ; основными критериями для цифровых ФВ является скорость переключения, точность поддержания необходимого фазового сдвига на всей полосе рабочих частот, чему в полной мере удовлетворяют фазовращатели компании Феррит-Домен и зарубежных компаний PulsarMicrowave и АКОН; лучшими по критерию массогабаритных показателей ФВс паритетными электрическими характеристиками являются ФВ компаний Микран и ОММІС; а для аналоговых фазовращателей первостепенным критерием является непрерывный фазовый сдвиг при наименьших вносимых потерях, эту потребность лучше всего удовлетворяют ФВ компании AnalogDevices.

## Библиографический список

Каталог продукции PulsarMicrowave [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.pulsarmicrowave.com/products/phase\\_shifters/phase\\_shifters.htm](https://www.pulsarmicrowave.com/products/phase_shifters/phase_shifters.htm) (дата обращения: 06.09.2018)

Каталог продукции Пульсар [Электронный ресурс]. – URL: <https://pulsar.shop/catalog> (дата обращения: 06.09.2018)

Каталог продукции НИИ «Феррит-Домен» [Электронный ресурс]. -URL: <https://www.domen.ru/products> (дата обращения: 06.09.2018).

Кочемасов В., Шадский В. Твердотельные СВЧ-фазовращатели. Часть 1. Электроника НТБ – научно-технический журнал: СВЧ-электроника, выпуск 1, 2017.

Каталог продукции НПФ «Микран» [Электронный ресурс]. – URL: [http://download.micran.ru/kia/catalog/C\\_СВЧ-электроника](http://download.micran.ru/kia/catalog/C_СВЧ-электроника) (дата обращения: 06.09.2018).

Каталог продукции «AnalogDevices» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.analog.com/ru/products/rf-microwave/phase-shifters-vector> (дата обращения 13.09.2018).

Холодняк Д.В., Зубко С. П. и др. Сравнение интегральных СВЧ-фазовращателей на основе критерия качества. 14-я международная крымская конференция "СВЧ техника и телекоммуникационные технологии". Севастополь, 13–14 сентября, 2004.

# ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ СТРУЙНОЙ ПЕЧАТИ

© 2018 Д. С. Рассеко

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В данной статье будут рассмотрены основные методы струйной печати, которые можно использовать для получения электропроводящих изображения, а также области их использования.*

**Ключевые слова:** *струйная печать, электропроводящие изображения, непрерывная струйная печать, импульсная струйная печать, пьезоструйная печать, термоструйная печать.*

В настоящее время метод струйной печати может решать различные проблемы науки и техники. Использование функциональных способностей струйной печати обширно и, в соответствии с этим, подразумевает применение материалов различной структуры, свойств, а также возможностей воспроизведения изображений, в том числе и с целью производства 3D моделей и прототипов. Значимым практическим применением возможностей струйной печати считается применение этого метода с целью нанесения электропроводных покрытий.

В настоящее время существуют следующие виды струйной печати:

Метод непрерывной струйной печати. В данном варианте струйной печати из каждого сопла печатающей головки без перерыва вылетает по-



ток чернил, который состоит из маленьких капель. Часть данных капель заряжается в соответствии с получаемым рисунком, а другая их часть так и остаётся незаряженной. На материал попадают заряженные капли или незаряженные в зависимости от использованной технологии. Те капли, которые не использовались, отправляются в каплеуловитель. Этот тип печати обладает относительно низкой скоростью. Он применяется в маркировочных принтерах.

Метод импульсной струйной печати. Тут капля вылетает из сопла эмиттера печатающей головки, только когда эмиттер получает электрический импульс. По этой причине данный тип струйной печати ещё называют «капля по требованию» (Drop on Demand). Способ импульсной струйной печати определяют видом применяемого активатора.

В методе термоструйной печати в стенку камеры встраивают нагревательный элемент. Температура этого элемента начинает резко возрастать, когда на него подают электрический импульс. Далее практически все чернила, которые находятся в контакте с этим нагревательным элементом, мгновенно испаряются. Расширение этого пара приводит к возникновению ударной волны. Капелька чернил вылетает из сопла из-за избыточного давления пара. Уже после этого пар из чернил конденсируется, пузырёк схлопывается, и в сопле появляется зона с пониженным давлением, под действием этого давления всасывается в сопло новая порция чернил.

Метод пузырьковой печати работает по тому же самому принципу, что и метод термоструйной печати, однако есть одно большое отличие, которое заключается в расположении нагревательного элемента. Он расположен не позади сопла, а сбоку от него. Такое его расположение почти у самого конца чернильного сопла даёт высокую скорость выброса для чернильных капель.

В методе пьезоструйной печати излишнее давление в чернильной камере создают при помощи диска из пьезоэлектрика, изменяющего свою форму. Он может выгибаться, когда к нему подводят электрический ток. Когда этот диск, являющийся одной из стенок чернильной камеры, выгибается, то он сокращает её объём. При воздействии излишнего давления жидкие чернила вылетают из сопла в форме капли. Принтер, использующий пьезоструйную технологию, наиболее подходит для того, чтобы наносить проводящие покрытия.

В методе акустической печати используют особый акустический резонатор со встроенным в него соплом принтера. Благодаря этому резонатору создается стоячая звуковая волна, воздействующая на капли чернил. Изменяя частоту звуковой волны, можно менять и размер капель используемых для печати. Возможно использовать жидкость с абсолютно любой вязкостью вплоть до жидкого металла.

В электростатических струйных системах между струйной головкой и запечатываемым материалом создается электрическое поле. Генерирование капель краски для получения изображения производится с помощью подачи соответствующих управляющих импульсов. Подобные системы в настоящее время пока еще находятся в стадии разработки и не нашли достаточно широкого применения.

Таким образом, в данной статье были рассмотрены методы непрерывной, а также импульсной (термоструйной, пьезоструйной, пузырьковой, акустической, а также электростатической) печати. Последующие возможности струйной печати в сфере нанесения токопроводящих покрытий будут увеличиваться при применении наиболее оптимальных печатных устройств с наибольшим разрешением.

## Библиографический список

*Фадейкина И.Н.* Получение электропроводящих изображений методом струйной печати, 2009.

*Безруков В.И.* Основы каплеструйных технологий. СПб.: Судостроение, 2001. 240 с.

*Гудилин В.* Современные устройства каплеструйной печати. Мир этикетки, 2002. №7. С. 17-25.

*Киппхан Г.* Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства. Гл. 5.5. Струйная печать. М.: МГУП, 2003, 1280 с.

## АЛКИЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ NH-КИСЛОТ ЭПИХЛОГИДРИНОМ

© **В.А. Харламов, К.В. Дементьев, Т.Н. Кудрявцева, Е.В. Грехнева**

*Курский государственный университет, г.Курск, Россия*

**Ключевые слова:** *алкилирование, эпихлоргидрин, NH-кислоты*

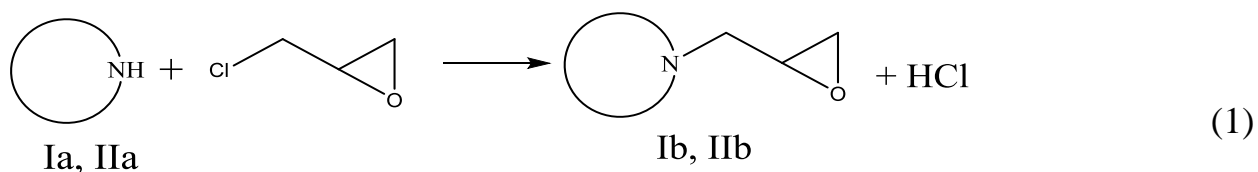
Поиск новых лекарственных средств на сегодняшний день остаётся актуальной задачей. В том числе, это связано с появлением патогенных штаммов микроорганизмов, резистентных к существующим лекарственным препаратам. В ряду азотсодержащих гетероциклических соединений, таких как бН-индол[2,3-*b*]хиноксалин и акридон, известны соединения обладающие антибактериальной, противоопухолевой, противовоспалитель-

ной активностями, поэтому поиск новых лекарственных средств в этих рядах представляет практический интерес.

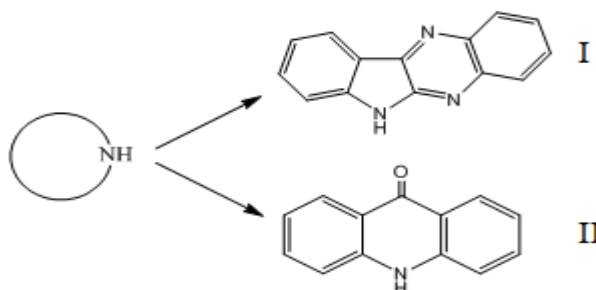
Нами исследованы реакции алкилирования 6Н-индол[2,3-*b*]хиноксалина и акридоноэпихлоргидрином. Применение эпихлоргидрина позволяет ввести в молекулу вещества реакционно способную эпоксидную группу, которая затем может вступать в реакции с различными нуклеофилами (водой, спиртами, аминами и т.д.).

Для проведения реакций нами были использованы апротонные полярные растворители (N,N-диметилформамид (DMФА), диметилсульфоксид (DMSO), 1,4-диоксан) и различные основания (акцепторы хлороводорода), такие как карбонат калия (поташ), гидрид натрия, н-бутиллитий.

Целевыми соединениями являлись соединения Ib, IIb (схема 1):



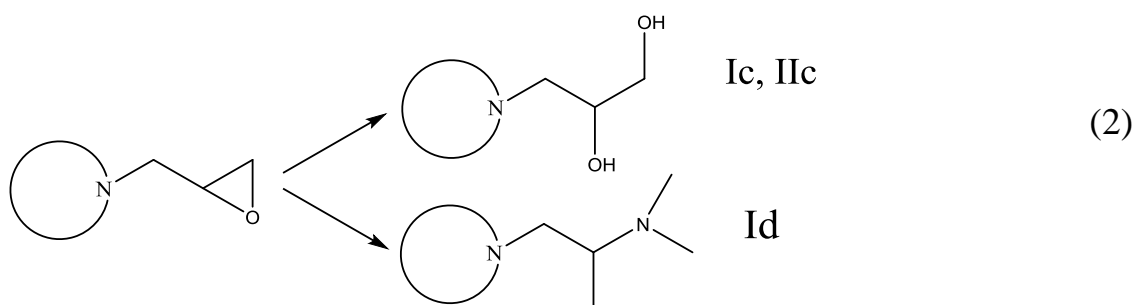
где:



Состав продуктов реакции исследовали методом хромато-масс-спектрометрии.

Установлено что во всех исследованных условиях выход 6-(оксиран-2-метил)-6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина (Ib) значительно ниже, чем аналогичного производного акридоноэпихлоргидрином (IIb). Выявлено, что наиболее эффективно реакция с образованием соединений Ib и IIb протекает в среде DMФА и при использовании карбоната калия, однако, выход целевых соединений не превышает 29 %.

Это обусловлено тем, что, вероятно, большая часть образующихся в ходе реакции веществ Ib и IIb подвергается гидролизу водой, образующейся при взаимодействии хлороводорода с карбонатом калия. В результате такой реакции эпоксидный цикл раскрывается и получают соединения Ic и IIc (схема 2).



Следует отметить, что, судя по данным хромато-масс-спектрометрии, 10-(оксиран-2-илметил)акридин-9(10H)-он (IIb) в меньшей степени подвергается гидролизу по сравнению с производным индолхиноксалина (Ib). Поэтому в случае с индолхиноксалином основным продуктом реакции является 3-(6H-индоло[2,3-b]хиноксалин)пропан-1,2-диол (Ic).

Кроме того, в составе продуктов реакции соединения Ia с эпихлоргидрином, протекающей в среде ДМФА, нами обнаружено соединение (Id), вероятно, образующееся в результате взаимодействия 6-(оксиран-2-метил)-6H-индоло[2,3-b]хиноксалина с диметиламином, который, в свою очередь, получается при щелочном гидролизе ДМФА.

Можно отметить, что реакции соединений Ia и IIa с эпихлоргидрином в 1,4-диоксане с использованием в качестве оснований гидроксида натрия и н-бутиллития не представляют практического интереса, так как в этих случаях образуется сложная, трудноразделимая смесь продуктов реакции.

Для соединений Ib и IIb при помощи программного ресурса PASSOnline был осуществлен прогноз биологической активности и установле-

но, что с вероятностью более 70% они могут обладать свойствами антидепрессантов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).*

## **2-(2-ГИДРОКСИ-9-ОКСОАКРИДИН-10(9Н)-ИЛ)УКСУСНАЯ КИСЛОТА В СИНТЕЗЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

© 2018 А.А. Штрикова<sup>1</sup>, Т.Н. Кудрявцева<sup>1</sup>, Л.Г.Климова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

<sup>2</sup>*Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Россия*

*ashtrikova@mail.ru*

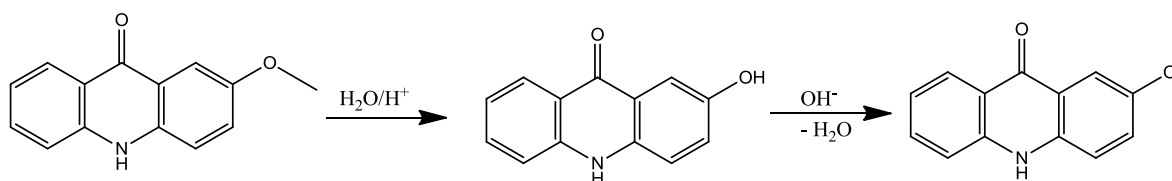
*Рассмотрен способ получения 2-гидроксиакридона и некоторых его производных, оценена их потенциальная биологическая активность.*

**Ключевые слова:** *2-гидроксиакридон, N-Фенилантраниловые кислоты, получение, аминометилирование, биологическая активность.*

Благодаря наличию универсальной биологической активности, производные акридона имеют весьма широкий спектр применения в медицине. В частности, они являются основой для синтеза многих биологически активных соединений, используемых как антибактериальные, антигрибковые, противоопухолевые и противовирусные композиции.[1,2]. Одним из перспективных билдинг-блоков для синтеза новых лекарственных препаратов могут выступать гидроксизамещенные акридоны, на основе которых можно получать разнообразные функциональные производные.

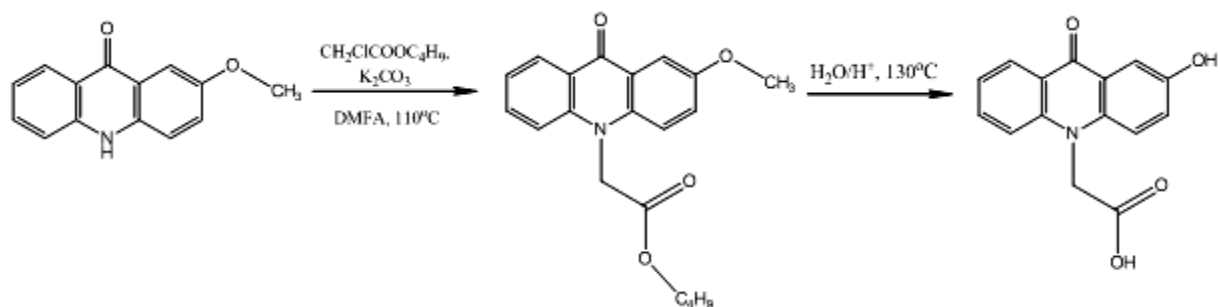
Гидроксизамещенные акридоны, как правило, не получают традиционным путем - конденсацией соответствующих гидроксизамещенных фенилантраниловых кислот, так как сами кислоты являются труднодоступными, а реакции сопровождаются низкими выходами [4].

Нами исследована возможность получения гидроксизамещенных акридонов путем кислотного гидролиза соответствующих метоксиакридонов. Разработана методика получения 2-гидроксиакридоны:



При варьировании условий синтеза 2-гидроксиакридоны были выявлены оптимальные параметры проведения процесса: концентрация раствора серной кислоты, объем раствора кислоты на единицу массы исходного 2-метоксиакридоны и температура проведения процесса, позволившие получить 2-гидроксиакридон с выходами, близкими к количественным. Установлено, что в исследованных условиях 1-, 3- и 4-метоксиакридоны гидролизу не подвергаются.

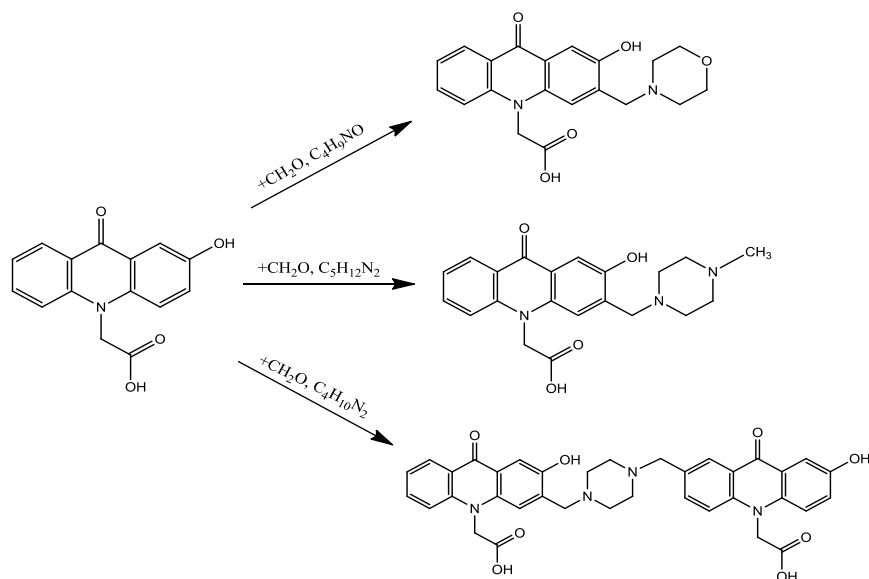
2-гидроксиакридон является реакционно-способным соединением, которое может подвергаться дальнейшей функционализации, например, алкилированию хлоруксусной кислотой. Нами установлено, что алкилирование 2-гидроксиакридоны хлоруксусной кислотой часто приводит к смеси продуктов за счет протекающих реакций N- и O-алкилирования. Поэтому 2-(2-гидрокси-9-оксоакридин-10(9H)-ил)уксусная (2-гидроксиакридонуксусная) кислота целенаправленно была получена нами алкилированием 2-метоксиакридоны с последующим кислотным гидролизом продукта реакции.



Можно ожидать, что 2-гидроксиакридонуксусная кислота может вступать в реакцию аминотилирования (реакцию Манниха), которая, в свою очередь, является одним из важных этапов в процессах получения многих лекарственных препаратов [3].

Для проведения реакции аминотилирования 2-гидроксиакридонуксусной кислоты использовали различные амины, такие как: морфолин, N-метилпиперазин, пиперазин. Показано, что в случае незамещенного пиперазина при мольном соотношении 2-гидроксиакридонуксусная кислота: пиперазин, равном 1:1, реакция протекает как по одному, так и сразу по двум атомам азота, поэтому с приемлемым выходом и чистотой целевой продукт аминотилирования был получен при использовании соотношения 2-гидроксиакридонуксусная кислота :пиперазин, равном 2:1.





Структура и чистота полученных соединений были подтверждены методами ИК-спектроскопии и хромато-масс-спектрометрии. Исследование антибактериальной активности продуктов аминометилирования по отношению к тест-штаммам микроорганизмов показало наличие у них незначительной антимикробной активности.

