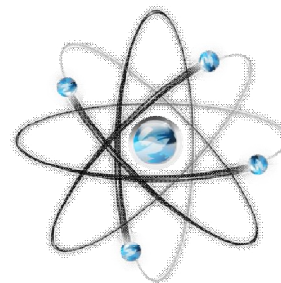


**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ  
ISSN 2303-9868**

Периодический теоретический и научно-практический журнал.  
Выходит 12 раз в год.  
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.  
Главный редактор: Миллер А.В.  
Адрес редакции: 620036, г. Екатеринбург, ул. Лиственная, д. 58.  
Электронная почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)  
Сайт: [www.research-journal.org](http://www.research-journal.org)



**Meždunarodnyj  
naučno-issledovatel'skij  
žurnal**

**№12 (19) 2013  
Часть 1**

Подписано в печать 16.01.2014.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 12023.  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО «Импекс».  
620075, Екатеринбург, ул. Толмачева, д. 16, офис 12.

Сборник по результатам XXII заочной научной конференции Research Journal of International Studies.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Полное или частичное воспроизведение или размножение, каким бы то ни было способом материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения авторов.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 51217.**

**Члены редколлегии:**

**Филологические науки:** Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

**Технические науки:** Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

**Педагогические науки:** Лежнева Н.В. д-р пед. наук, Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук.

**Психологические науки:** Мазилев В.А. д-р психол. наук, Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук.

**Физико-математические науки:** Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свистунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

**Географические науки:** Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

**Биологические науки:** Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

**Архитектура:** Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

**Ветеринарные науки:** Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

**Медицинские науки:** Медведев И.Н., д-р мед. наук, д.биол.н., проф., Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

**Исторические науки:** Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.исп.наук, к.экон.н.

**Культурология:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Искусствоведение:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Философские науки:** Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

**Юридические науки:** Грудцына Л.Ю., д-р юрид. наук, проф., Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Камышанский В.П., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