В соответствии с прогнозом, полученным при помощи программного ресурса PASS-online, полученные соединения могут обладать различной активностью, в том числе противоастматической и противоишемической.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).*

### Библиографический список

1. R. Kumar, M. Kumari. *Chemistry of Acridone and its analogues* // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. - 2011. - P.217-230.
2. J.Mazerski and K.Muchewicz. *The intercalation of imidazoacridinones into DNA induces conformational changes in their side chain* // *ActaBiochimicaPolonica*. –2000.. –P. 65-78.

3. S.Bala, N. Sharma, Anu Kajal, S.Kamboj, Mannich Bases: An Important Pharmacophore in Present Scenario // *International Journal of Medicinal Chemistry*. - 2014. - P. 1-3.

4. Konomu Matsumura. The synthesis of certain quinoline and acridine compounds. // *Chemical Laboratory of Kitasato Institute*. - 1927. - Volume 49. - P. 813.

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАРШЕКЛАССНИКОВ НА ОСНОВЕ  
АДАПТИРОВАННЫХ МОДУЛЕЙ ПО ТЕМАТИКЕ  
«НАНОФЕРРИТЫ. ИСТОРИЯ, МЕТОДЫ СИНТЕЗА,  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ  
СВОЙСТВА, ПРОЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ»**

**© 2018 В.В. Шуткевич, М.И.Ларионов**

*ОАО «Завод Магнетон», г. Санкт-Петербург, РФ*

*Описан опыт создания и применения программ дополнительного обучения старшеклассников нанотехнологической направленности. Основой программ явились адаптированные авторами к школьному курсу модули научно-технической информации, базирующиеся на результатах собственных исследований по тематике «Наноферриты», выполненных ранее на кафедре коллоидной химии СПбГУ, и выполняемых в настоящий момент в Лаборатории наноматериалов ОАО «Завод Магнетон». Разработанные программы были внедрены авторами в практику дополнительного*

*школьного обучения и показали положительное влияние на успеваемость старшеклассников и успешность их поступления в ВУЗы.*

**Ключевые слова:** *наноферриты, наноматериалы в школе, программа дополнительного обучения в старшей школе.*

Как известно, в Российской Федерации формат среднего образования определяется положениями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), основным принципом которого является «системно-деятельностный подход», обеспечивающий формирование готовности учащихся к саморазвитию и непрерывному образованию с помощью методов «проектирования и конструирования» [ФГОС 2017]. При этом главной технической задачей учителя является максимальная адаптация современных научно-технических данных к школьному уровню [ФГОС 2017]. Для усвоения школьником информации, дополняющей базовый курс по дисциплине через систему исследовательско-проектного обучения, весьма важным является создание специальных программ дополнительного обучения междисциплинарного характера.

Для создания подобных программ дополнительного обучения весьма плодотворной является область «нанотехнологий и наноматериалов», базирующаяся на дисциплинах естественно-научного комплекса. В качестве наноматериалов авторы выбрали «наноферриты» - перспективный практически и интересный теоретически класс материалов. Важными причинами такого выбора авторов явилось их участие в создании нового научного направления «Наноферриты. История, методы синтеза, физико-химические и электромагнитные свойства, проекты применения» на химическом факультете Санкт-Петербургского государственного университета в качестве аспирантов и сотрудников и продолжение этих исследований в Лаборато-

рии наноматериалов ОАО «Завод Магнетон» в качестве ведущих сотрудников.

Проведенные разработка и апробирование школьных программ допобучения по теме «Наноферриты» включала в себя несколько этапов:

1) сбор информации, имеющей отношение к теме «Наноферриты. История, методы синтеза, физико-химические и электромагнитные свойства, проекты применения»;

2) разбивка информации на тематические модули и их адаптация к уровню компетенции старшей школы (10-11 класс);

3) создание вариантов программ дополнительного школьного образования по выбранной тематике «Наноферриты» путем комбинирования и сборки из полученных адаптированных модулей;

4) оценка применения созданных программ дополнительного образования тематики «Наноферриты» в старшей школе по критериям успеваемости и возможности поступления обучавшихся выпускников в ВУЗы.

Тезисно опишем процесс создания и апробирования таких программ.

Научно-техническая информация: Ферритами называется большая группа материалов, которая составляет от 50 до 70% материалов электронной техники, как по объему мирового выпуска, так и ассортименту [Левин 1979]. Особенно широко применяются ферриты в приборах техники СВЧ (сверхвысокие частоты: от сотен МГц до десятков ГГц). Наноферриты чаще всего синтезируют методами «золь-гель технологии» химии [Шуткевич 1989]. Эти методы использовались в циклах исследований, проводившихся на кафедре коллоидной химии Санкт-Петербургского государственного университета в течение последних 20-ти лет и используются в настоящее время в Лаборатории наноматериалов ОАО «Завод Магнетон» при синтезе наноферритов с составом, как правило, феррошпинелей марганец-цинковой и никель-цинковой систем [Шуткевич 1989, Ларионов 2016].

Проработка результатов литературных данных и собственных исследований позволила авторам создать и адаптировать к школьному уровню несколько модулей теоретического (см. ниже п.п.1-3,8) и экспериментального (см. ниже п.п.4-7) профиля, адаптированных к возможностям выполнения в школьной среде:

1. История развития ферритового материаловедения.
2. Нанотехнологии и наноматериалы.
3. Наноферриты как продукт нанотехнологий.
4. Синтез наноферритов.
5. Наноферриты для ликвидации нефтяных разливов.
6. Наноферриты как магнитные наносорбенты для очистки сточных вод.
7. Наноферриты для магнитно-чувствительных красок.
8. Наноферриты и СВЧ-поглощение.

Далее эти модули использовали как сборочные элементы и из них были сформированы два основных варианта программ внеурочной исследовательской деятельности старшеклассников (на 4 и 6 академических часов дополнительных занятий в неделю). Применение составленных программ для дополнительного обучения старшеклассников в 2016/17 учебном году на занятиях дополнительного обучения в 2-х средних школах (МОУ СОШ «Всеволожский центр образования» г. Всеволожск Ленинградской области и ГБОУ СОШ №394 Санкт-Петербурга) показало следующее:

1. Тематикой дополнительного обучения «Наноферриты» удалось увлечь учеников 10-11х классов в МОУ СОШ в количестве 8 чел. из общего количества 25 и в ГБОУ СОШ №394 – 10 из 28, соответственно. По окончании учебного года у занимавшихся (в подавляющем большинстве) не было годовых оценок ниже «5» по дисциплинам физика и химия. В

сумме по двум школам четверо из занимавшихся одиннадцатиклассников получили золотые медали.

2. Успешное поступление в ВУЗы (медицинского и технического профиля) было отмечено для всех выпускников 11-го класса обеих школ, занимавшихся по программам.

Выводы: Предложена концепция конструирования программ дополнительного образования для активизации дисциплин естественно-научного комплекса старшей школы (10-11 классы) на основе адаптированных модулей по инновационной тематике «Наноферриты». Необходимая для создания модулей экспериментально-теоретическая информация была получена и адаптирована авторами - сотрудниками Лаборатории наноматериалов ОАО «Завод Магнетон». Доказано положительное влияние занятий по Программе на успеваемость и успешность поступления в ВУЗы выпускников 11-го класса.

### **Библиографический список**

*Ларионов М.И.* Исследование кислотно-основных и адсорбционных свойств веществ оксидной природы: Автореф. дис. канд. химич. наук. СПб., 2016 г., 20 с.

*Левин Б.Е., Третьяков Ю.Д., Летюк Д.М.* Физико-химические основы получения, свойства и применение ферритов. М.: «Металлургия», 1979. 471 с.

*Шуткевич В.В., Грибанова Е.В., Тихомолова К.П.* Коллоидно-химические исследования ферритов и ферритообразующих оксидов //Обзоры по электронной технике, Сер. 6: "Материалы", вып. 7(1316). М.: ЦНИИ "Электроника", 1989 г.- 24с.

ФГОС - Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 № 413 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования" с изм. и доп. от: 29.12. 2014 г., 31.12. 2015 г., 29.06. 2017 г.

## **МЕТОД ПЕРИОДИЧЕСКОГО НАГРЕВА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕПЛОФИЗИКЕ**

**©2018 И.С. Мишута**

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*Статья посвящена численному решению прямой задачи теплопроводности методом периодического нагрева для анизотропного образца с помощью тонкой проводящей пленки. Ее решение необходимо для определения теплофизических свойств материалов.*

**Ключевые слова:** *теплофизические свойства, материалы.*

Температурные волны – периодические изменения распределения температуры в среде, связанные с периодическими колебаниями плотностепловых потоков, поступающих в среду.

Температурные волны возникают там, где присутствуют периодические источники тепла. Они несут в себе информацию о свойствах среды (объемная теплоёмкость, температуропроводность, тепловая активность) и характере порождающих их процессов и явлений (трущиеся детали в тех-

нике, колебательные процессы в плазме, в атмосфере, в земных недрах и т.д.).

Температурные волны характеризуются некоторыми особенностями, отличающими их от волн другой природы: электромагнитных, акустических. Температурные волны испытывают сильное затухание при распространении, для них характерна значительная дисперсия - зависимость скорости распространения от частоты температурных волн. Чем больше частота колебаний (меньше длина волны), тем быстрее температурные волны распространяются и затухают на меньших расстояниях. Температурная волна не переносит энергии. Среднее за период значение энергии, проходящей через неподвижную поверхность равно нулю.

Наряду с акустическими и электромагнитными волнами температурные волны можно использовать для зондирования тепловых свойств вещества и исследования широкого класса явлений, связанных выделением или поглощением тепла. Температурные волны лежат в основе так называемого метода периодического нагрева. Метод применяется для определения температуропроводности, объемной теплоёмкости и других тепловых характеристик материалов. Возможности метода особенно проявляются при изучении свойств образцов малых размеров, например, тонких плёнок толщиной сотни ангстрем. На основе метода созданы сканирующие тепловыемикроскопы.

Изменение глубины проникновения температурной волны в зависимости от частоты лежит в основе тепловой дефектоскопии, применяемого для обнаружения отслоения покрытий, трещин, микрополостей и т.д. На регистрации нелинейных эффектов, т.е. дополнительных гармоник в спектре колебаний температуры вблизи температур критических явлений и фазовых переходов основана тепловая спектроскопия. Это даёт возможность



определения температурных коэффициентов тепловых параметров веществ: теплоёмкости, теплопроводности.

В зависимости от свойств исследуемых материалов и конкретной задачи в экспериментальных исследованиях используются температурные волны в широкого диапазона амплитуд и частот (от сотых долей герца до единиц килогерц). Для формирования температурных волн применяются методы нагрева проводниками с током, радиационный и излучением лазера. Для регистрации волн используются термопарные и фотометрические датчики.

В зондовых методах при нагреве переменным током малоинерционного зонда (проволочки или полоски металлической фольги) колебания электрической мощности вызывают колебания его температуры. Амплитуда и фаза колебаний температуры зависят от тепловых свойств вещества, в контакте с которым находится зонд. В случае, если зондом является фольга (образец зондируется плоскими температурными волнами), амплитуда и фаза температурных колебаний определяется тепловой активностью среды  $b = \sqrt{\lambda C_p \rho}$ .

Если в качестве зонда используется проволочка (образец зондируется цилиндрическими температурными волнами), то и амплитуда и фаза колебаний зависят от двух характеристик теплопроводности  $\lambda$  и объемной теплоемкости  $C_{p\rho}$  ( $C_p$ - удельная изобарная теплоемкость,  $\rho$ -плотность). При прохождении электрического тока  $I = I_m \cos(\omega t)$  через металлический проводник, который находится в непроводящей электричество покоящейся среде, джоулево тепло нагревает проводник и частично отводится с поверхности посредством теплопроводности. В соответствии с этим уравнение теплового баланса фольги имеет вид

$$\frac{W}{S} = \frac{C_p' m'}{S} \times \frac{dT_0}{S} - 2\lambda \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

где  $W = I^2 R_0 \cos^2(\omega t)$ - мощность, выделяющаяся в фольге при электрическом нагреве;  $R_0$ - сопротивление зонда фольги;  $S$ - площадь поверхности одной стороны фольги;  $T_0$ - температура фольги;  $dT/dx$ - градиент температуры в слое, примыкающем к поверхности фольги;  $C_p'$  и  $m'$ - удельная теплоемкость и масса фольги. Под действием источника переменной мощности  $\tilde{W}$  температура фольги и окружающей её среды будет периодически изменяться  $T = \bar{T} + \tilde{T}$ , где  $\bar{T}$ - средняя температура;  $\tilde{T}$ - Пульсационная часть. На практике реализуется случай, когда

$$\tilde{T}/\bar{T} \ll 1, \quad (2)$$

т.е амплитуда пульсации температуры намного меньше средней температуры. Для нахождения  $dT/dx|_{x=0}$  в соотношении (1) необходимо решить уравнение теплопроводности, которое, благодаря условию (2), может быть реализовано

$$\frac{d^2 \tilde{T}}{dx^2} = \frac{1}{a} \frac{d\tilde{T}}{dt} \quad (3)$$

Используя для амплитуды колебаний температуры и мощности комплексное представление

$$W = \bar{W} + W_0 \exp(2i\omega t); T = \bar{T} + \theta(x) \exp(2i\omega t),$$

где  $W_0$  - амплитуда колебаний мощности;  $\theta(x)$  - комплексная амплитуда колебаний температуры среды, для  $\theta(x)$  получаем уравнение

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = \frac{2i\omega}{a} \theta \quad (4)$$

при этом условие теплового баланса фольги

$$\frac{W_0}{S} = \frac{2C'_p m' i \omega}{S} \theta - 2\lambda \frac{d\theta}{dx} \quad (5)$$

( $\theta = \theta(0)$ ) служит в качестве граничного условия уравнения (4). Решение уравнения (4) для полубесконечной среды имеет вид

$$\theta = \theta_0 \exp\left(-\sqrt{\frac{2i\omega}{a}} x\right) \quad (6)$$

(плоская затухающая температурная волна).

Подстановка (6) в (5) приводит к формуле для комплексной амплитуды пульсации температуры  $\theta = W_0 / \left(2\omega C'_p m' i + 2\lambda S \sqrt{\frac{2i\omega}{a}}\right)$ .

Из последнего соотношения вытекают выражения для амплитуды колебаний температуры зонда

$$|\theta| = W_0 / (2S\sqrt{\omega}\sqrt{2b^2 + 2bd + d^2}) \quad (7)$$

и для фазы  $\varphi$ , характеризующей отставание колебаний температуры от колебаний мощности

$$\tan \varphi = -\left(1 + \frac{d}{b}\right) \quad (8)$$

где  $\lambda/\sqrt{a} = \sqrt{\lambda C_p \rho}$  - коэффициент тепловой активности;  $d = \sqrt{\omega C_p' \rho' h}$ ;  $h$  - толщина фольги.

Проведенный анализ может быть полезен для реализации эксперимента по определению теплофизических свойств методом периодического нагрева.

### Биографический список

Филиппов Л.П. Измерение теплофизических свойств веществ методом периодического нагрева. М.: Энергоатомиздат, 1984. -104с.

Кравчун С.Н., Давитадзе С.Т., Мизина Н.С., Струков Б.А. Измерение тепловых свойств тонких диэлектрических пленок зондовым методом пе-

риодического нагрева.1. Теория метода. – Физика твердого тела, 1997, т.39, №4, С.762-767.

Филиппов Л.П., Кравчун С.Н., Абдулаева В.М. Регистрация температурных волн в термически нелинейных средах.

## **МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТИЦ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СПОСОБОМ ТОНКОГО ПОМОЛА**

© 2018 **К.И. Пученков, П.А. Овсянников, В.Д. Беликов**

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В данной статье рассматриваются наиболее распространённые методы измерения частиц. Описывается физический аппарат, а также их границы применения, преимущества и недостатки.*

**Ключевые слова:** *метод измерения, порошок, частицы, дисперсионный анализ.*

Для начала необходимо условиться, что же можно называть частицей, относительно порошков. Частица – это некоторый объём вещества твёрдой фазы, имеющий поверхность раздела с газом или жидкостью и общающийся с подобными образованиями точечными контактами [Ходаков 1972].

Определение размеров частиц носит крайне условный характер, так как, в то же время, определение формы частицы является довольно усреднённой и идеализированной процедурой. Таким образом, можно выделить

частицы, близкие к сферической форме, вытянутому цилиндру, многограннику и так далее. Показателем формы служит отношение наибольшего линейного размера к наименьшему, но это можно отнести лишь к тем порошкам, частицы которых имеют строго выраженную геометрическую форму.

Существует множество методов определения размеров частиц порошков, которые объединяются под общим названием, - методы дисперсионного анализа. Все их можно разделить на два больших типа – прямые методы и косвенные. К прямым относят непосредственное измерение размеров частиц относительно какого-либо масштаба, к примеру шкала микроскопа или период решётки сита. К косвенным можно отнести способы, которые основаны на определении размеров по какому-либо признаку, непосредственно зависящему от размеров частиц, например, скорость оседания в вязкой жидкости, адсорбционная способность, по воздухопроницаемости.

Как уже было отмечено выше, к прямым методам дисперсионного анализа относятся ситовой и микроскопический. Первый заключается в просеивании некоторой пробы материала через набор сит и последующего определения процентного содержания остатка на каждом из них по отношению к весу изначальной пробы. Как правило, размеры ячеек составляют 40-60 мкм, но некоторые сита имеют отверстия размером до 5 мкм. В целом, такие сетки с мелкими ячейками содержат множество отверстий неправильной формы – это ведёт к искажению дисперсионного состава по данным ситового анализа. Таким образом, подситовую фракцию порошков, выделенную просеиванием, следует поддавать микроскопическому анализу. Световой микроскопии подвергаются частицы, размеры которых немного выше 0,5 мкм, электронной же – от 1 нм до 10 мкм. Прямые методы дают лишь определить относительное содержание частиц полученного

размера, выражено в процентах, то есть их частичную концентрацию. На практике же больше информации о частицах несёт определение состава по их весу [Ходаков 1968]. Такой пересчёт возможен, если принять, что частицы являются геометрически подобными.

К наиболее распространённым косвенным методам можно, для начала, отнести метод седиментации, то есть определение размера частиц в зависимости от их оседания в вязкой среде. Дисперсионный анализ по наблюдению седиментации может быть произведён с заданной высотой и временем и позволяет измерить концентрацию твёрдой фазы, плотность суспензии и вес осадка. Как правило, применяется этот метод для частиц размером 2-3 мкм. Суть же проведения этого метода заключается в том, что изначально следует определить высоту, на которую частицы осядут в выбранной вязкой жидкости, и время, за которое это произойдёт, этих данных уже достаточно для последующего математического описания. В виду малого размера частиц, оседание происходит очень медленно и для устранения этого применяют центробежные поля. Самым же распространённым методом дисперсионного анализа порошков является определение удельной поверхности частиц по воздухопроницаемости. В настоящий момент его применяют не только в качестве научных целей, но и для контроля производственных процессов. Вызвано это тем, что он отличается простотой аппаратного исполнения и относительной лёгкостью расчётной работы. Его суть заключается в использовании фильтрации воздуха через слой спрессованного порошка при атмосферном давлении, этот метод получил имя Козени и Кармана, но существует и его второй вариант (метод Дерягина), а именно, тот же самый эффект, но при значительном разрежении. Теоретический же аппарат обеих вариаций метода основывается на закономерностях течения газов через пористые тела.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика основных методов дисперсионного анализа

Метод	Преимущества	Недостатки
Прямые методы:		
1 Микроскопия	Даёт полное представление о размерах и формах частиц.	Требует дорогостоящего оборудования, несмотря на свою относительную точность даёт усреднённый показатель размера частиц.
2 Ситовый анализ	Занимает меньше времени, довольно прост в вычислительном аспекте, даёт проанализировать большую часть порошка.	Даёт сильное расхождение результатов в сравнение с другими методами, вследствие трудности изготовления сит с ячейками правильной формы.
Косвенные методы:		
1 Метод седиментации	Позволяет определить большой спектр информации о частицах.	Требует достаточное количество времени, подходит не для всех материалов.
2 Определение удельной поверхности по воздухопроницаемости	Прост в аппаратном исполнении, относительно прост в расчётной части.	Даёт не слишком точные показания, которые разнятся с данными, полученными другими методами.