**Сельскохозяйственные науки:** Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

**Социологические науки:** Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

**Химические науки:** Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук.

**Науки о Земле:** Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

**Экономические науки:** Бурда А.Г., д-р экон. наук, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

**Политические науки:** Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

**Фармацевтические науки:** Тринеева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

**Екатеринбург - 2013**



## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS .....</b>	<b>5</b>
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....	5
МОДЕЛЬ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТЕНКИ КОРПУСА РЕАКТОРА ВВЭР .....	6
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЭНЕРГОАНАЛИЗАТОРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.....	13
IMBALANCE OF ELECTRON-BEAM ENERGY IN INDUCTION CYCLIC ACCELERATOR .....	17
СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИК ДАТЧИКА ПОД УПРАВЛЕНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA16 .....	19
<b>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY .....</b>	<b>21</b>
THE SYNTHESIS OF THE NEW LIGAND WITH PEPTIDE GROUPS AND COMPLEXES LN(III) WITH IT .....	21
<b>БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY .....</b>	<b>22</b>
ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ БЕЛГОРОДСКИХ ВУЗОВ.....	22
РОЛЬ РЕАКЦИЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ В ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ .....	23
МИТОХОНДРИАЛЬНЫЕ ГАПЛОГРУППЫ И ДОКЛИНИЧЕСКИЙ АТЕРОСКЛЕРОЗ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ СЕКВЕНИРОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ROSHE 454.....	28
ПРОБЛЕМА АДАПТАЦИИ В ФИЗИОЛОГИИ СПОРТА .....	31
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ АДАПТАЦИИ .....	32
РОЛЬ СЕМЕННОГО ОБМЕНА В ПОПОЛНЕНИИ РАЗНООБРАЗИЯ ИНТРОДУЦЕНТОВ В КОЛЛЕКЦИОННОМ ФОНДЕ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА. ....	33
ВЛИЯНИЕ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ НА СИСТЕМУ ГЕМОСТАЗА .....	35
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING SCIENCE.....</b>	<b>37</b>
ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ ДАННЫХ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОШИБКУ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.....	37
МУЛЬТИАГЕНТНОСТЬ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА .....	40
ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИЛИАЛА В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ КАЧЕСТВЕННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ.....	43
КРАТКИЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МИКРОСВАРКИ И МИКРОПАЙКИ.....	45
ЙОГУРТНЫЙ НАПИТОК С ЭКСТРАКТОМ СКОРЦОНЕРЫ.....	48
КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКСТРАКТА ЛЮПИНА АННОТАЦИЯ .....	49
ОНТОЛОГИЯ НАНОИНЖЕНЕРИИ.....	50
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО МОЛОЧНО-СЫВОРОТОЧНОГО НАПИТКА С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ .....	67
МИКРОПЛАЗМЕННОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЦИРКОНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНВЕРТОРНОГО СРЕДНЕЧАСТОТНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ.....	70
PLASMA SPRAYING OF PROTECTIVE COATINGS FROM FERROMAGNETIC SHS-MATERIALS .....	74
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНЫХ ПРОФИЛЕЙ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ .....	77
ЭКСТРАОРДИНАРНЫЕ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЯЭУ И ЭНЕРГО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ АТТЕНЮАЦИИ .....	79
ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСК НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СПОСОБЫ ЕЁ УЛУЧШЕНИЯ.....	81
УПРУГИЕ И ПЛАСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОСЛЕ СВОБОДНОЙ ОСАДКИ.....	83
ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДИСТОГО ВОЛОКНА С ТЕРМОПЛАСТИЧНОЙ МАТРИЦЕЙ .....	86
ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЛЁГКИХ БЕТОНОВ. АНАЛИЗ МИРОВЫХ ДОСТИЖЕНИЙ.....	87
ОБРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ .....	94
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ДИСТРИБУТИВОВ LINUX .....	95
СИСТЕМА ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ БИОРЕАКТОРА ОТ БИОЛОГИЧЕСКОГО АЭРОЗОЛЯ.....	98
АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕПЛОВОЙ ГЕЛИОУСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННО-КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА.....	99

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ОБЪЕКТНОЙ МОДЕЛИ.....	102
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СМАЗКИ И СОСТАВА МОДИФИЦИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ДИЗЕЛЯ .....	103
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СБИВНОГО ХЛЕБА ИЗ МУКИ ЦЕЛЬНОСМОЛОТОГО НУТА .....	105
СПОСОБ ЗАЩИТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ОТ НЕСОСТОЯВШИХСЯ ПУСКОВ.....	106
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА.....	107
ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ИЗНОСА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	108
ОТКРЫТАЯ АРХИТЕКТУРА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ .....	110
СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СМЕШАННЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ .....	111
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ЩЕЛОЧНОГО КОМПЛЕКСНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ДЛЯ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ДИОКСИДА СВИНЦА .....	114
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ПОСЛЕДНИЕ РАЗРАБОТКИ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ.....	117
ПРИМЕНЕНИЕ ИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ.....	118
БЕСПРОВОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ.....	120
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГЕОИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ .....	121
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТ НА ПЛИС ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ФУРЬЕ- РАДИОСПЕКТРОМЕТРА ЯКР .....	124
ТЕХНОЛОГИЯ RS-485 В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДОМОВ.....	127
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ МАЯТНИКОВОМ ШЛИФОВАНИИ ПЕРИФЕРИЕЙ АБРАЗИВНОГО КРУГА.....	128
АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ .....	134
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАЛЫХ МЕТАЛЛОВ АЗЕРБАЙДЖАНА.....	135



Абачараев М.М., Абачараев И.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Доктор технических наук, профессор. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики им.Х.И.Амирханова Дагестанского научного центра Российской Академии наук, заведующий отделом физико-технических проблем машиноведения.

<sup>2</sup> Доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник того же отдела.

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Аннотация**

В статье приводятся основные результаты исследований авторов по нанесению на детали судовых вспомогательных дизелей износостойких и кавитационностойких плазменных покрытий собственных разработок. Даны также обоснование и практические разработки по нанесению противообрастающих плазменных покрытий на погруженные части судов. Показано, что практическое применение таких покрытий позволяет в 2-3 раза снизить докование судов для очистки от продуктов коррозии и обрастания. Это резко увеличивает экономическую эффективность судозэксплуатации.