Таким образом, будет абсолютно очевидным отметить то, что такое большое разнообразие методов вызвано большим спектром получаемых порошков и их последующего применения. Из всех описанных методов наиболее универсальным можно назвать микроскопию, но также стоит отметить, что последующий математический аппарат данного метода выдаст несколько усреднённое значение, так как просмотреть весь объём полученного порошка затратит огромное количество времени. Здесь же могут прийти на помощь некоторые косвенные методы, которые позволяют исследовать наибольший объём порошка и дать по нему приблизительный спектр информационных данных о частицах.



## Библиографический список

*Г.С. Ходаков*, Основные метода дисперсионного анализа порошков, Стройиздат, 1968

*Г.С. Ходаков*, Физика измельчения // Издательство «Наука», Москва 1972 г. 24 с.

## АДГЕЗИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ С НАНОАЛМАЗАМИ

© 2018 **В.О. Петрова**, **Е.В. Соловьева**, **П.А. Белов**,

**В.И. Коротковский**, **Е.Ю. Хорунжая**

*Курский государственный университет, г.Курск, Россия*

*В данной статье рассматривается адгезия гальванического покрытия с наноалмазами. Описаны методы контроля для определения адгезии.*

**Ключевые слова:** *адгезия, покрытие, наноалмазы.*

Качество гальванического покрытия является одним из факторов, определяющих надежность работы радиоэлектронного компонента. Адгезия гальванического покрытия с поверхностью основы принадлежит к числу главных характеристик покрытий.

Для контроля качества адгезии используют различные методы. Методы контроля выбираются в зависимости от вида покрытия с учетом свойств основного металла и металла покрытия, типа и назначения детали.

Для определения прочности сцепления медного покрытия с наноалмазами были использованы качественные методы определения адгезии - методы нанесения сетки царапин (метод рисок) и метод изгиба.

Метод изгиба применяется для покрытий на деталях, изготовленных из материала толщиной не более 3 мм. При проведении контроля образец с покрытием изгибался вручную под углом  $90^\circ$  в одну сторону, затем в другую до излома. После разрушения образца, было осмотрено место излома при помощи лупы. В месте излома отслаивание покрытия отсутствовало.

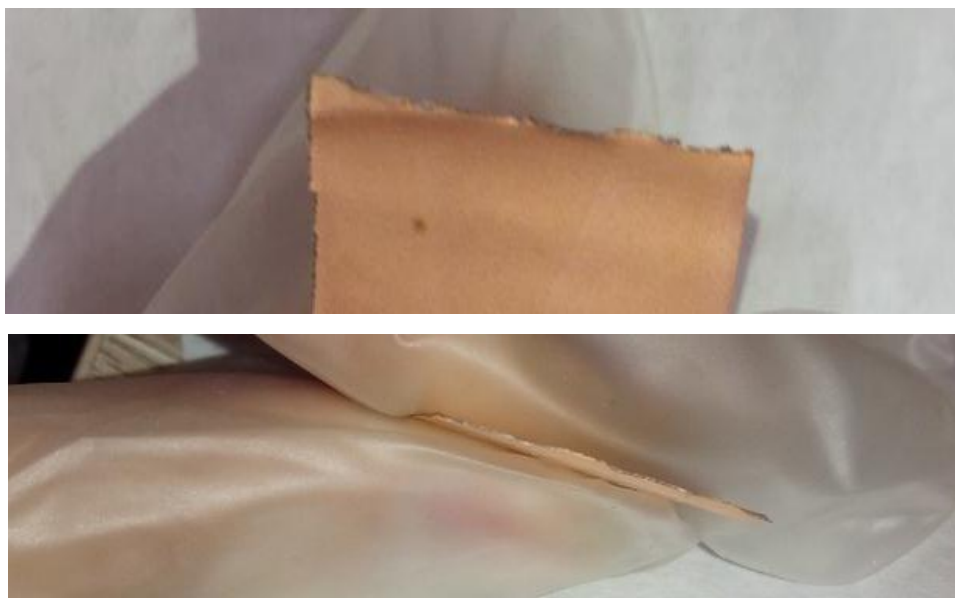


Рис. 1. Образец, подвергшийся испытанию на адгезию методом изгиба

Метод рисок применяется для покрытий толщиной не более 20 мкм. На поверхности контролируемого покрытия острием наносились параллельные и перпендикулярные риски с расстоянием между ними от 2 до 3 мм. Риски наносились в одном направлении острием, установленным под углом  $30^\circ$ , глубиной до основного металла.

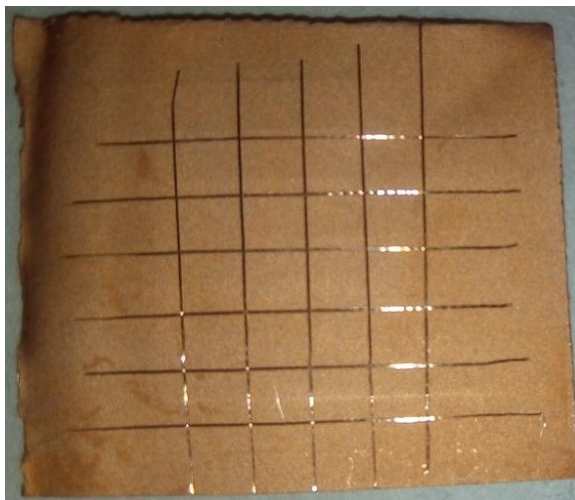


Рис. 2. Образец, подвергшийся испытанию на адгезию методом нанесения сетки царапин

Для контроля покрытия внешний вид поверхности надрезов был визуально исследован при помощи лупы. Края надрезов были гладкие, отслаивания в сетке квадратов не наблюдалось.

Таким образом, используя описанные методы в ходе экспериментов, были получены требуемые результаты адгезии гальванического покрытия с использованием наноалмазов. Полученные результаты экспериментов позволят обеспечить необходимое качество покрытия радиоэлектронных компонентов

### **Библиографический список**

*Гамбург, Ю.Д.* Гальванические покрытия. Справочник по применению. Москва: Техносфера, 2006, 216 с

*ГОСТ 9.302-88* Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля (с Поправкой)

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АКРИДОНА В СОЛЯНОКИСЛЫХ СРЕДАХ

© 2018 Е. Н. Розанова, Т. Н. Кудрявцева

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В статье анализируются экспериментальные данные по изучению антикоррозионных свойств некоторых производных акридона в солянокислых средах на образцах железосодержащих сплавов.*

**Ключевые слова:** *антикоррозионные свойства, производные акридона, солянокислые среды.*

Известно, что одним из наиболее эффективных способов защиты от кислотной коррозии является применение ингибиторов. Для кислых сред в качестве ингибиторов используются преимущественно органические соединения, например, ароматические и гетероциклические амины; карбоновые кислоты; содержащие серу соединения.

Чаще всего в качестве ингибиторов коррозии железосодержащих сплавов в растворах кислот используются гетероциклические соединения, содержащие в своей структуре гетероатомы азот и серу [Алцыбеева 1968, Алцыбеева 2003, Гаврилов 2005]. Эти ингибиторы наиболее эффективны при введении в составы при использовании соляной кислоты для очистки охлаждающих и нагревающих поверхностей стальных трубопроводов и

реакционных емкостей от образовавшихся отложений солей жесткости, при удалении окалина с поверхности металла в кислотных ваннах.

Для синтезированных в НИЛ ОС КГУ гетероциклических соединений ряда акридона экспериментально установлено, что некоторые из них проявляют свойства ингибиторов коррозии железосодержащих сплавов в солянокислых средах.

На марках легированных и низколегированных конструкционных сталей (12Х18Н9Т, 09Х15Н8Ю, Ст3, Ст1кп, Ст0) нами были изучены в солянокислых средах антикоррозионные свойства некоторых соединений производных акридона (акридонсульфокилот) и акридонуксусной кислоты, в частности, амидов - производных акридонуксусной, 2-метил- и 2-метоксиакридонуксусной кислот и N-метилглюкамина, а также производного акридонуксусной кислоты, содержащего фрагмент 1,2,4-триазаолин-3-тиона [Розанова 2009, Розанова 2010, Кудрявцева 2014, Розанова 2014, Розанова 2018].

В присутствии 4-бромакридонсульфокилоты, 4-карбоксиакридонсульфокилоты, 2-карбоксиакридонсульфокилоты, 2-метилакридонсульфокилоты, 4-метилакридонсульфокилоты, акридонсульфокилоты, сульфоакридонуксусной кислоты, акридонсульфокилоты и 4-нитроакридонсульфокилоты, 2-карбокси-7-сульфоакридона был изучен процесс коррозии в солянокислых средах образцов стали углеродистой обыкновенного качества Ст3. Условия обработки были выбраны в соответствии с рекомендациями по использованию органических ингибиторов: температура  $60 \pm 2$  °С, продолжительность – от 60 до 300 мин; концентрации веществ варьировались до 0,5 %. Анализ результатов эксперимента с данными производными акридона показал, что наиболее эффективно снижает коррозию натриевая соль 4-нитроакридонсульфокилоты, степень

защиты от коррозии 99 - 100 %. Значения степени защиты для других сульфокислот колеблются в пределах значений от 37,5 до 98 %.

Результаты исследований с использованием растворов акридонуксусной кислоты (АУК) показали, что она замедляет в солянокислых средах процесс коррозии железосодержащих сплавов, особенно при концентрациях насыщения и при температурах 60 – 80 °С. Например, было выявлено, что в солянокислых составах с применением раствора АУК (концентрация насыщения) при температуре  $60\pm 2$  °С степень защиты составляла 87,8 %. При температуре  $80\pm 2$  °С степень защиты составляла 76,1 %.

Результаты экспериментов по изучению антикоррозионных свойств акридонуксусной кислоты дали возможность определить направление дальнейших исследований по поиску ингибиторов коррозии среди синтезированных в НИЛ ОС КГУ амидов – производных АУК в рекомендуемых интервалах температур и концентраций в солянокислых средах. Амиды - производные АУК вводили в виде раствора, количество вещества варьировали от 0,05% до 1%. В качестве образцов материала были выбраны сплавы на основе железа: сталь нержавеющая коррозионно-стойкая обыкновенная 09Х15Н8Ю, сталь нержавеющая коррозионно-стойкая жаропрочная 12Х18Н9Т, сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества Ст0. Температура проведения процесса в соответствии с рекомендациями обеспечивалась в двух режимах:  $60\pm 2$  °С;  $80\pm 2$  °С. Время выдержки образцов сплавов в агрессивной среде – в течение 90 мин. Результаты исследований показали, что изучаемые производные АУК замедляют процесс коррозии изученных сплавов на основе железа в солянокислой среде. Например, в присутствии изученных амидов - производных АУК химическая стойкость исследуемых образцов Ст0 увеличивалась при температуре  $80\pm 2$  °С от ~60 % до 100 %.

В продолжение исследований ингибиторных свойств производных акридона, синтезированных в научно-исследовательской лаборатории органического синтеза Курского государственного университета, представляло интерес изучить антикоррозионные свойства производного акридонуксусной кислоты, содержащего фрагмент 1,2,4-триазалин-3-тиона, в солянокислых средах на образцах железосодержащих сплавов, из которых были выбраны наименее стойкие к воздействию кислой среды СтЗ и Ст1кп.

Анализ антикоррозионных свойств данного производного акридона показывает, что в лабораторных условиях при температуре  $60 \pm 2$  °С в условиях ультразвуковой обработки выявлен ингибиторный эффект раствора 10-((5-меркапто-4Н-1,2,4-триазол 1-3-ил)метил)акридин 9(10Н)-она в ДМФА на образцах сплава Ст1кп: степень защиты 85,35 % для составов с HCl 17,52 г/л, для составов с HCl 52,56 г/л степень защиты 89,2 %; на образцах сплава СтЗ для составов с HCl 35,04 г/л степень защиты 44,2 %, для составов с HCl 52,56 г/л степень защиты 48,9 %.

Таким образом, экспериментально в лабораторных условиях определены соединения ряда акридона, которые обладают антикоррозионными свойствами в солянокислых средах при температурах 60 - 80°С и могут быть рекомендованы к использованию в качестве ингибиторов коррозии кислотной коррозии, например для низколегированных сталей.

### **Библиографический список**

*Алцыбеева А.И., Левин С.З.* Ингибиторы коррозии металлов. Л.: Химия.- 1968. – 264 с.

*Алцыбеева А.И., Кузинова Т.М., Бурлов В.В.* Ингибитор коррозии черных и цветных металлов. Патент РФ №2219287, опубл.20.12.2003 г.

*Гаврилов Н.Б.* Ингибитор коррозии латуни и углеродистых сталей. Патент РФ №2253697, опубл. 10.06.2005 г.

*Кудрявцева Т.Н., Розанова Е.Н., Королева И.А., Климова Л.Г.* Синтез амидов – производных акридонуксусной, 2-метил- и 2-метоксиакридонуксусной кислот и N-метилглюкамина и изучение их антибактериальных и антикоррозионных свойств // Auditorium: электронный научный журнал Курского государственного университета. 2014. № 4(4).

*Розанова Е.Н., Ищенко Н.В., Маркович Ю.Д., Кудрявцева Т.Н.* Оценка ингибирующей активности акридонуксусной кислоты при воздействии растворов соляной кислоты на стальную поверхность // Проблемы теоретической и экспериментальной химии: матер. XIX Российской молодежной науч. конференции. Екатеринбург, 2009. С.180-181.

*Розанова Е.Н., Кудрявцева Т.Н., Семикин В.А., Черемисинова Е.А.* Влияние акридонсульфо кислот и их натриевых солей на коррозию стали Ст3 в нейтральной и кислой средах в условиях ультразвуковой обработки // Вопросы технических наук: Новые подходы в решении актуальных проблем: сб. науч. тр. по итогам международной научно-практической конференции. Казань, 2014. С. 33–37.

*Розанова Е.Н., Кудрявцева Т.Н., Сысоев П.И.* Исследование антикоррозионных свойств 10-((5-меркапто-4Н-1,2,4-триазол-1,3-ил)метил)акридин 9(10Н)-она // Auditorium: электронный научный журнал Курского государственного университета. 2018. № 2(18).

*Розанова Е.Н., Сороколетова А.В., Грекова Е.В.* Оценка химической стойкости сплавов на основе железа в присутствии некоторых сульфопроизводных акридона и акридонуксусной кислоты // Проблемы теоретической



и экспериментальной химии: матер. XX Российской молодежной науч. конференции. Екатеринбург, 2010. С.206-207.

## **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕМРИСТОРОВ В СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ**

**© 2018 С.Н. Беленьков, А.В. Будаев, Л.В.Кепова, Н.А. Емельянов**

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*Описан принцип действия и конструкции одного из базовых элементов современной электроники – мемристора. Рассмотрены перспективные области применения данного схемотехнического элемента.*

**Ключевые слова:** *мемристор, энергонезависимая память, нейро-процессор.*

В результате применения теории симметрии для анализа теории электросхем Леоном Чуа в 1971 году было предсказано существование ещё одного пассивного компонента, наряду с катушкой индуктивности, конденсатором и резистором [ChuaLeon 1971]. Четыре базовые величины, характеризующие состояние электрической схемы (заряд, ток, напряжение, магнитный поток) связаны известными соотношениями (рисунок 1).

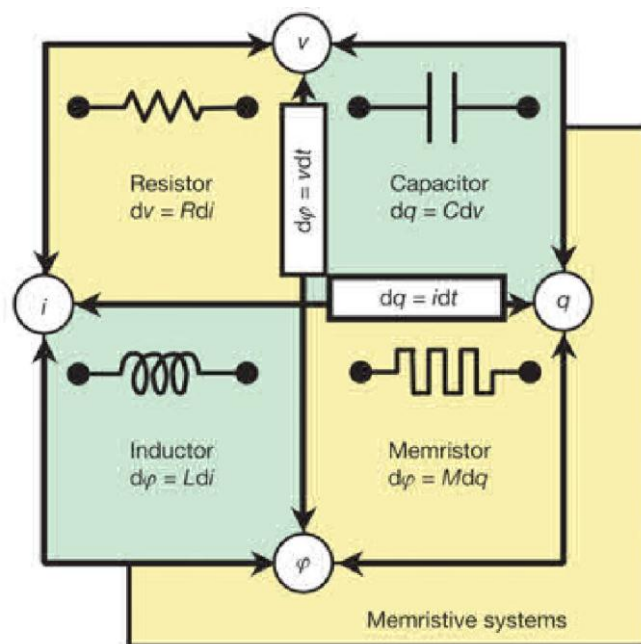


Рис. 1. Основные базовые элементы электрических цепей [ChuaLeon,1971]

В то же время соотношение между зарядом и магнитным потоком выяснено не было. Чуа предположил, что описанный элемент должен функционировать подобно резистору, сопротивление которого зависит от прошедшего через него заряда.

На практике подобный элемент был реализован группой Стенли Уильямса (Hewlett-Packard) в 2008 году. Он представлял собой тонкую (30-50 нм) двуслойную пленку  $TiO_2/TiO_{2-x}$ , расположенную между платиновыми электродами. В отличие от предложенной ранее теоретической модели, данный прототип не накапливал заряд и не поддерживал магнитный поток. Тем не менее, указанный элемент получил название мемристора, причем данная точка зрения получила поддержку и со стороны Чуа. Таким образом, основной особенностью мемристора, как пассивного элемента электрической цепи является то, что сопротивление зависит от интеграла тока пройденного за время работы. Такой элемент может быть описан как двухполюсник с нелинейной вольт-амперной характеристикой, имеющим

гистерезис (рисунок 2). Но главной особенностью является то, что данный элемент при отключении питания может «запоминать» последнее значение сопротивления, расчётное время хранения данных такой памяти превышает 10 лет[Н. Елисеев, 2010].

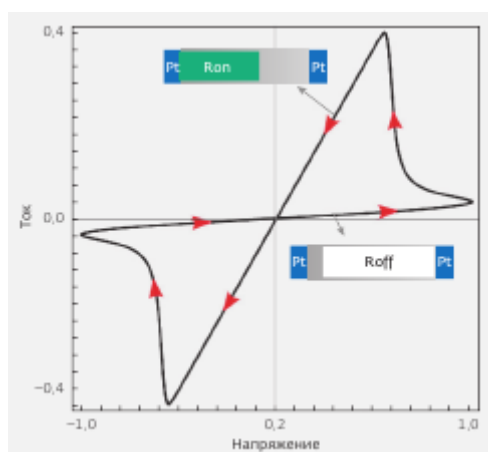


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика мемристора[А. Гудков,2014]

Используя данную особенность мемристоров, компании 4DS Memory Limited и Crossbar занялись разработкой новой энергонезависимой резистивной памяти ReRAM[Н. Елисеев, 2010]. Новая технология показала убедительные результаты по энергопотреблению, скоростям чтения и записи, надёжности и долговечности, что в будущем позволит заменить используемую сейчас статическую и динамическую память. Компания Crossbar продемонстрировала работоспособные прототипы RRAM в 2013 и в 2014 годах. Согласно испытаниям, массив памяти RRAM Crossbar в 20 раз быстрее NAND, в 20 раз экономичнее её по питанию и выдерживает в 10 раз больше циклов перезаписи. Единственное в чём RRAM может уступать NAND — это плотность записи. Опытные микросхемы RRAM Crossbar были ёмкостью до 4 Мбит. В ближайшие годы ожидается коммерциализация данного проекта.