**Ключевые слова:** коррозия, кавитационная эрозия, защитные покрытия, плазменное покрытие, износостойкость, обрастание.

Abacharaev M.M.<sup>1</sup>, Abacharaev I.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doctor of technical Sciences, Professor. P.P.Shirshov Institute of physics im.X.I. Amirkhanova of the Daghestan scientific centre of the Russian Academy of Sciences, head of the Department of physical and technical problems of mechanical engineering.

<sup>2</sup> Doctor of technical Sciences, Professor, leading researcher in the same Department.

# DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF PLASMA SPRAYING OF PROTECTIVE COATINGS, MULTIPURPOSE

**Abstract**

The article presents the main results of researches concerning application of parts of ship's auxiliary engines abrasion persistent and cavitation-resistant plasma coatings own developments. The article also describes the rationale and practical developments for deposition of anti-fouling plasma coatings on the deepest parts of the courts. It is shown that the application of such coatings allows 2-3 times reduce the docking of vessels for purification of products of corrosion and fouling. This dramatically increases the economic efficiency of shipbuilding operation.

**Keywords:** corrosion, cavitation erosion, protective coatings, details of machines and mechanisms, plasma coating, endurance, fouling.

Широкое промышленное применение имеют технологии изготовления высоконагруженных деталей машин и механизмов из специальных легированных сталей, которые в 2-3 раза дороже распространенных углеродистых сталей.

Опыт показывает, что ценные свойства легированных сталей используются по назначению в деталях, подверженных коррозии, кавитации, износу, лишь в поверхностных слоях, составляющих 5-10% от объема объекта.

Поэтому исследователи считают экономически целесообразным заложить требуемые эксплуатационные свойства деталей в их поверхностных рабочих зонах, а остальной объем объекта создать на основе дешевой углеродистой стали. Для решения этих задач широко используются технологии получения защитных покрытий методами химико-термической обработки, нанесением гальванических, газотермических, плазменных, детонационных и др. покрытий.

Нами проведенные подробные исследования по нанесению плазменных покрытий многофункционального назначения, основные результаты которых излагаются в данной статье.

Проведены обширные лабораторные и натурные исследования по восстановлению шеек коленчатых валов быстроходных судовых дизелей 4Ч8,5/11 и 4Ч9,5/11 нанесением износостойких плазменных покрытий системы Ti-Ni-Al. Металлографические исследования показали, что в структуре этих покрытий преобладают деформационно упрочняющиеся интерметаллиды NiTi, Ni<sub>2</sub>Ti, TiAl, обладающие высокой износостойкостью. Лабораторными испытаниями на износ при сухом трении скольжения опытных образцов с плазменным покрытием состава 25% Ni+10%Al+65%Ti (процент по массе) толщиной 1,3...1,5мм и стендовыми испытаниями на дизелях установлено, что нанесением таких покрытий на шейки коленчатых валов рассматриваемых дизелей можно увеличить вдвое срок их безремонтной эксплуатации. Это резко снизит ремонтные расходы и объем запасных деталей, что дает высокий экономический эффект.

Нами разработаны технологии подготовки коленчатых валов к напылению с оптимальным составом покрытия и режимами технологии его создания, которые переданы заводу изготовителю (ОАО «Завод Дагдизель») для внедрения.

Были продолжены исследования по разработке кавитационностойких плазменных покрытий системы Ti-Al для гребных винтов скоростных судов с целью защиты их от кавитационной эрозии.

Ранее установлено [1,2], что созданием на поверхности деталей судовых дизелей, гидроагрегатов, подверженных кавитационной эрозии, покрытий с положительным электрохимическим потенциалом, высокой склонностью к деформационному упрочнению, можно значительно увеличить их кавитационную стойкость. Этим требованием вполне отвечают покрытия системы Ti-Al оптимального состава.