Другое перспективное направление применения мемристоров – это создание нейропроцессоров, нейросетей. В рамках программы «Системы нейроморфной адаптивной пластической масштабируемой электроники» (SyNAPSE) исследовательские лаборатории проводят революционные разработки, которые откроют новую эру когнитивных компьютеров [А. Гудков, 2014]. В данной программе участвуют такие компании как: IBM, Hewlett Packard и HRL Labs. Программа SyNAPSE вдохнула новую жизнь в разработку искусственных нейронных сетей, особенно интересных результатов в которой сегодня добилась HRL Laboratories LLC и ее Center for Neural and Emergent Systems, использовавшая мемристоры в качестве искусственных синапсов [R. Colin Johnson 2013].

Группой ученых из МФТИ созданы прототипы наноразмерных «электронных синапсов» на основе сверхтонких пленок оксида гафния ( $\text{HfO}_2$ ). Эти устройства могут быть использованы в принципиально новых вычислительных системах. При этом, созданные наноразмерные устройства проявляют свойства аналогичные биологическим синапсам. С помощью разработанной технологии мемристоры были объединены в матрицы, что в перспективе позволит создать компьютеры, работающие на принципах биологических нейронных сетей. [Y. Matveyev, R. Kirtaev, A. Fetisova, S. Zakharchenko, D. Negrov, A. Zenkevich, 2016]

Следует заключить что перспективы применения мемристоров обширны – от появления устройств памяти нового поколения, сочетающих высокое быстродействие с энергонезависимостью до перехода к принципиально иным типам компьютеров, по принципам действия более напоминающим биологические системы. Проблемой на пути их широкого применения является как сравнительно высокая стоимость изготовления, связанная с применением высокочистых дорогостоящих материалов, а также технологий их обработки. Таким образом, актуальной задачей современ-

ной электроники является разработка новых конструкций элементов с мемристивными свойствами.

### **Библиографический список**

*Chua Leon*, Memristor - The Missing Circuit Element // IEEE Transaction-sonCircuitTheory, 1971, 507-519 с.

*Н. Елисеев*, Мемристоры и кроссбары. Нанотехнологии для процессоров // Электроника НТБ, вып. 8, 2010, 87 с.

*А. Гудков, А. Гогин, М. Кук, А. Козлов, А. Самусь*, Мемристоры – новый тип элементов резистивной памяти для нанoeлектроники // Перспективная элементная база нанoeлектроники, вып. 137, 2014 г, 157 с.

*Н. Елисеев*, Мемристоры и кроссбары: нанотехнологии для процессоров // Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 2010, №8, с.84–89.

*R. Colin Johnson*, Memristors mimic human brain // EE Times, 15.01.2013

*Y. Matveyev, R. Kirtaev, A. Fetisova, S. Zakharchenko, D. Negrov, A. Zenkevich*, Crossbar Nanoscale HfO<sub>2</sub>-Based Electronic Synapses //Nanoscale Research Letters, 2016.

## **ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ В ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ**

**©2018 Д.В. Аниканов, И.С. Кашкин, П.А. Овсянников**

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В данной статье рассмотрены наиболее выгодные и качественные производители насосов для каждой ступени вакуумной системы в элек-*

*тронных микроскопах: спиральные, турбомолекулярные и ионные. Описаны характеристики, цены и особенности насосов, доступных на рынке в России.*

В эпоху развития индустрии нанотехнологий, учёные, инженеры и исследователи все чаще сталкиваются с проблемой, когда возможностей оптического микроскопа становится недостаточно для исследований на микроуровне. Например, для работы с микрочипами, элементами, находящимися на кремниевой пластине, при изучении микротрещин на образце металла, а также различных пористых микроструктур.

Для решения подобного рода задач, используют более современную технику: электронные микроскопы. В независимости от того, какой микроскоп будет использован растровый или просвечивающий, он должен быть оснащен вакуумной системой. Большая часть образцов, должна находиться в вакууме, чтобы воздух не рассеивал электроны. В условиях высокого вакуума электроны ускоряются электрическим полем и фокусируются в узкий пучок, который проходит через образец и либо фотографируются, либо регистрируются фотоэлектрическим устройством.

Вакуумная система создана для уменьшения вероятности столкновения электронов с газом, что увеличивает длину свободного пробега электронов и предотвращает возникновение электрической дуги. На рисунке 1 представлен просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ), где под цифрой 8 показана вакуумная система. [Власов А. И., Елсуков К. А., Косолапов И. А., 2011]

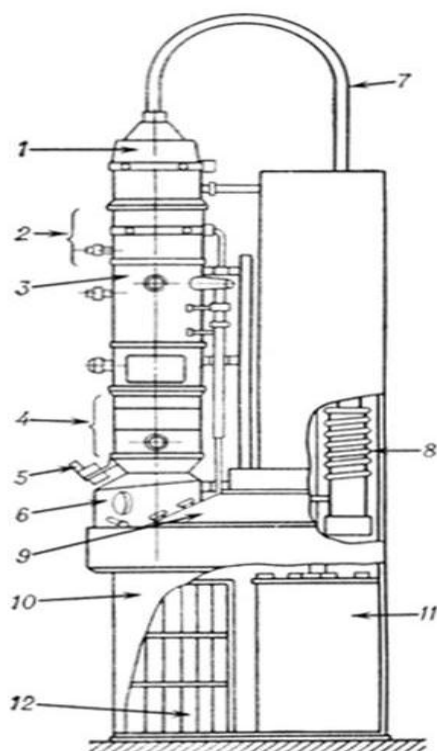


Рис. 1. Электронный микроскоп просвечивающего типа (ПЭМ): 1 — электронная пушка; 2 — конденсорные линзы; 3 — объектив; 4 — проекционные линзы; 5 — световой микроскоп, дополнительно увеличивающий изображение, наблюдаемое на экране; 6 — тубус со смотровыми окнами, через которые можно наблюдать изображение; 7 — высоковольтный кабель; 8 — вакуумная система; 9 — пульт управления; 10 — стенд; 11 — высоковольтное питающее устройство; 12 — источник питания линз

Основным элементом вакуумной системы является вакуумный насос. Используют три типа насосов: спиральный насос, представленный на рисунке 2, турбомолекулярные насос, представленный на рисунке 3, ионный насос, представленный на рисунке 4 соответственно.



Рис. 2. Спиральный насос



Рис. 3. Турбомолекулярный насос



Рис. 4. Ионный насос

В настоящее время, производители современного лабораторного оборудования для микроскопов предлагают широкий ассортимент вакуумных насосов, относящихся к решению многих видов задач. Основными типами насосов, производимых данными фирмами, являются насосы средних, высоких и сверхвысоких вакуумов. В данной статье рассмотрены наиболее распространенные производители и их продукция, зарекомендовавшая себя на российском рынке. Основные производители, их продукция, а также её характеристики представлены в таблице 1.



Таблица 1– Сравнительная характеристика насосов [[evtec.ru](http://evtec.ru)]

Производители	Страна	Стандарт качества	Спиральные насосы	Турбо-молекулярные насосы	Ионные насосы
			цена		
ERSTEVAK	Германия Китай, Россия	CE, ISO, TUV.	От 250000р до 720000р	От 500000р	Не производит
Agilent Technologies (Millab в России)	США, Китай, Россия. 33 партнера-производителя по всему миру	GS TÜV CE, ISO 9001, TUV.ANSI	От 120000р	От 340000р	Новое поколение VALcon Plus От 400000р
Anest Iwata	Япония, США	ISO, TUV. GS TÜV	От 197000р До 708000р	От 380000р	Не производит
KYKY Technology Co. Ltd (АКТАН ВАКУУМ в РФ)	Япония	RoHS.CE ISO, TUV GS TÜV	Не производит	От 280000р	Не производит

Рассмотренные производители хорошо зарекомендовали себя в производстве насосов для микроскопов, и уверенно держатся на рынке продаж. Но не каждый из представленных производителей занимается производством всех трех типов насосов. На сегодняшний день ремонт и

сервисное обслуживание стало важной частью в микроскопии из-за резкого роста цен на новое оборудование.

На основании проведенного анализа рынка продаж вакуумных насосов можно выделить две наиболее развитые компании: KYKY Technology Co. Ltd и Agilent Technologies. KYKY Technology Co. Ltd базируется только на производстве турбомолекулярных насосов нового поколения, лидирует по цене среди своих конкурентов, а также предоставляет гарантийное обслуживание насосов на территории РФ. Agilent Technologies – является одной из самых развитых компаний по производству широкого ассортимента всех трех типов насосов с различными характеристиками, разработавшая новое поколение ионных насосов, которые имеют оптимальную цену на рынке России среди своих конкурентов.

### **Библиографический список**

*Власов А. И., Елсуков К. А., Косолапов И. А., 2011, Электронная микроскопия Учеб. пособие для вузов.*

<http://evtec.ru/> (20.09.2018)

# СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ 10-((5-АМИНО-1,3,4-ТИАДИАЗОЛ-2-ИЛ)МЕТИЛ)АКРИДИН-9(10Н)-ОНА И НЕКОТОРЫХ ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ

©2018 Т.Ю. Рязанцева, П.И. Сысоев, И.Б. Кометиани

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

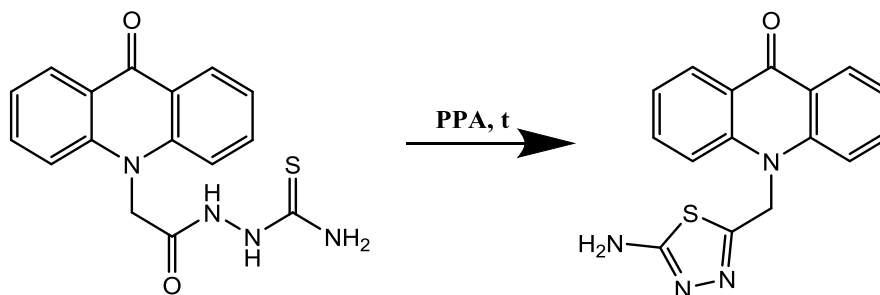
*tatiana.ryazantseva2015@yandex.ru*

*Рассмотрен способ получения 10-((5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)метил)акридин-9(10Н)-она, а также соединения на его основе; сделан прогноз их биологической активности.*

**Ключевые слова:** *10-((5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)метил)акридин-9(10Н)-он, биологическая активность.*

Устойчивость к противомикробным препаратам является широко распространенной проблемой при лечении инфекционных заболеваний, решение которой требует поискановых структур и синтеза новых соединений, которые могут быть использованы для получения новых эффективных лекарственных средств [1].

Нами был осуществлен синтез 10-((5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)метил)акридин-9(10Н)-она на основе полученного ранее 2-(2-(9-оксоакридин-10(9Н)-ил)ацетил) гидразинкарботиоамида [2], путем циклизации последнего в полифосфорной кислоте (РРА):

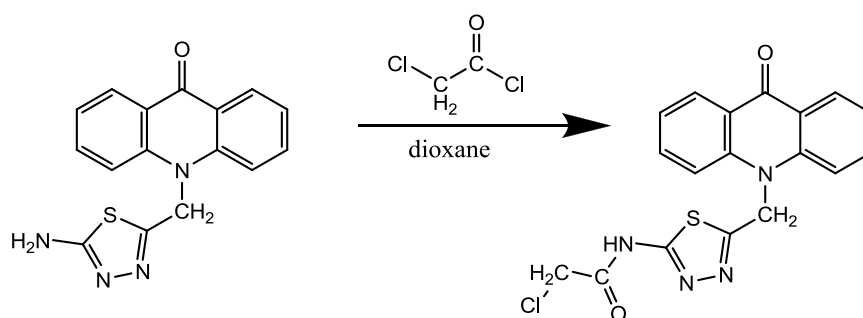


Реакцию проводили при 80 °С в течение 4 часов. Целевое соединение выделили из реакционной массы путем ее разбавления водой с последующей нейтрализацией с выходом, близким к количественному.

Поскольку функциональные производные 1,3,4-тиадиазоламинов также проявляют разнообразную биологическую активность, можно ожидать, что введение дополнительных функциональных (например, ацильных) групп позволит значительно расширить спектр биологической активности получаемых производных [3].

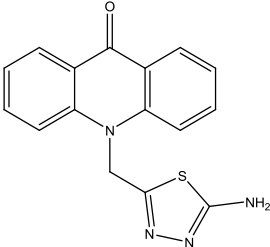
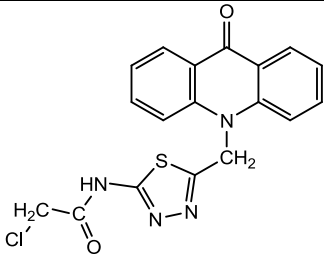
Взаимодействием 10-((5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)метил)акридин-9(10Н)-она с хлорацетилхлоридом получили новое соединение - 2-хлоро-N-(5-((9-оксоакридин-10(9Н)-ил)метил)-1,3,4-тиадиазол-2-ил)ацетамид.

Реакцию проводили в среде 1,4-диоксана при комнатной температуре в течение суток:



Виртуальный скрининг синтезированных соединений показал возможность проявления полученными соединениями высокой биологической активности. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1-Прогноз биологической активности синтезированных соединений

Соединение	Прогнозируемая активность
	Противосудорожная
	Антибактериальная
	Противовирусная
	Антимикобактериальная
	Противосудорожная
	Противоопухолевая
	Противотуберкулезная

Таким образом, ацилированием 10-((5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)метил)акридин-9(10Н)-она хлорацетилхлоридом получен 2-хлоро-N-(5-((9-оксоакридин-10(9Н)-ил)метил)-1,3,4-тиадиазол-2-ил)ацетамид, открывающий возможность синтеза нового ряда биологически активных производных акридона, содержащих 1,3,4-тиазольный фрагмент.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).*

### Библиографический список

*Mohd. Wasim Akhter, Mohd. Zaheen Hassan, Mohd. Amir* Synthesis and pharmacological evaluation of 3-diphenylmethyl-6-substituted-1,2,4-triazolo[3,4-b]-

1,3,4-thiadiazoles: a condensed bridgehead nitrogen heterocyclic system [Text]// Arabian Journal of Chemistry, 2014. -Vol. 7. P. 955–963.

*Рязанцева Т.Ю., Кудрявцева Т.Н., Сысоев П.И.* Синтез и биологическая активность некоторых пятичленных гетероциклов на основе 2-(2-(9-оксоакридин-10(9H)-ил)ацетил)гидразинкарботиоамида [Текст]// Т.Ю. Рязанцева, Т.Н. Кудрявцева. –Екатеринбург: тезисы докладов Проблемы теоретической и экспериментальной химии – 2018. Изд-во Урал.ун-та, 2018. – С. 433

*Газиева Г.А., Кравченко А.Н.*Тиосемикарбазиды в синтезе пяти- и шестичленных гетероциклических соединений [Текст]// Г.А. Газиева, А.Н. Кравченко. -Успехи химии. 2012. Т. 81. №6. С. 494-523

## **СОВРЕМЕННЫЕ АРМИРУЮЩИЕ ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**© 2018 Н. М. Демина**

*АО «НПО Стеклопластик», Московская область, Солнечногорский район,  
РП Андреевка, Россия*

*В статье обсуждаются типы армирующих волокон используемых в настоящее время промышленностью для создания современных полимерных композитов ответственного назначения. Описаны химическая природа волокон, способы их промышленного производства и физико-механические особенности. Приведена сводная сравнительная таблица по всем обсуждаемым типам армирующих волокон.*

**Ключевые слова:** *полимерный композиционный материал, композит, армирующие волокна, волокнистый материал, армирование.*

Мировое производство полимерных композитов сегодня переживает период интенсивного роста как самостоятельная отрасль промышленности. Общей задачей научно-технического сообщества производителей композиционных материалов является заменить традиционные конструкционные материалы, такие как дерево, сталь и алюминий, в направлении транспорта и производства энергии, обеспечивая при этом максимальную прочность изделия при минимальном весе конструкции.

Типы армирующих волокнистых материалов выпускаемые в настоящее время промышленно и используемые для создания конструкционных полимерных композитов ответственного назначения кратко обсудим в этой работе.

Выбор типа волокнистого наполнителя для армирования органического связующего определяет технический уровень свойств полимерного композита.

Наивысшие удельные прочностные характеристики однонаправленных армированных полимерных композиционных материалов достигнуты в случае армирования полимерной матрицы (эпоксидная смола) высокопрочными углеродными волокнами. Удельный модуль упругости при растяжении однонаправленных армированных полимерных композитов наивысший в случае армирования полимерной матрицы (эпоксидная смола) высокомодульными углеродными волокнами [1].

Углеродные волокна представляют собой химически чистое вещество, более 99% в котором составляет один элемент - углерод. Промышленная технология производства углеродных волокон основана на терми-

ческой обработке различных органических волокон: гидратцеллюлозных волокон, полиакрилонитрильных волокон, нефтяных и каменноугольных пеков. Высококачественные коммерческие углеволокнистые материалы для композитов получают на основе ПАН-волокон [2]. Технология производства углеродных волокон была изобретена в Японии и на сегодняшний день более 70% УВ выпускается в Японии. Промышленно производятся углеродные волокна в США, Великобритании, Франции и других развитых странах. В России развитием промышленных технологий углеродных волокон занимается UMATEX Group Госкорпорации «Росатом». Углеродные волокна обладают комплексом ценных потребительских свойств (таблица): высокая удельная прочность и жесткость, низкий коэффициент линейного термического расширения, тепло- и электрофизические свойства от полупроводников до проводников, высокая химстойкость ко всем агрессивным средам за исключением сильных окислителей, радиационная стойкость. К недостаткам углеродных волокон можно отнести чувствительность к точечным ударам, окисление на воздухе при температурах выше 380С.

Второй тип высокотехнологичных армирующих волокон – это арамидные волокна. Коммерческие высокопрочные и высокомодульные арамидные волокна являются органическими волокнами на основе жидкокристаллических полиамидов. Волокна химически представляют собой высокомолекулярные длинноцепочные амидные полимеры на 85% состоящие из амидных радикалов связанных с двумя ароматическими кольцами. Промышленная технология арамидных волокон основана на экструзионном вытягивании через фильеры из раствора волокнообразующего полимера в концентрированной сильной неорганической кислоте. Первое волокно торговой марки Кевлар появилось в США в 1970-х годах. В настоящее время ассортимент арамидных волокон производимых в России и в других стра-



нах широк и обусловлен модификацией состава полимера, условиями вытягивания и термообработки. Важнейшими преимуществами волокон являются низкая плотность, высокие механические прочностные свойства и модуль упругости, сохраняющиеся при воздействии комплекса агрессивных сред[3]. Волокно и материалы из них имеют характерный цвет и плохо поддаются прокрашиванию. При намокании волокна существенно снижают прочность, которая полностью восстанавливается при высыхании.

Самые легковесные полимерные композиты можно получить при армировании полимерной матрицы волокнами из сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Технологию получения СВМПЭ-волокон основанную на экструзионном формовании через фильеры из геля сверхвысокомолекулярного полиэтилена в высококипящем растворителе предложила голландская корпорация DutchStateMines (DSM). СВМПЭ-волокна для композитов промышленно производят сегодня в Западной Европе, Японии, США и России. Новейшие технологии используют в качестве исходного сырья порошок сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Это самые легкие органические волокна используемые для армирования композиционных материалов, плотность 0,96 – 0,97 г/см<sup>3</sup>. Волокна обладают высокими прочностными свойствами, модулем упругости, удлинением при разрыве[4]. По удельным характеристикам СВМПЭ – волокна существенно превосходят другие типы армирующих волокон. Стойкость к истиранию, воздействию химических и радиационных факторов также является преимуществами этих волокон. Недостатками СВМПЭ - волокон являются низкая температура эксплуатации (до 110С), горючесть и высокая ползучесть. Эти волокна обладают самой низкой адгезионной прочностью при взаимодействии с традиционными полимерными связующими для композитов.

Разрешительно высокую рабочую температуру эксплуатации полимерным композиционным материалам возможно достичь при использовании для армирования борные волокна.

Борные волокна представляют собой аморфный продукт элементарного бора в виде моноволокон диаметром 80 – 200 мкм. Борное волокно изготавливают осаждением из газовой фазы в результате разложения галогенидов бора в токе водорода на вольфрамовую проволоку диаметром 12 – 15 мкм. Вольфрамовая проволока нагревается пропусканием тока до 1300С и непосредственно протягивается через реакторы до получения борного волокна необходимого диаметра[5]. Борные волокна были разработаны в 1959 году в США и в настоящее время производятся компанией SpecialtyMaterialsInc. В России новейшие борные волокна разработаны ГНЦ РФ «ГНИИХТЭОС». Волокна обладают максимальной твердостью, второе место после алмаза. Относительно всех описываемых армирующих волокон борные волокна имеют наивысшие физико-механические характеристики (таблица), обладают способностью выдерживать длительные нагрузки в условиях агрессивной среды. Зернистая поликристаллическая структура поверхности борных волокон имеет высокую адгезию, как к полимерным, так и к металлическим матрицам. К недостаткам борных волокон можно отнести чувствительность к концентраторам напряжений и хрупкость.

Самыми массовыми в мировом производстве композитами сегодня являются стеклопластики. Полимерное связующее в этом случае армируют стеклянные волокна.

На настоящий момент материалы из непрерывных стеклянных волокон составляют более 94% от армирующих волокон, используемых в промышленности композитов. При промышленном производстве стеклянных волокон используют формование из расплавов специальных стекол. Ос-

новным волокнообразующим компонентом является диоксид кремния. Оксиды бора и металлов в высших степенях окисления обеспечивают различные потребительские свойства. До 90% всех стеклянных волокон, которые выпускаются сегодня в мире это - стекловолокно марки E – низкой электрической проводимости. Остальные 10% это волокна специального назначения для композиционных материалов, области применения которых требуют высокой прочности и жесткости. Наиболее применимые для ответственных нагруженных композитов высокопрочные высокомодульные стекловолокна марки S- 2 GlassFiber производятся в США компанией AGY Holdingcorp, в России – АО «НПО Стеклопластик». Важнейшими преимуществами армирующих материалов из стеклянных волокон являются их доступность, высокие физико-механические и диэлектрические характеристики (таблица). На поверхности всех стекловолокнистых материалов находится слой органического покрытия – «бывший» замасливатель, который определяет технологию переработки, ассортимент продукции из стекловолокна и адгезию к полимерному связующему композита[6].

Наиболее современными промышленно выпускаемыми армирующими волокнами являются базальтовые волокна.

Непрерывные базальтовые волокна производят из расплава магматических базальтовых пород по технологии идентичной двухстадийному производству стеклянных волокон. Химический состав промышленных базальтовых волокон существенно отличается от химического состава непрерывных стеклянных волокон, в том числе S-glass типа[7]. Технология производства НБВ разработана в 1970-х годах в СССР, коммерциализацию осуществили ООО «Каменный век» (Россия) и ВFCMTD (Украина /Гонг Конг). На выставке мировых композитов JEC World 2018 были представлены производители непрерывных базальтовых волокон INCOTELOGY GmbH (ФРГ), ISOMATEX (Бельгия), INNEGRA Technologies (США),

Sichuan Aerospace Tuoxin Basalt Industrial Co (Китай), Mafic (США-Европа). Разработчики аддитивных технологий и промышленного оборудования для композитов уделяют внимание базальтовым волокнам.

Таблица 1- Физико-механические и технико-экономические характеристики армирующих волокон

Тип волокон	Углеродные ВП* ВМ*		Стекланые ES		Базальтовые	Арамидные К* СВМ*		Борные	СВМПЭ- волокна С* П*	
	Диаметр, мкм	5	15	5		24	11-27		11	15
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,7	1,9	2,54	2,46	2,7- 2,9	1,42	1,47	2,4 - 2,7	0,96	0,97
Прочность при растяжении, ГПа	3,5- 7,2	2,0- 3,5	2,0 - 3,5	4,2- 4,7	2,7- 3,2	2,4 - 3,3	3,8 - 5,2	2,5 - 4,0	3,2	4,1
Модуль упругости при растяжении, ГПа	200- 300	350- 550	71 - 76	86 - 92	70- 90	60- 160	125- 160	370 - 430	177	145
Удлинение, %	1,3- 2,4	0,4- 0,8	3,0- 4,5	4,0- 5,4	3,1- 3,4	1,5- 3,6	2,5- 4,0	0,88 - 0,91	3,4	6,0
Температура эксплуатации**, до °С	370/2000*		360	470	460	425		400/ 2000*	80	95
Кратко- срочн. темпера- тура**, °С	450/3000*		420	760	700	600		600/ 2200*	110	

Тип проводимости	полу-проводник		диэлектрик		диэлектрик	диэлектрик		полу-проводник	диэлектрик	
	Коэф. теплопровод., Вт/м·К	0,8	1,6	0,04		0,03-0,04	1,2		2,0	25,0
Цвет волокна	черн.		бел.		корич	жел.		метал	бел.	
Цена, \$/кг	5	200	1 - 2	3-20	2,5- 3	70	130	400	45	85

\*ВП – высокопрочные; ВМ – высокомодульные; К – Кевлар 29, 149; СВМ – Руслан-ВМ, СВМ; С – Спектра 1000; П – ПЭ-2

\*\* - на воздухе/в инертной среде, °С

### Библиографический список

1. Симамура С. Углеродные волокна. – М.: Мир, 1987. – 304 с.
2. Демина Н.М., Трофимов А.Н., Варшавский В.Я., Кривцов Д.И., Габерлинг А.В. Исследование процесса аппретирования углеродных волокон // Химические волокна. 2012. № 5. С. 52-54.
3. Антипов Ю.В., Демина Н.М., Кульков А.А., Трофимов А.Н., Хавалкин П.М. Органостеклопластики для силовых конструкций // Пластические массы. 2013. № 2. С. 44-48.
4. Андреева И.Н., Веселовская Е.В., Наливайко Е.И. и др. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности Л.: Химия, 1982. — 80 с

5. Бабаевский П.Г., Виноградов В.М., Головкин Г.С., Гуняев Г.М., Кобец Л.П., Майшнская Г.П., Тюкаев В.Н. под ред. Тростянской Е.Б. Пластики конструкционного назначения М.: Химия, 1974. -304с.
6. Демина Н.М. Современные составы для обработки высокопрочных высокомодульных непрерывных стеклянных волокон.// Химические волокна. 2016. №2. С. 25-33.
7. Демина Н.М., Беляева Е.А., Шацкая Т.Е., Штефан И.Н., Осипчик В.С., Жирков Е.П. Влияние модификации наноматериалами углеродного типа составов для поверхностной обработки непрерывных базальтовых и стеклянных волокон на физико-механические свойства эпоксикомпозитов. Тезисы докладов XI Всероссийской научно-практической конференции «Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья». Бийск. 2012. С. 124-127.

## **ОБЗОР ВИДОВ КОАКСИАЛЬНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ СВЧ-ДИАПАЗОНА, ИХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ТРЕБОВАНИЙ К НИМ**

**© 2018 П. С. Малыхин**

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

*В статье рассматриваются наиболее важные электрические и механические параметры радиочастотных соединителей. Приведена информация о наиболее известных компаниях-производителях соединителей. Описаны конструктивные особенности соединителей. Указаны основные*

*направления в улучшении параметров коаксиальных радиочастотных соединителей.*

**Ключевые слова:** СВЧ, коаксиальный разъем, соединение.

При создании и испытании любой аппаратуры СВЧ-диапазона необходимо надежное соединение электронного блока с источником сигнала, с другими блоками, с антенной, нагрузкой. Соединение должно быть согласовано с подключаемыми блоками во всей полосе частот сигнала и в диапазоне изменения дестабилизирующих внешних факторов. При низком качестве соединения зачастую не удается реализовать потенциальные возможности радиосистемы.

Коаксиальный соединитель – электромеханический элемент СВЧ-устройств, предназначенный для соединения линий передачи радиочастотных модулей, блоков и комплексов. [Джурицкий 2006]

Были рассмотрены наиболее важные параметры радиочастотных соединителей.

Основные электрические параметры соединителей:

1. Волновое сопротивление. В технике СВЧ принято 50 Ом. В телевизионной технике - волновое сопротивление 75 Ом.

2. Рабочий диапазон частот — диапазон частот от DC (direct current — постоянный ток) до предельной частоты (cut-off frequency) — критической частоты, при которой в коаксиальной линии соединителя возникают волны высших порядков, нарушающие нормальный режим ее работы.

3. Коэффициент стоячей волны— KCBH или VSWR — разные фирмы указывают либо в виде частотной зависимости, либо приводят его величину для определенных частот. Часто вместо KCBH используют эквива-

лентную ему величину возвратных (обратных) потерь в децибелах (return loss—RL).

КСВН зависит от частоты и определяется конструкцией соединителя, способом его установки в устройство и маркой применяемого радиочастотного кабеля. КСВН угловых соединителей больше, чем у прямых. КСВН кабельных соединителей под полужесткий кабель меньше, чем под гибкий. Герметичные соединители имеют КСВН больше, чем негерметичные. КСВН соединителей для монтажа на печатные платы зависит от конструкции контактных площадок на печатной плате. [Джуринский 2006]

4. Прямые потери СВЧ. Характеризуют степень потери мощности СВЧ-сигнала (в децибелах) при его прохождении в соединителе. Величина потерь зависит от квадратного корня из частоты.

5. Экранное затухание (RF leakage) характеризует степень экранированности пары соединителей и измеряется в децибелах.

6. Сопротивление изоляции.

7. Сопротивление замкнутых внутреннего и наружных контактов.

8. Рабочее напряжение.

9. Напряжение пробоя.

10. Максимальная проходящая мощность.

Механические параметры:

1. Гарантированное количество соединений и разъединений.

2. Усилие соединения и разъединения.

3. Момент вращения накидной гайки для резьбовых соединителей, усилие удержания кабеля в кабельных соединителях.

Рабочий диапазон температур соединителей большинства типов 65...+ 125 (165) °С.

Информация о наиболее известных компаниях приведена в таблице

1.



Таблица 1 - Наиболее известные фирмы — производители радиочастотных соединителей

№ п/п	Компания	Страна	Сайт
1	MACOM, Inc.	США	<a href="http://www.macom.com">www.macom.com</a>
2	Amphenol Corp.	США	<a href="http://www.amphenol.com">www.amphenol.com</a>
3	AMP Inc. (Tyco Electronics Corp.)	США	<a href="http://www.amp.com/communications.com">www.amp.com/communications.com</a>
4	Corning Gilbert Microwave Products	США	<a href="http://www.corning.com/corninggilbert.com">www.corning.com/corninggilbert.com</a>
5	Anritsu Comp.	США	<a href="http://www.anritsu.com/">www.anritsu.com/</a>
6	Molex RF/Microwave	США	<a href="http://www.molex.com">www.molex.com</a>
7	Southwest Microwave, Inc.	США	<a href="http://www.southwestmicrowave.com">www.southwestmicrowave.com</a>
8	SV Microwave, Inc. (Amphenol Corp.)	США	<a href="http://www.svmicrowave.com">www.svmicrowave.com</a>
9	Pasternack Enterprises	США	<a href="http://www.pasternack.com">www.pasternack.com</a>
10	Jonson Components	США	<a href="http://www.ionsoncomDonents.com">www.ionsoncomDonents.com</a>
11	Coaxicom (Coaxial Components Corp.)	США	<a href="http://www.coaxicom.com">www.coaxicom.com</a>
12	SM Electronics	США	<a href="http://www.smelectronics.com">www.smelectronics.com</a>
13	Agilent Comp.	США	<a href="http://www.agilent.com/find/accessories">www.agilent.com/find/accessories</a>
14	Applied Engineering Products, Inc.	США	<a href="http://www.aepconnectors.com">www.aepconnectors.com</a>
15	Tensolite Comp.	США	<a href="http://www.tensolite.com">www.tensolite.com</a>

16	Sabritec, Inc.	США	www.sabritec.com
17	Dynavvave, Inc.	США	www.dynawave.com
18	Aeroflex/Weinschel Com	США	www.aeroflex-weinschel.com
19	W.L.Gore&Associates	США	www.gore.com
20	Gigalane Co. Ltd.	США	www.gigalane.com
21	Micro-Mode	США	www.micromode.com
22	Astrolab	США	www.astrolab.com
23	Corry Micronics	США	www.corrymicronics.com
24	Radiall, Comp.	Франция	www.radiall.com
25	Huber+Suhner AG	Швейцария	www.hubersuhner.com
26	Rosenberger Co.	Германия	www.rosenberger.de
27	Spectrum Electrotechnik	Германия	www.spectrumet.ora
28	IMS Connector Systems	Германия	www.imscs.com
29	Jyebao	Китай	www.jyebao.com.tw
30	KMW, Inc.	Корея	www.kmw.com

Лидирующая роль в разработке и производстве радиочастотных соединителей принадлежит фирмам США.

Основные группы соединителей по данным Radiall, Huber+Suhner и ряда других фирм представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные группы соединителей

№ п/п	Группа		Соединители, входящие в группу
1	Ultraminiature	Ультраминиатюрные	IMP, UMP (фирмы Radiall)
2	Microminiature	Микроминиатюрные	MMT, MMS, MMBX, MMCX, SMP, SMPX и др.
3	Subminiature	Субминиатюрные	MCX, SMA, QMA, K, SMB, SMC, BMA, 1,0/2,3 и др.
4	Miniature	Миниатюрные	BNC, TNC, BNO, BNT и др.
5	Medium	Средние	N, QN
6	Large	Большие	7/16 и др.
7	Precision	Прецизионные (для радиоизмерительной и метрологической аппаратуры)	APC07; APC03,5; APC02,4; PC3,5; SK и др.

Конструктивные особенности.

Законченная конструкция соединителя представляет собой сочетание пары: вилка (plug, male) и розетка (jack, female). В нашей стране по конструктивному исполнению соединители подразделяют на кабельные, приборно-кабельные, приборные и переходы.

Переходы служат для соединения двух или более частей соединителей с одинаковыми или разными присоединительными размерами. Особую группу представляют коаксиально-полосковые (микроразрывные) переходы, с помощью которых осуществляется соединение коаксиальных кабелей с полосковыми (микроразрывными) линиями.

Способы соединения вилки и розетки: резьбовое, байонетное, соединение защелкиванием snap-on (quick-lock, blind-mate, push-pull).

Один из наиболее важных параметров коаксиальных соединителей - переходное сопротивление. При эксплуатации соединителей сопротивление контакта в основном зависит от сопротивления стягивания и сопротивления поверхностных пленок, сумма этих сопротивлений есть переходное сопротивление контактной пары. Но на практике при контактировании в НЧ-соединителях происходит разрыв поверхностной пленки, поэтому переходное сопротивление полностью зависит от сопротивления стягивания. При работе на высоких частотах наблюдается следующее: с увеличением частоты тока переходное сопротивление возрастает. Это объясняется тем, что при высоких частотах ток смещается к наружной поверхности (скин-эффект), покрытой окисными пленками с высоким сопротивлением.

Для уменьшения переходного сопротивления штыри и гнезда серебрят или золотят. Золочение применяется для ответственной аппаратуры, работающей в сложных климатических условиях, особенно, если во время эксплуатации контакты длительное время находятся в замкнутом состоянии. При таких условиях на серебре могут образоваться пленки окислов за счет действия сероводорода, что может привести к нарушению электрического контакта, если напряжение в электрической цепи мало.

Основные направления в улучшении параметров коаксиальных радиочастотных соединителей следующие:

- расширение полосы пропускаемых частот;
- повышение механической точности изготовления соединителей и кабельных отрезков, что обеспечивает снижение потерь, уменьшение КСВ, повышенную долговечность, а также взаимозаменяемость изделий;
- увеличение числа конструктивных вариантов;

- улучшение качества гальванических покрытий применяемых материалов или поиск новых композитных покрытий.

Последнее направление улучшения параметров позволит одновременно повысить износостойкость контактов, уменьшить переходное сопротивление или удешевить производство вследствие применения недорогого композитного материала с приемлемыми физико-электрическими свойствами.

### **Библиографический список**

- 1 *Джурицкий К.Б.* Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. – М.: Техносфера, 2006. – 216 с.
- 2 *Джурицкий К., Выходцев С.* Соединители с предельными частотами 40 и 65 ГГц фирмы Corning Gilbert// Компоненты и технологии. 2008. № 5.
- 3 *Джурицкий К., Гнутов А.* Радиочастотные соединители фирмы Huber+Suhner. Часть 1. Соединители для поверхностного монтажа // Компоненты и технологии. 2008. № 7.
- 4 *Джурицкий К., Гнутов А.* Радиочастотные соединители фирмы Huber+Suhner. Часть 2. Приборные и кабельные соединители для частотного диапазона DC-40 ГГц// Компоненты и технологии. 2008. № 8.
- 5 *Джурицкий К., Чебунин М.* Соединители SMP. Новые возможности для микроэлектроники СВЧ // Компоненты и технологии. 2008. № 1.
6. *Савченко В. С., Мельников А. В., Карнишин В. И.* Соединители радиочастотные коаксиальные. М.: Советское радио, 1977. – 48 с.
- 7 *Фрумкин Г.Д.* Расчет и конструирование радиоаппаратуры. Учебник для радиотехнических специальностей техникумов. М.: Высшая школа, 1989. – 463 с.

8 Каталог продукции «Radiall» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.radiall.com> (дата обращения 20.09.2018).

9 Каталог продукции «Coaxicom» [Электронный ресурс]. – URL: <https://http://www.coaxicom.com> (дата обращения 20.09.2018).