Были исследованы на кавитационную стойкость образцы с покрытием этой системы (табл.1), которые показали, что покрытия состава 65%Ti+35%Al соответствуют по кавитационной стойкости нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Таблица 1- Кавитационная стойкости плазменных покрытий системы Ti-Al

№	Состав покрытия, % по массе	Толщина слоя, мм	Потери массы за 2ч. испытания* <sup>1</sup> )
1	Сталь 40Л		56,6
2	Сталь 12Х18Н10Т		18,3
3	80Ti+20Al	0,8-1,0	42,2
4	70Ti+30Al	0,8-1,0	38,6
5	65Ti+35Al	0,8-1,0	18,1
6	60Ti+40Al	0,8-1,0	34,3

Полученные результаты испытаний позволяют предложить замену дорогостоящей нержавеющей стали для отливки судовых гребных винтов на дешевую углеродистую сталь 40Л с последующим нанесением на поверхность гребных винтов кавитационно стойкого плазменного покрытия системы Ti-Al. Эксплационные испытания скоростных судов системы «Экраноплан» в Каспийском море подтвердили наши выводы.

<sup>1</sup> \*) Кавитационные испытания проводили на магнитоэрозионной установке, по методике, изложенной в источнике [1].

Широкие возможности нанесения плазменных покрытий многоцелевого назначения использованы нами и для решения весьма актуальной проблемы судовладельцев – борьбы с обрастанием погруженных частей судов.

Эта проблема очень актуальна не только для судов обычного класса, но и для судов на подводных крыльях, обрастание крыльев и крыльевого аппарата которых наносит судовладельцам весьма ощутимые потери. Например, после 10-15 суток простоя в Черном море крыльевой аппарат СПК настолько сильно обрастает, что суда полностью теряют ходовые качества и их приходится доковать для очистки от обрастателей /3/.

Нами проведены обширные исследования по созданию плазменных покрытий с противообрастающими свойствами. При выборе составов противообрастающих покрытий изучена возможность решения этой задачи введением в состав среды бактерицидных элементов Cu, Be, Sb, Cd.

Для установления электрохимической природы исследованных систем покрытий проведено коррозионное испытание опытных образцов в растворе 3%NaCl в воде (табл.2).

Результаты измерений свидетельствуют, что покрытия имеют меньший электродный потенциал в морской воде по сравнению с подложкой (АМг61).

Это практически важный момент, так как плазменные покрытия пористые, доступные для растворителя (морской воды) и играя роль анода, они защищают от коррозии катодную подложку (облицовку крыльев и крыльевого аппарата СПК), т.е. являются протектором по отношению к подложке.

Таблица 2 - Значение электродных потенциалов плазменных покрытий в 3% растворе NaCl в воде

№	Система покрытия	Электродный потенциал (МВ) за время испытаний, час			
		2	4	8	24
1	Cu-Be	700	730	740	730
2	Cu-Be-Sb	760	760	765	770
3	PX80H20	500	670	670	740
4	АМг61	700	740	790	920

Ускоренные лабораторные испытания газотермических покрытий на противообрастающую способность проводили глинистым методом, основанном на определении скорости выщелачивания меди при погружении опытных пластин (50x100), напыленных со всех сторон, в глинистый раствор. Пластины выдерживали 72ч. (что соответствует году натуральных испытаний /4/) в емкости 250мл с этим раствором. По калометрическому анализу определяли количество выщелоченной меди, что позволило рассчитать скорость выщелачивания (табл.3).

Таблица 3- Противообрастающая способность исследованных покрытий

№	Состав покрытия, % по массе	Толщина слоя, мм	Скорость выщелачивания мкг/(см <sup>2</sup> сут.)
1	80Cr-Ni+20Cu	0,6	14,34
2	75Cr-Ni+15Cu+10Sb	0,6	12,8
3	20Cu+80NiTi	0,8	18,15
4	30Cu+70NiTi	0,8	22,80
5	70NiTi+18Cu+6Be+6Cd	0,8	25,25
6	75NiTi+22Cu+3Cd	0,8	18,37

Для определения противообрастающей способности изученных плазменных покрытий в натуральных условиях были проведены дополнительные стендовые испытания напыленных пластин (200x350) толщиной 2,0мм из стали 08кп при погружении их в Каспийское море в течение 45 суток.