## **ВЛИЯНИЕ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАБЕЛЬНОГО ПВХ-ПЛАСТИКАТА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ КАРБОНАТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ВИНИЛТРИМЕТОКСИСИЛАНОМ**

© **Е.Н. Черезова, А.Н. Медведев, М.Е. Черезова**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия*

*Изучено влияние предварительной обработки наполнителя, в качестве которого использованы природные карбонат кальция или его смесь с карбонатом магния, винилтриметоксисиланом на физико-механические и диэлектрические свойства ПВХ-пластиката. Результаты экспериментов выявили увеличение прочности при разрыве, относительного удлинения при разрыве, температуры хрупкости, текучести расплава при использовании поверхностной обработки наполнителя винилтриметоксисиланом. Диэлектрические характеристики при использовании обработанного наполнителя не изменяются.*

**Ключевые слова:** *поливинилхлорид, винилтриметоксисилан, карбонат кальция, карбонат магния.*

Поливинилхлоридные кабельные пластикаты представляют собой полимерные композиционные материалы, основными компонентами которых являются, наряду с поливинилхлоридом, пластификаторы, стабилизаторы, смазки, антипирены, красители, наполнители [Уилки. 2007]. Для удешевления продукции и выполнения требований пожарной безопасности в состав ПВХ-композиций вводят минеральные наполнители [Баженов. 2010]. Однако высокий процент наполнения композиций приводит к ухудшению физико-механических свойств полимерного композиционного материала. Это может быть связано с недостаточно хорошим распределением частиц наполнителя в полимерной матрице. Анализ литературных данных показал, что, по-видимому, более равномерного распределения частиц наполнителя можно добиться при его предварительной поверхностной обработке поверхностно-активными веществами [Пахаренко. 1986].

Целью данной работы является выявление влияния на свойства ПВХ-пластиков предварительной обработки природных наполнителей, включающих карбонат кальция и магния, кремнийсодержащим поверхностно-активным веществом. Для поверхностной обработки был использован винилтриметоксисилан (ВТМС). ВТМС применялся в количестве 2 % от массы минерального наполнителя.

Для оценки влияния количества наполнителя были подготовлены ПВХ-композиции, содержащие 60 мас.ч. и 120 мас.ч. карбоната кальция и его смеси с карбонатом магния природного происхождения. Минералы предварительно измельчались до определенного размера частиц.

Таблица 1 - Влияние размеров частиц и поверхностной обработки карбоната кальция на свойства ПВХ-пластиков

Состав композиции, мас.ч.	Серия 1		Серия 2	
	ПВХ	100		100
ДОФ	50		60	
CaCO <sub>3</sub> , d <sub>50</sub> 2,2 мкм	60		120	
Стабилизаторы и смазки	6		7	
ПАВ (2% от массы наполнителя)	-	ВТМС	-	ВТМС
Свойства ПВХ-пластика				
Прочность при разрыве, МПа	15,9	16,2	11,9	12,6
Относительное удлинение при разрыве, %	255	262	232	250
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,5	1,5	1,6	1,6
Температура хрупкости, °С	-32	-34	-20	-25
Твердость, ед. Шор А	86	87	88	89
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом*см ( $\times 10^{-13}$ )	6,6	6,9	1,8	2,0
Показатель текучести расплава, г/10 мин.	23	25	28	31

Результаты экспериментов с составами, содержащими карбонат кальция (серия 1 и 2, таблица 1), выявили увеличение прочности при разрыве, относительного удлинения при разрыве, температуры хрупкости при использовании карбоната кальция, поверхностно обработанного винилтриметоксисиланом, как при наполнении 60 мас.ч. на 100 мас.ч. ПВХ, так и высоконаполненных составов (120 мас.ч. CaCO<sub>3</sub> на 100 мас.ч. ПВХ). Диэлектрические характеристики ПВХ-пластика мало зависят от обработки наполнителя ПАВ-ом, текучесть же расплава при использовании карбоната кальция, обработанного ПАВ-ом повышается.



Таблица 2 - Влияние размеров частиц и поверхностной обработки природной смеси карбонатов кальция и магния на свойства ПВХ-пластикатов

Состав композиции, мас.ч.	Номер композиции			
	Серия 3		Серия 4	
ПВХ	100		100	
ДОФ	50		60	
CaCO <sub>3</sub> +MgCO <sub>3</sub> d <sub>50</sub> 5 мкм	60		120	
Стабилизаторы и смазки	6		7	
ПАВ (2% от массы наполнителя)	-	ВТМС	-	ВТМС
Свойства ПВХ-пластиката				
Прочность при разрыве, МПа	15,4	16,1	12,8	12,4
Относительное удлинение при разрыве, %	248	264	230	247
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,5	1,5	1,6	1,6
Температура хрупкости, °С	-30	-35	-19	-23
Твердость, ед. Шор А	87	86	88	89
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом*см ( $\times 10^{-13}$ )	2,1	2,2	3,2	3,4
Показатель текучести расплава, г/10 мин.	22	25	29	34

Результаты испытаний ПВХ-пластиката, содержащего в качестве наполнителя смесь карбоната кальция и карбоната магния в соотношении 1:1 (по массе) приведены в таблице 2. В целом, в этих сериях опытов (серия 3 и 4) наблюдали закономерности, аналогичные серии опытов с использованием в качестве минерального наполнителя карбоната кальция. Отметим только, что удельное объемное электрическое сопротивление ПВХ-пластиката, содержащего CaCO<sub>3</sub> в количестве 60 мас.ч. на 100 мас.ч. ПВХ (серия 1) имеет более высокие значения, чем ПВХ-пластикат, содержащий смесь CaCO<sub>3</sub> с MgCO<sub>3</sub> (серия 3).

В составах, содержащих, как 60 мас.ч., так и 120 мас.ч. природной смеси CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub>, предварительно обработанных ВТМС, наблюдали увеличение прочности при разрыве, относительного удлинения при разры-

ве, показателя текучести расплава. Обработка наполнителя ВТМС позволяет также улучшить показатель «Температура хрупкости». Результаты, полученные при проведении экспериментов с составом, содержащим 120 мас.ч. природной смеси карбонатов кальция и магния, имеет место более существенное повышение текучести расплава.

Таким образом, предварительная обработка природного карбоната кальция и его смеси с карбонатом магния винилтриметоксисиланом позволяет получить более высокие показатели физико-механических свойств пластикутов, чем не обработанные, что связывается с диспергирующим действием ВТМС. Полученный вывод может быть распространен на природные минеральные наполнители, включающие в свой состав иные карбонаты и гидрокарбонаты.

### **Библиографический список**

*Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г.* Полимерные композиционные материалы: Научное издание. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 352 с.

*Пахаренко В.А., Зверлин В.Г., Кириенко Е. М.* Наполненные термопласты: Справочник / под ред. Липатова Ю. С. К.: Техника, 1986. – 182 с.

*Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниэле Ч.* Поливинилхлорид. СПб: Профессия, 2007. – 728 с.

# ВЛИЯНИЕ НАЛИЧИЯ АТОМОВ ГАЛОГЕНА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОЛЕКУЛЫ 6Н-ИНДОЛО[2,3-В]ХИНОКСАЛИНА

©2018 В.Э. Мельниченко<sup>1</sup>, С.Ю. Белоусов<sup>2</sup>, Т.Н. Кудрявцева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Курский государственный университет, г. Курск, Россия

<sup>2</sup>ЭИО № 1 (г. Курск), ЭКС - филиала ЦЭКТУ ФТС России

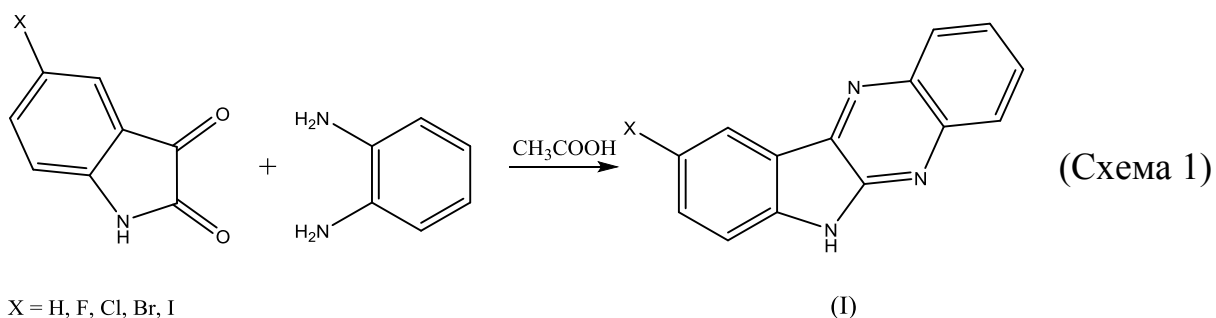
[vasiliyerikovich@gmail.com](mailto:vasiliyerikovich@gmail.com)

*Рассмотрены некоторые особенности синтеза, биологической активности и кристаллической структуры 9-галоген-6Н-индоло[2,3-в]хиноксалинов.*

**Ключевые слова:** 6Н-индоло[2,3-в]хиноксалин, биологическая активность, кристаллическая структура.

Совершенствование методов синтеза производных 6Н-индоло[2,3-в]хиноксалина ставит задачу детального изучения различных физико-химических и биологических особенностей данных соединений. Так, например, особенности кристаллической структуры молекулы могут оказывать влияние на биологическую активность соединения, т.к. различные кристаллические формы одного и того же вещества могут обладать различной эффективностью, в частности, в связи с различной растворимостью. Помимо этого форма и размер кристаллов важны в технологическом процессе, т.к. могут влиять на сыпучесть вещества, его способность смешиваться с другими компонентами и т.д. Поэтому изучение кристаллической структуры биологически активных веществ представляет интерес для исследований.

Нами исследован ряд 9-галоген-6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалинов, общей формулы (I), полученный конденсацией 5-галоген-изатина с о-фенилендиамином в ледяной уксусной кислоте (схема 1).



Согласно результатам хромато-масс-спектрометрического анализа атом галогена в молекуле влияет на содержание целевого продукта в реакционной смеси (таблица 1). Это можно объяснить электронными эффектами, оказываемыми атомами галогена на карбонильные группы в молекуле изатина, в результате чего на атоме углерода карбонильной группы повышается электронная плотность, затрудняющая образование С=N связи.

Таблица 1-Результаты хромато-масс-спектрометрического анализа полученных реакционных смесей 9-замещенных-6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалинов

Заместитель	Относительная электроотрицательность атомов заместителя по Полингу*	М	М <sup>+</sup>	Содержание целевого продукта, %
H	2,2	219,25	220	95,37
F	4	237,24	238	75,83
Cl	3	253,69	254	82,01
Br	2,8	298,14	300	83,54
I	2,5	345,14	346	91,32

\*[Leland C. Allen 1989]

Различия в морфологии полученных соединений определяли с помощью электронной растровой микроскопии с использованием микроскопа PhenomProX (рисунок 1(а-д)).

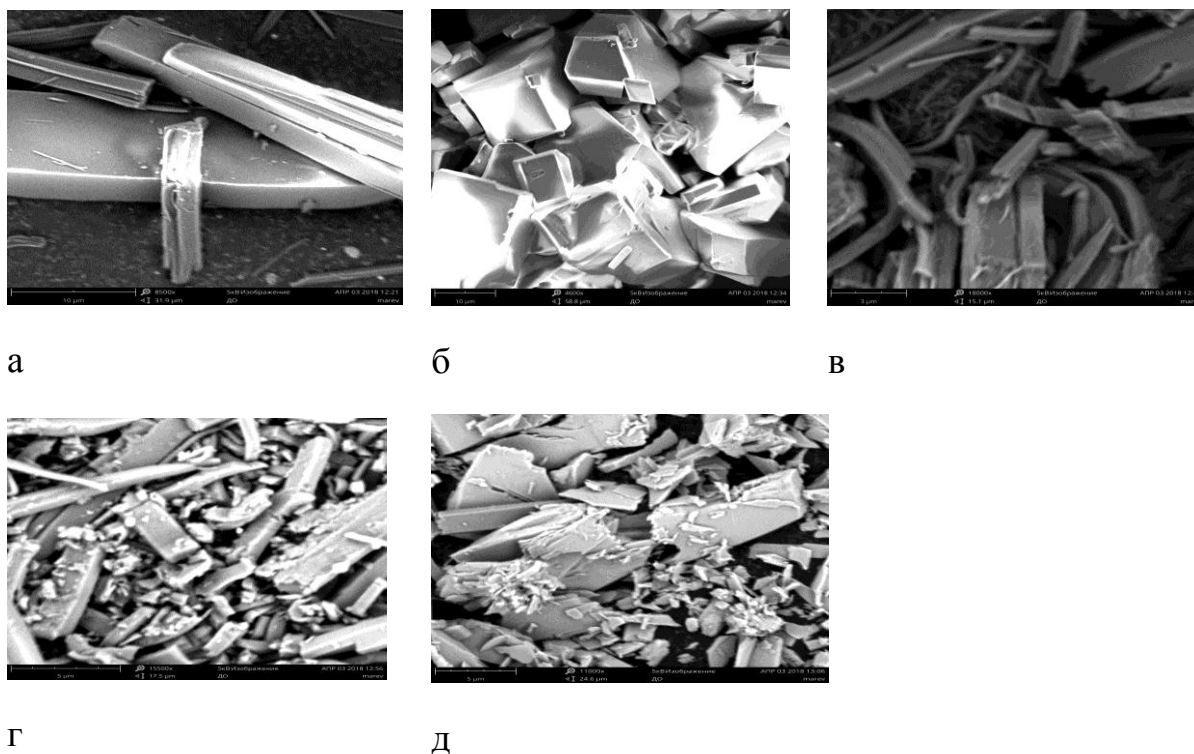


Рис. 1. а) фотография кристаллов 6Н-индоло[2,3-в]хиноксалина; б) фотография кристаллов 9-фторо-6Н-индоло[2,3-в]хиноксалина; в) фотография кристаллов 9-хлоро-6Н-индоло[2,3-в]хиноксалина; г) фотография кристаллов 9-бromo-6Н-индоло[2,3-в]хиноксалина; д) фотография кристаллов 9-йодо-6Н-индоло[2,3-в]хиноксалина

На фотографиях видно, что 6Н-индоло[2,3-в]хиноксалин представляет собой крупные игольчатые кристаллы, 9-фторо-6Н-индоло[2,3-в]хиноксалин - мелкие кристаллы ромбической формы. 9-хлоро-6Н-Индоло[2,3-в]хиноксалин и 9-бromo-6Н-индоло[2,3-в]хиноксалин образуют крупные кристаллы, в виде прямоугольных призм

неправильной формы. Кристаллы 9-йодо-6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина-пластинчатые многоугольники различной формы

Так же был проведен сравнительный анализ биологической активности синтезированных соединений, спрогнозированной при помощи веб-ресурса PASSOnLine. Результаты представлены на рисунке 2.

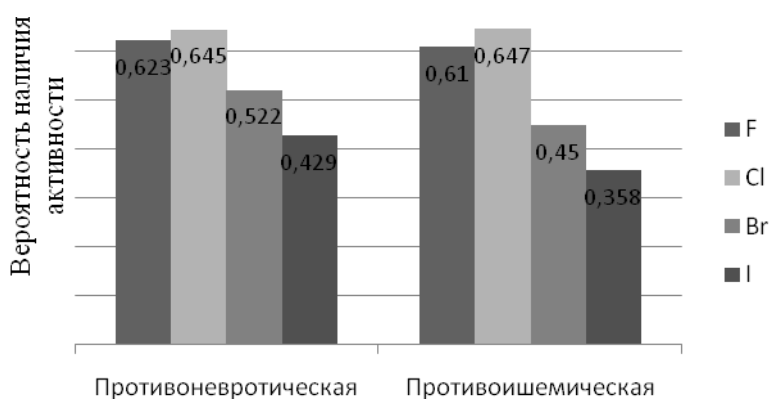


Рис. 2. Прогнозируемая биологическая активность соединений

Из представленных диаграмм можно заметить, что наиболее высокой биологической активностью обладает 9-хлоро-6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалин.

Таким образом, можно заключить, что изучение способов синтеза, биологической активности и морфологических особенностей производных 9-галоген-6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалинов представляет практический интерес для поиска новых эффективных лекарственных средств..

*\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).*

## Библиографический список

*Leland C Allen* Electronegativity Is the Average One-Electron Energy of the Valence-Shell Electrons in Ground-State Free Atoms // *J. Am. Chem. Soc.* 1989, 111, 9003-9014

*Пат.* 2369609 *РФ.* МПКС07D 487/04, (2006.01), А61К 31/4985,(2006.01) ,А61Р 25/00(2006.01), А61Р37/00, (2006.01) Алкилзамещенныеиндолхиноксалины / Я.Бергман, Р.Энгквист, Б. Гердин, И. Килстром, У. Бьерклунд. Патентообладатель: ОКСИФАРМА АБ (SE). Дата публикации заявки. 27.07.2008, опуб.10.10.2009 -Бюллетень № 28.

*Филимонов Д.А., Лагунин А.А., Глориозова Т.А. Рудик А.В., Дружниковский Д.С., Погодин П.В., Поройков В.В.* Предсказание спектров биологической активности органических соединений с помощью веб-ресурса PASS Online // *Химия гетероциклических соединений.* 2014. № 3. С. 483–499.

## СИНТЕЗ НОВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2(3)-АМИНО-6Н-ИНДОЛО[2,3- В]ХИНОКСАЛИНА

©2018 Д.А. Ильяшенко<sup>1</sup>, П.И. Сысоев<sup>1</sup>, И.Б. Кометиани<sup>1</sup>, Е.В. Грехнева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

[link231995@gmail.com](mailto:link231995@gmail.com)

*Рассмотрены способы синтеза новых производных 6Н-индоло[2,3-  
в]хиноксалина, получен прогноз биологической активности.*

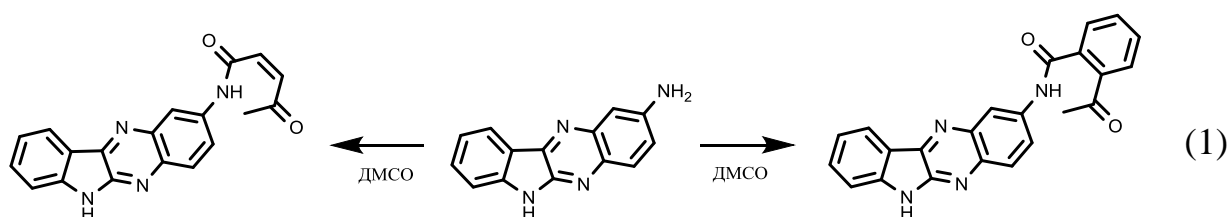
**Ключевые слова:** 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалин, биологическая активность, ацилирование.

Производные 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина активно изучаются в качестве потенциальных лекарственных средств. Благодаря способности к интеркаляции в молекуле ДНК, индолхиноксалин обладает выраженными биологически активными свойствами – противовирусной, антибактериальной и противоопухолевой активностью.

Функционализация производных индолхиноксалина может осуществляться различными способами - введением реакционной группы на стадии синтеза индолхиноксалиновой структуры, либо функционализация производится на стадии сформированной полициклической системы индолхиноксалина, например, реакцией алкилирования.

Нами исследована возможность получения новых биологически активных производных 2(3)-амино-6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина в реакции ацилирования с некоторыми ангидридами карбоновых кислот.

Ацилирование, с применением в качестве ацилирующих агентов малеинового и фталевого ангидридов проводили в среде полярного органического растворителя (ДМСО), в котором хорошо растворяются как исходный амин, так и используемые ангидриды (схема 1).

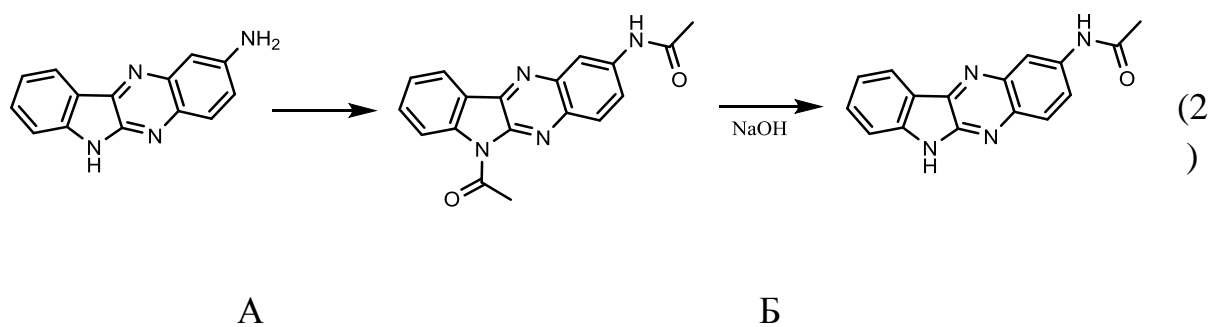




Продукты реакции выделяли из раствора разбавлением реакционной массы водой.

Ацилирование уксусным ангидридом, проводили кипячением в избытке реагента.

Установлено, что длительное нагревание в среде уксусного ангидрида приводит к тому, что ацилирование молекулы индолхиноксалина происходит не только по аминогруппе, но также и по атому азота индольного кольца. В результате происходит образование N-(6-ацетил-6H-индоло[2,3-b]хиноксалин-2-ил)ацетамида (схема 2, соединение А). Взаимодействие полученного соединения с водным раствором щелочи приводит к гидролитическому расщеплению ацильного фрагмента при индольном атоме азота и образованию N-(6H-индоло [2,3-b]хиноксалин-2-ил)ацетамида (схема 2, соединение Б).



Продукты реакции также выделяли из раствора разбавлением реакционной массы водой.

Структура полученных соединений подтверждена методами хромато-масс-спектрометрии и ИК-спектроскопии.

Прогноз биологической активности полученных соединений методом виртуального скрининга, выполненный при помощи программы PAS-

SOnline, показывает высокую вероятность наличия у полученных соединений противовирусной, противогельминтной и ноотропной активности.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**© 2018 Л.В.Атрепьева, С. А. Ефанов, М. А. Любимова,  
С. А. Ржанных, Л. Н. Замыцкая**

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*ЦЭКТУ ФТС РФ, г. Москва, Россия*

*В статье рассматриваются результаты исследований по направлениям разработки технологии получения материалов медицинского назначения на основе высокомолекулярных полисахаридов: биоцидных текстильных материалов, микрокапсулированного пробиотика Энзимспорин, лечебных глазных пленок с управляемым пролонгированным эффектом действия. Описаны технологические подходы и решения, проведена оценка качества полученных материалов.*

**Ключевые слова:** *полисахариды, антибактериальный текстильный материал, микрокапсулирование, глазные пленки.*

Природные и модифицированные полисахариды нашли широкое применение в медицине вследствие своих ценных свойств: гигроскопичности, воздухопроницаемости, неэлектризуемости, гипоаллергенности, пластичности, высокой сорбционной способности. Натуральные и искусственные целлюлозные волокна используются для изготовления перевязочных материалов, белья, спецодежды медицинского персонала. Крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, альгиновые кислоты и их производные, гиалуроновая кислота и другие представители высокомолекулярных и низкомолекулярных полисахаридов применяются при изготовлении готовых лекарственных форм, пленочных материалов, микрокапсул, загустителей, косметических препаратов.

На кафедре химии и в научно-исследовательской лаборатории органического синтеза Курского государственного университета ведутся работы по изучению возможностей создания различных медицинских материалов и готовых лекарственных форм на основе полисахаридов.

Первое направление – синтез новых красителей и разработка технологии крашения для получения целлюлозосодержащих волокнистых материалов специального назначения [Кудрявцева 2015]. В последнее время повышенное внимание уделяется чистоте и микробиологической безопасности медицинского текстиля для снижения риска возникновения и распространения внутрибольничных инфекций и особенно хирургического и инфекционного профиля. С этой целью ведется поиск высокоэффективных способов биоцидной отделки текстильных материалов для изготовления больничного белья, многоразовой спецодежды медицинского и технического персонала.

Интересным решением получения прочной биоцидной отделки является использование специальных красителей, которые, с одной стороны, способны прочно фиксироваться на волокне, а с другой, - взаимодей-

вать с ионами биоцидных металлов. В научно-исследовательской лаборатории кафедры химии был синтезирован новый азокраситель для крашения целлюлозсодержащих текстильных материалов. Отработана технология синтеза с высоким выходом целевого продукта – 96%. Изучены физико-химические и микробиологические свойства красителя. Установлено, что новый краситель прочно иммобилизуется на полисахаридном волокнистом субстрате и обладает умеренными биоцидными свойствами в борьбе с грамположительной и грамотрицательной микрофлорой. При последующей обработке окрашенных тканей разбавленными растворами солей происходит химическое связывание ионов металлов с активными центрами красителя. На основе комплекса исследований показано, что подобная модификация текстильных материалов дифференцированно усиливает биоцидную активность в зависимости от способа отделки. С солями меди материал проявляет более высокую устойчивость к кишечной палочке *Escherichia coli*, с солями серебра к грибковой инфекции, вызываемой микроскопическими дрожжеподобными грибами рода *Candida*.

Другим направлением научно-исследовательской работы является получение медицинских пленок в качестве перспективных носителей активных реагентов. В офтальмологии лекарственные пленки являются оригинальным способом решения дозирования лекарственных средств при лечении глазных заболеваний [Локтионова 2018]. Они представляют собой прозрачные пластинки, состоящие из биорастворимого и совместимого с тканями глаза полимера и лекарственного вещества. Глазные пленки обладают рядом преимуществ по отношению к другим лекарственным формам, а именно: осуществляют точное, контролируемое дозирование лекарственных средств; обеспечивают пролонгирование их действия в результате медленного, постепенного растворения пленки в слезной жидкости; уменьшают количество введенного лекарства в несколько раз; повышают

терапевтическую концентрацию лекарственных веществ в тканях глаза; сокращают курс лечения в 2-3 раза; проводят лечение в таких условиях, когда использование других лекарственных форм затруднено или невозможно.

В ходе работы были получены образцы лекарственных пленок на основе карбоксиметилцеллюлозы, содержащих офлоксацин. Установлено, что на скорость растворения пленки и высвобождения лекарственного вещества влияет соотношение кислоты и исходного полимера: чем выше концентрация кислоты, тем меньше растворяется пленка. Изучено влияние условий сушки на качество получаемых пленок. Показано, что полученные полимерные композиции целесообразно сушить при температуре не выше 40°C, при этом увеличение продолжительности сушки снижает растворимость полученных пленок. Проведенные исследования позволили определить параметры управления в получении пролонгированных глазных лекарственных средств.

Следующим направлением нашей работы является микрокапсулирование биологически активных веществ [Грехнева 2017]. В настоящее время микрокапсулирование открыло новые пути для повышения эффективности лекарственной терапии. В первую очередь, для создания препаратов направленного действия, повышения стабильности пролонгирования лечебного действия, обеспечения экранирующих и защитных эффектов и других полезных проявлений. Особый интерес приобретает микрокапсулирование микроорганизмов и живых клеточных культур, в частности, пробиотиков. Микрокапсулирование пробиотиков позволяет увеличить срок жизни микроорганизмов, защищать их от воздействий окружающей среды и агрессивного воздействия кислой среды желудка. Была изучена возможность получения микрокапсул применяемого в ветеринарии пробиотика Энзимспорин, который оказывает иммуностимулирующее дей-

ствие, повышает репродуктивность свиней, птицы и крупного рогатого скота.

Разработана методика получения микрокапсул пробиотика Энзимспорин осаждением суспензии пробиотика в растворе альгината натрия ацетоном с последующей обработкой микрокапсул раствором хлорида кальция. Отработана технология получения в лабораторных условиях по следующим параметрам: оптимальное соотношение реагентов, температурный и гидродинамический режимы, скорость подачи растворителя, условия сушки. Анализ качества полученных микрокапсул пробиотика показал, что в капсулах содержится живой пробиотик, при этом количество колониеобразующих единиц микроорганизмов в капсулах примерно в 10 раз меньше, чем в исходном пробиотике. Полученные микрокапсулы разрушаются только в щелочной среде, в кислой среде микрогранулы немного сжимаются, а в нейтральной среде изменений с формой и размером микрогранул не наблюдается.

### **Библиографический список**

*Кудрявцева Т.Н.,* Атрепьева Л.В., Гапеева В.А., Григорьян А.Ю. Синтез нового азокрасителя для крашения текстильных материалов специального назначения Сб. докл. Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Курск, Курск. Гос. Ун-т. 22-24 декабря. - 2015. - С 55-58

*Локтионова И.В.,* Грехнева Е.В., Кудрявцева Т.Н. Возможности получения антибактериальных пленок пролонгированного действия для офтальмологии на основе карбоксиметилцеллюлозы [Текст] / И. В. Локтионова, Е. В. Грехнева, Т. Н. Кудрявцева // Проблемы теоретической и экспериментальной химии : тез. докл. XXVIII Рос. молодеж. науч. конф. с междунар. уча-

стием, посвящ. 100-летию со дня рожд. проф. В. А. Кузнецова, Екатеринбург, 25–27.04. 2018 г. – Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та.- 2018.-56 с.

*Грехнева Е.В., Кудрявцева Т.Н., Климова Л.Г. Свойства фурацилина, инкапсулированного в водорастворимые полимеры. [Текст] // Е.В. Грехнева, Т.Н. Кудрявцева, Л.Г. Климова. Химические науки. – Курск, 2017.- №1 (13). - С. 2*

## **АНАЛИЗ КИТ-НАБОРОВ ПЛИС ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВУЗАХ**

**© 2018 А.А. Маслов**

*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

*В статье описываются базовые понятия для сравнения Программируемых Логических Интегральных Схем (ПЛИС), а также проводится анализ kit-наборов для возможности их интеграции в образовательные процессы студентов ВУЗа.*

**Ключевые слова:** *ПЛИС, FPGA, CPLD, образовательный процесс, начинающим.*

ПЛИС позволяет реализовать свой собственный контроллер. Если в микроконтроллере все внутренние соединения транзисторов жестко заданы производителем, то в ПЛИС все связи задаются прошивкой. Переконфигурировав внутренние блоки нужным образом, можно получить микросхему, выполняющую на аппаратном уровне нужные нам действия.

ПЛИС могут быть построены на основе разных базовых блоков, поэтому разные ПЛИС не всегда можно сравнить по «объёму». Такими блоками бывают макроячейки и логические блоки. Макроячейки (macrocells) представляет собой небольшую схему из некоторого количества вентилях. Логические блоки (logicalcells, logicalelements, LE) обычно состоят из таблицы поиска на 4 входа и триггера, но бывают и с 6 входами, для увеличения производительности.

Выделяют несколько типов ПЛИС. Наиболее актуальные из них CPLD и FPGA.

CPLD, собственно и есть ПЛИС (ComplexProgrammableLogicDevice, Программируемая Логическая Интегральная Схема). Содержат встроенную энергонезависимую память, которая хранит прошивку при отключении питания. Традиционно строятся на матрице макроячеек, но в последнее время всё популярнее становятся ПЛИС, основанные на логических блоках. Обычно имеют сравнительно небольшое число элементов (сотни или тысячи). Они дешевле, проще в применении, требуют минимальной обвязки, быстро запускаются. Могут использоваться там, где не требуется сложная логика работы, но не хватает скорости или ног у обычного микроконтроллера. Например, для обработки сигналов, таких как контроллер USB, VGA или PCI-шины.

FPGA (Field-ProgrammableGateArray, Программируемая Пользователем Вентильная Матрица, ППВМ) — дальнейшее развитие ПЛИС. Построены на логических блоках с гибкой коммутацией. Могут иметь большое число элементов (десятки и сотни тысяч). Как правило требуют внешнюю энергонезависимую память для хранения прошивки, с которой «загружается» при включении питания.



Часто содержат, помимо логики, отдельные блоки, например, для умножения. FPGA дороже, сложнее, но на их базе возможно реализовать, например, полноценный процессор или сложную обработку сигналов.

Наиболее известные производители ПЛИС — Altera и Xilinx.

У Altera наиболее интересными для образовательных процессов является линейка CPLD Max и линейка малобюджетных FPGA Cyclone.

Max выпускается в нескольких модификациях.

– 3000A, 300 нм технология, содержат от 32 до 512 макроячеек. Низкая цена для больших партий.

– Max II, 180 нм, построена на логических блоках, как FPGA, 240-2210 блоков, до 304 MHz. В TQFP с шагом 0.5 мм от 100 ножек. Есть вариант Max IIZ 2007 года с пониженным потреблением и частотами до 152 MHz.

– Max V, 180 нм, 40-2210 блоков, до 152 или 304 MHz, в зависимости от количества блоков.

Cyclone выпускаются в пяти поколениях, I – V. Первое поколение было выпущено ещё в 2002 году, по 130нм технологии. Пятое, которого достаточно для работы студентов, 28 нм технология [Alteracorporation].

Xilinx из CPLD предлагает серии XC9500XL и CoolRunner™-II.

– XC9500XL построена на макроячейках, 36-288 штук, до 178 MHz или 208 MHz (288 макроячеек). Интересна наличием легко паяемых моделей со всего 44 ножками и шагом 0.8.

– CoolRunner-II – оптимизированы для низкого потребления, сохраняя производительность и простоту использования. Рассчитаны на питание 1.8 вольт, ввод/вывод от 1.5 до 3.3 В. 180 нм технология, 32-512 макроячеек, 179-323 MHz (меньше ячеек – больше частота). Также встречаются в паяемых корпусах, как и XC9500XL.

Среди FPGA Xilinx предлагает серии Spartan-6, Artix-7, Kintex-7, Virtex-6 и 7.

– Virtex-7 –FPGA с 2 миллионами логических блоков и до 1200 пинов.

– Spartan-6 – FPGA, 3840-147443 блоков, причем блоки имеют 6 (а не 4, как обычно) входов. Может содержать встроенный контроллер DDR/2/3 памяти, PCI-express шины, гигабитногоethernet, SerialATA и пр.

Atmel предлагает серию CPLD ATF15xx, которая позиционируется как замена Xilinx'ам (ATF15xxBE) или Altera 7000 и 3000 (ATF15xxAS/ASL/ASV/ASVL).

Был проведен анализ, представленный в таблице 1 [Terasic].

Таблица1–Анализ Kit-наборов ПЛИС

Kit-набор	Количество логических элементов	Встроенная память	Число DSP-блоков	Частота обработки	Количество пользовательских выводов	Цена
Intel® Cyclone® 10 LP FPGA Evaluation Kit	24 624	594Кб	66	500 МГц	200	99,95\$
DE10-Nano Kit	110000	5 570 Кбит	112	480 МГц	145	110 \$
DE10-Standard	110 000	5 761 Кбит	336	480 МГц	150	259 \$
DE0-CV Board	49 000	3 080 Кбит	468	480 МГц	150	99 \$
DE0-Nano-SoC Kit/Atlas-SoC Kit	40000	2460 Кбит	336	400 МГц	145	90 \$
DE0-Nano Development and Education Board	22 320	594 Кбит	66	250 МГц	72	61 \$

## Библиографический список

*Altera Corporation, Cyclone V Device Handbook Volume 1: Device Interfaces and Integration, December 2017*

Terasic // URL: <https://www.terasic.com.tw/en/>

### МАТРИЦЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© С.Н. Волкова, Е.Е. Сивак, Белова Т.В.

*Курская государственная сельскохозяйственная академия, г. Курск, Россия*

*В статье получен матричным исчислением механизм совершенствования эксперимента на уровне нанотехнологий. Показаны перспективы изучения действия пучка ускоренных электронов на новые материалы, в том числе и биологические объекты исследования. Дана оценка использования матричного исчисления в качестве модели чёрного ящика, лежащего в основе системного анализа.*

**Ключевые слова:** *матрица, чёрный ящик, системный анализ, релятивистский пучок электронов, эксперимент.*

Введение. Исследования, проведенные на образцах стеклокристаллических материалов облученных релятивистским пучком электронов [Volkova 1982] с энергией 1,5 МэВ показывает возможность синтеза стекла в пучке ускоренных электронов [Adigamov 1986], [Volkova 1991]. В 80-е годы идея работы заключалась в использовании фундаментального свойства пучка ускоренных электронов аккумулировать процессы перестройки физико-химической струк-

туры вещества отходов в качестве фактора целесообразного преобразования свойств смесей отходов и минералов находящихся в дисперсном состоянии [Волкова 1994]. Впоследствии сыгравшая решающую роль в организации безотходного производства различных сфер человеческой деятельности. На современном этапе идея переросла в создание новых материалов с заранее заданными свойствами. Воспользуемся моделью черного ящика в качестве матриц преобразований. На входе зададим матрицу, характеризующую определенный объект исследования с его свойствами. На выходе – матрицу, характеризующую усовершенствованный объект с заранее заданными свойствами. Матрицы преобразований, или матрицы неизвестных, позволяют определить механизм действия в структурных изменениях на качественном и количественном уровнях.

Введём матрицу преобразований или матрицу неизвестных порядка, состоящую из четырёх элементов, отвечающих за объём выборки –  $x_{11}$ , долю признака –  $x_{12}$ , погрешности –  $x_{21}$  и надёжности вывода  $x_{22}$  по типу модели чёрного ящика в системном анализе, который предусматривает цепочку исследований: проблема, цель, функции, структура, внешние условия, влияющие чаще всего на цель в дальнейшем. Целью работы является найти значения этих неизвестных, исходя из информационных данных входящей матрицы  $A$  и выходящей матрицы  $B$ .

Материалы и методы. Входящей матрицей  $A$  является матрица с меньшей надёжностью вывода, например 95%, а выходящей  $B$ -матрица с большей надёжностью вывода, например 99%. Причём размер матрицы возможен любой. Главное, чтобы выполнялись условия о не вырожденности входящей матрицы, т.е. отличие от нуля величины её определителя. И еще одно условие, позволяющее решить методом матричного исчисления составное уравнение (1):

$$A \cdot X = B \quad (1)$$

$A$  именно условие возможности перемножения матриц, когда число столбцов матрицы  $A$  равно числу строк матрицы  $X$ . и хотя мы сказали, что размер матрицы может быть любым при выполнении двух условий, но в нашем

случае, выбор матриц неизвестных 2-го порядка ограниченными матрицами 2-го порядка, имеющих вид:

$$A = \begin{pmatrix} n_1 & P_1 \\ \varepsilon_1 & P_1 \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} \\ x_{21} & x_{22} \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} n_2 & P_2 \\ \varepsilon_2 & P_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Где  $n_1, n_2$  – объёмы выборок эксперимента ( $n_2 > n_1$ );

$p_1, p_2$  – доля признака ( $p_2 \geq p_1$ );

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – погрешность ( $\varepsilon_2 \leq \varepsilon_1$ );

$P_1, P_2$  – надёжность вывода ( $P_2 > P_1$ ).

Исследователь может с целью экономии материалов и времени на постановку эксперимента заранее рассчитать необходимый объём выборки для исследования с интересующей его точностью и надёжностью вывода.

Это особенно актуально в связи с появлением новых строительных материалов и конструкций.

Результаты. Используя матричное исчисление, получим формулы:

$$x_{11} = \frac{P_1 \cdot n_2 - p_1 \cdot \varepsilon_2}{n_1 \cdot P_1 - \varepsilon_1 \cdot p_1} \quad (3)$$

$$x_{12} = \frac{P_1 \cdot p_2 - p_1 \cdot P_2}{n_1 \cdot P_1 - \varepsilon_1 \cdot p_1} \quad (4)$$

$$x_{21} = \frac{n_1 \cdot \varepsilon_2 - n_2 \cdot \varepsilon_1}{n_1 \cdot P_1 - \varepsilon_1 \cdot p_1} \quad (5)$$

$$x_{22} = \frac{n_1 \cdot P_2 - p_2 \cdot \varepsilon_1}{n_1 \cdot P_1 - \varepsilon_1 \cdot p_1} \quad (6)$$

Например, для конкретных значений рассчитаем  $x_{11}$  с учётом доли признака и погрешности и без них.

$$n_1 = 1825; p_1 = 0,95; \varepsilon_1 = 0,01; P_1 = 0,95.$$

$$n_2 = 3162; p_2 = 0,95; \varepsilon_2 = 0,01; P_2 = 0,99.$$

$$x_{11} = \frac{30003,8905}{1733,75 - 0,00095} = \frac{3003,79 - 0,0095}{1733,7405} = 1,732606754; \frac{n_2}{n_1} = 1,73260274$$

Отличие начинается в 6 знаке после запятой. В моделировании тонких структур, каким являются матрицы, описывающие нано технологические про-

цессы, следует пользоваться с учетом доли признака и погрешности по формулам (3)-(6).

Обсуждение. Формулы (3)-(6) показывают в динамике процесс совершенствования достоверности информации при определенных условиях проведения эксперимента.

Матрицы преобразований позволяют не только выявить структурные изменения железа в стеклокристаллических материалах под действием пучка ускоренных электронов [Волкова 1990], установить оптимальную толщину поглотителя [Волкова 1989], но и в применении нанотехнологий на биологическом уровне выявить возрастные особенности исследуемых систем [Волкова 2018]. Способны дать жизнь использованию вторичных сырьевых отходов КМА [Шлеенко 2015].

Выводы. Наши исследования позволяют сделать заключение о том, что матричное исчисление в применении к наноструктурным материалам:

- обеспечивает динамику структурных изменений исследуемых объектов;
- выявляет неопределенности, вызванные вырождением входящей матрицы;
- определяет альтернативные варианты, вызванные неоднозначностью решения при вырожденной матрице;
- обрабатывает матрицы любого размера с интересующими исследователя характеристиками, с помощью автоматизации и создания гибких производственных систем. Для ускорения сходимости и избежания колебаний вокруг ложных минимумов из-за большой корреляции между параметрами следует предусмотреть фиксацию части параметров.

### **Библиографический список**

Volkova S.N. RELATIVISTIC INTERACTIONS IN ULTRA-HIGH-SPEED ELECTRON BEAMS. Russian Physics Journal. 1982. Т. 25. № 3. С. 221-223.

Adigamov B.Ya., Volkova S.N., Mandolin S.F., Miroshnichenko I.I. OPTIMIZATION OF ABSORBER THICKNESS FOR THE STUDY OF MOSSBAUER SPECTRA OF GLASS. Russian Physics Journal. 1986. T. 29. № 1. С. 15-19.

Volkova S.N., Min'ko N.I., Miroshnichenko I.I., Shalatskii S.V., Chuiko K.B. Some Features of the structural state of iron in a glass synthesized in a beam of accelerated electrons. Glass Physics Chemistry. 1991. T. 16. № 6. С. 464-470.

Волкова С.Н. Особенности структурного состояния железа в стеклокристаллических системах в зависимости от состава по данным гамма-резонансной спектроскопии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук., М., 1994.

Волкова С.Н., Минько Н.И., Мирошниченко И.И., Шалацкий С.В., Чуйко К.Б. Особенности структурного состояния железа в стекле, синтезированном в пучке ускоренных электронов. – Физика и химия стекла, 1990, № 6. – с. 852-859.

Волкова С.Н., Минько Н.И., Мирошниченко И.И., Шалацкий С.В. Изменения структурного состояния железа при термообработке стекла системы  $\text{Na}_2\text{O} - \text{FeO} (\text{Fe}_2\text{O}_3) - \text{SiO}_2$ . – Изв. вуз., Физика, 1989, № 2. – с. 127-135.

Волкова С.Н., Пашкова М. И., Сивак Е.Е., Кобченко С.Н. Информационно-энергетические матрицы. /Материалы Международной научно-практической конференции , 20-21 февраля 2018 г., Курск, «Научное обеспечение агропромышленного производства»: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2018. – с. 379-386.

Шлеенко А.В., Волкова С.Н., Пашкова М.И. Использование отходов горнодобывающего региона КМА для изготовления новых строительных материалов. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2015 № 3(16). С.111-114.

# Наноструктурированные покрытия в нефтегазовой отрасли

© Т.О. Лунева, С.Н. Беленьков

*Курский государственный университет, г.Курск, Россия*

*В данной статье рассматриваются покрытия и новые материалы, используемые в нефтегазовой отрасли. Описаны материалы и их свойства, а так же требования к покрытиям.*

**Ключевые слова:** *Хромовое покрытие, наноалмазы, покрытия с нанодобавками, нефтегазовая промышленность.*

Оборудования нефтегазовой отрасли подвергаются в процессе эксплуатации различным воздействиям. Буровые долота, трубы нефтяного сортамента, элементы оборудования (особенно глубинного) должны противостоять колоссальным нагрузкам, ведь их работе характерны сложные эксплуатационные условия, поэтому потребность нефтегазовой промышленности в прочных и долговечных материалах крайне высока.

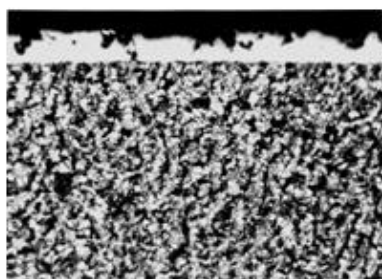
Для изготовления оборудования применяют материалы стойкие в агрессивных химических средах, а также обладающие необходимой прочностью и пластичностью в широком диапазоне температур. Например, для аппаратуры, предназначенной, для работы при высоких температурах, используют стали различных марок или сплавы металлов, обладающие достаточной механической прочностью и стабильностью структуры при высоких температурах. Наибольшее применение при изготовлении нефтегазового оборудования получили легированные стали и углеродистые стали, сравнительно реже используют цветные металлы и их сплавы. По способу обработки жидкого металла различают сталь кипящую, полуспокойную и спокойную.

С применением нанодобавок можно создавать наноструктурированные покрытия, позволяющие преодолеть барьер возможностей для существующих

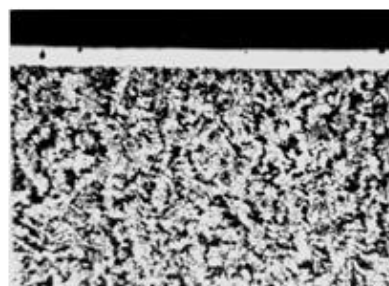


материалов. Наноструктурированные покрытия предназначенные для нефтегазовой отрасли должны обладать высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью и стабильностью при высоких температурах. В частности покрытия должны защищать от коррозии буровые платформы и металлоконструкций, а так же от износа запорной и насосно - компрессорной арматуры, бурового, нефтегазодобывающего и перерабатывающего оборудования.

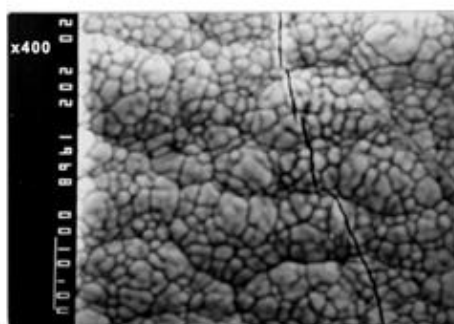
Например, современные компании направлены на расширение и модернизацию высоконадежных установок погружных электроцентробежных насосов (УЭЦН) для добычи нефти с применением деталей и узлов с наноструктурированным защитным покрытием (Рисунок 1).



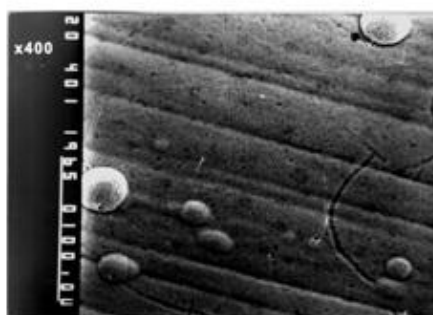
Микроструктура обычного твердого хромового покрытия на образце металла (увеличение в 200 раз)



Микроструктура nano-алмазного хромового покрытия ООО «РАМ» на образце металла (увеличение в 200 раз)



Съемка поверхности микроструктуры обычного твердого хромового покрытия (увеличение в 400 раз)



Съемка поверхности микроструктуры nano-алмазного хромового покрытия ООО «РАМ» (увеличение в 400 раз)

Рис. 1. Исследование хромового и хромового nanoалмазного покрытия

Так, например, наработка до отказа погружных электроцентробежных насосов зависит от угла искривления скважины, интенсивность искривления, наличие резких перегибов ствола, состав перекачиваемой жидкости, глубина спуска насоса, воздействие вибрации, технология изготовления и т.д.

Здесь использована технология хромирования и добавлением наноалмазов, что повышает износо-коррозийную стойкость основных частей, находящихся под нагрузкой. Наноалмазы обладают рядом важных физико-химических свойств, обладают малыми размерами (в среднем 4-5 нм), химической устойчивостью к агрессивным факторам и механической прочностью. Обладает покровом из различных функциональных групп, позволяющим химически соединить нанокристал с молекулами выбранной матрицы. На таблице 1 представлен сравнительный анализ стандартного хромового покрытия и наноалмазных хромовых покрытий

Таблица 1 – сравнение стандартного хромового покрытия и наноалмазных хромовых покрытий

Характеристика	Стандартное хромовое покрытие	Металл-алмазное хромовое покрытие
Микротвердость	В соотв.с ГОСТ	Выше в 1,5-2 раза
Износостойкость	В соотв.с ГОСТ	Выше в 2-5 раз
Коэффициент трения	В соотв.с ГОСТ	Ниже на 6-15%
Когезионная прочность	Разрушение внутри слоя покрытия при нагрузке 90,0 Н	Выше в 1,1-1,9 раза
Пластичность	Образование первой трещины при нагрузке 19,9 Н	Выше в 2-6 раз
Коррозионная стойкость	В соотв.с ГОСТ	Выше в 9 раз
Диффузия покрытия к покрытию	Примерно 1 микрометр в год	Отсутствует

Нанокompозиты, на основе карбида вольфрама с применением оксида титана, оксида алюминия, хрома и молибдена, по сравнению с обычными композитами обладают улучшенными свойствами (устойчивость на разрыв, жаропрочность и пожаробезопасность, влаго- и газонепроницаемость) . Для нанесения покрытий используется технология газоплазменного напыления на узлы, подвергающиеся наибольшей нагрузке. Процесс нанесения покрытия управляем, размер зерен в структуре напылённых покрытий лежит в диапазоне 5 – 100 нм. Применение нанотехнологий в рамках данного проекта позволяет, в первую очередь, снизить коэффициент трения радиальных подшипников в 1,4 – 1,7 раз, а также увеличить износостойкость радиальных подшипников в 1,5 – 2 раза, повысить коррозионную и гидроабразивную стойкость различных деталей насосной установки, снизить энергопотребление и размеры установок.

Тяжелые геологические и климатические условия разработки нефтяных и газовых месторождений, требуют новых технологических решений. Таковыми могут стать защитные покрытия с нанодобавками, их использование открывает новые возможности для добычи, транспортировки сырья, а также бурении самих скважин. Наноструктурированные покрытия помогут увеличить износостойкость, коррозионную стойкость и другие свойства конструкционных материалов, что повысит надёжность оборудования.

### **Библиографический список**

*А.А. Коршак*, Нефтегазопромысловое дело – введение в специальность. «Феникс» 2015, 178 с.

*И. Н. Евдокимов, Н. Ю. Елисеев, А. П. Лосев, М. А. Новиков*, Перспективные нефтегазовые нанотехнологии для разработки месторождений

Наноалмазное хромирование [электронный ресурс] -

URL: <http://91.206.121.217/TrApi/Upload/99f4b12d-07c3-4773-a082-ce6944c216b9/Наноалмазный%20хром%20ООО%20РАМ%202>.

## ПОРИСТОСТЬ МЕДНОГО ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ С НАНОАЛМАЗАМИ

© 2018 В.О. Петрова, Е.В. Соловьева, П.А. Белов,

А.А. Чирва, Е.Ю. Хорунжая

*Курский государственный университет, г.Курск, Россия*

*В данной статье рассматривается влияние наноалмазов на пористость медных гальванических покрытий. Представлены результаты испытания медных гальванических покрытий на пористость.*

**Ключевые слова:** *пористость, покрытие, наноалмазы.*

Развитие перспективных инновационных технологий невозможно без создания материалов нового поколения. Многолетняя отечественная и зарубежная практика показывает, что основная часть высокотехнологичных разработок в ведущих отраслях промышленности и секторах экономики базируется на внедрении новых материалов и технологий их производства. Одной из таких технологий является технология получения медных композиционных электрохимических покрытий и их применения в качестве проводящих покрытий изделий радиоэлектронной аппаратуры.

По сравнению с осаждением обычных медных электрохимических покрытий, осаждение композиционных покрытий, сочетающих медную матрицу с

твердыми частицами дисперсной фазы, является одним из путей повышения коррозионной и износостойкости электролитических покрытий.

Коррозионная стойкость покрытия, а следовательно, и возможность его применения зависит от его пористости. В связи с этим при оценке защитных свойств покрытий определение их пористости имеет большое значение.

Для исследования влияния на пористость покрытия ультрадисперсных нанодиазмов в процессе осаждения гальванических покрытий были проведены экспериментальные исследования на стандартном сульфатном электролите и таком же электролите, но с добавлением ультрадисперсных нанодиазмов.

Пористость покрытия определялась методом наложения фильтровальной бумаги [Гамбург, Ю.Д.;ГОСТ 9.302-88]. В результате исследований получены следующие данные, представленные на рисунках 1 и 2.

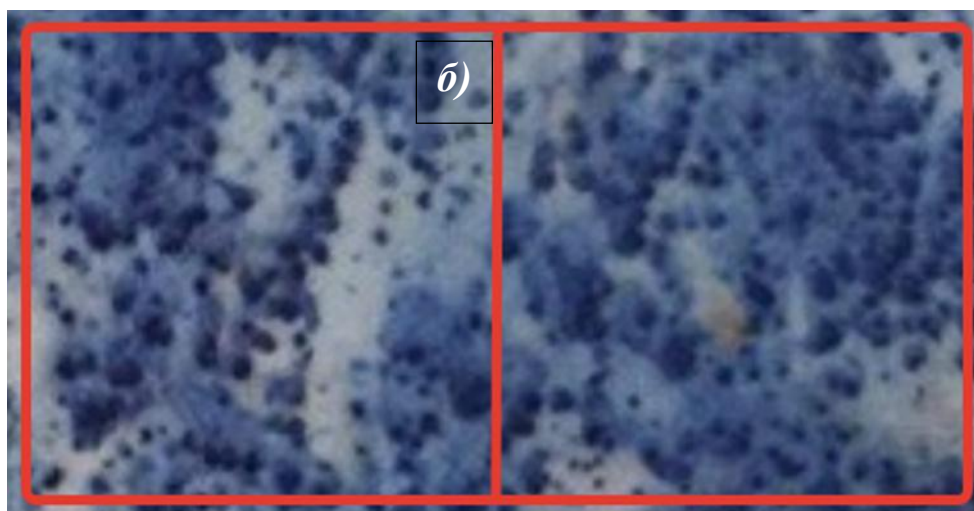


Рис. 1. Отпечатки пор на фильтровальной бумаге после испытания обычного медного гальванического покрытия

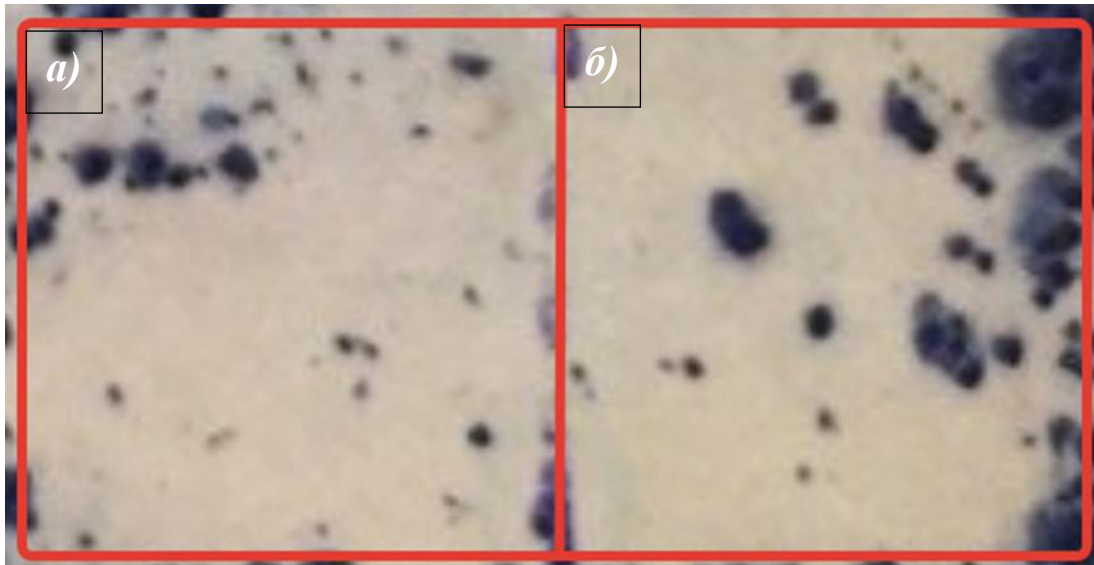


Рис. 2. Отпечатки пор на фильтровальной бумаге после испытания медного гальванического покрытия с добавлением УДА

Для подсчета пор на поверхности покрытия были выделены участки с площадью  $S_{\text{общ}} = 2 \text{ см}^2$ , на которых были высчитаны поры: рисунок 1 а – количество пор  $N=92$ , рисунок 1 б – количество пор  $N=94$ ; рисунок 2 а – количество пор  $N=20$ , рисунок 2 б – количество пор  $N=21$ .

Вычисление среднего число пор  $N_{\text{ср}}$  производилось по формуле:

$$N_{\text{ср}} = \frac{N_{\text{общ}}}{S}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{общ}}$  – общее число пор на контролируемой поверхности;

$S$  – площадь контролируемой поверхности,  $\text{см}^2$ .

Соответственно для рисунка 1  $N_{\text{ср}}=93$ , а для рисунка 2  $N_{\text{ср}}=21$ . Из приведенных расчетов следует, что при добавлении УДА в электролит количество пор уменьшается, а следовательно, коррозионная стойкость покрытия увеличивается.

## Библиографический список

*Гамбург, Ю.Д.* Гальванические покрытия. Справочник по применению.  
Москва: Техносфера, 2006, 216 с

*ГОСТ 9.302-88* Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС).  
Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля  
(с Поправкой)

# НАНОТЕХНОЛОГИИ: ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ИННОВАЦИИ

Сборник докладов  
участников IX Всероссийской  
научно-практической конференции

г. Курск, 11–12 октября 2018 года

Редактор П.А. Белов

Курский государственный университет  
305000, г. Курск, ул. Радищева, 33