Как показали испытания весьма стойкими против обрастания являются нитиноловые покрытия с добавками 18%Cu, 6%Cd и 6%Be, пластины которых имели всего 2-3% площади обрастания. Эти покрытия можно предложить в качестве эффективного средства для защиты корпусов плавсредств от обрастания.

#### Литература

1. Абачараев М.М. Кавитация и защита металлов от кавитационных разрушений. - Махачкала: Дагкнигоиздат, 1990. - 196с.
2. Ворошнин Л.Г., Абачараев М.М., Хусид Б.М. Кавитационностойкие диффузионные покрытия на железо-углеродистых сплавах. - Минск: Наука и техника, 1986. - 248с.
3. Лебедев Е.М. Биологические повреждения материалов в водных средах. В сб. Проблемы биологических повреждений и обрастания материалов изделий, сооружений. - Москва: Наука, 1977. - с.120-123.
4. Абачараев М.М., Абачараев И.М. Комплексный подход к повышению пропульсивных качеств судов. Морской вестник, 2005, -№1/3, с.8-9.

**Брумовский М.<sup>1</sup>, Голованов В.Н.<sup>2</sup>, Ждярек И.<sup>1</sup>, Козлов Д.В.<sup>2</sup>, Раецкий В.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Профессор института ядерных исследований (Чехия), <sup>2</sup>профессор, доктор физико –математических наук, Ульяновский государственный университет, <sup>1</sup>заместитель директора института ядерных исследований (Чехия), <sup>2</sup>начальник лаборатории, кандидат физико-математических наук, <sup>2</sup>ведущий научный сотрудник, кандидат физико-математических наук.

#### **МОДЕЛЬ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТЕНКИ КОРПУСА РЕАКТОРА ВВЭР**

#### **Аннотация**

В статье представлены результаты исследований по разработке модели ослабления радиационного охрупчивания материала стенки корпуса реактора ВВЭР-1000. Модельные исследования проведены с учётом реальных условий на корпусе реактора. Полученные результаты показывают важность учета состояния металла, ослабления потока и изменения энергетического спектра реакторных излучений на толщине корпуса реактора при проведении (аттестационных) экспериментов в разных облучательных устройствах и уточнении времени эксплуатации корпусов реакторов ВВЭР.

**Ключевые слова:** корпус, реактор, сталь, радиационное охрупчивание.

**Brumovsky M.<sup>1</sup>, Golovanov V.N.<sup>2</sup>, Jdyrek I.<sup>1</sup>, Kozlov D.V.<sup>2</sup>, Raetsky V.M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Professor institute of nuclear researches (NRI Rez Plc.,Czech Republic), <sup>2</sup> Professor, the Doctor of the Physics – Mathematics, the Ulyanovsk state university, <sup>1</sup>deputy director of institute of nuclear researches (NRI Rez Plc.,Czech Republic), <sup>2</sup>the head of laboratories, Ph.D, <sup>2</sup>leader the research associate, Ph.D.

#### **MODEL of RADIATION DAMAGE of the PRESSURE VESSEL WALL of the VVER REACTOR.**

#### **Abstract**

The summary results of researches on development of model of **ATENUATION** of radiation embrittlement of a material of a wall of the case of the VVER-1000 reactor are presented In article. Model researches are conducted taking into account real conditions on the reactor case. The received results show importance of the accounting of a condition of metal, weakening of a stream and change of a

power range of reactor radiations on thickness of the case of the reactor when carrying out (certification) experiments in different irradiating devices and specification of time of operation of cases of VVER reactors.

**Keywords:** VESSEL, reactor, steel, radiation embrittlement.

На базе разработок [1-3] в рамках проекта «Ослабление радиационного повреждения в корпусах реакторов типа ВВЭР» («Attenuation»), предложенного NRI, Rez, Czech Republic, изучено ослабление радиационного охрупчивания малолегированных феррито-перлитных корпусных сталей в результате ослабления потока и изменения энергетического спектра реакторных излучений на толщине металла 180-190 мм, соответствующей толщине стенки корпуса реактора [4]. Технология формирования условий облучения на блоке образцов моделировала технологию формирования условий облучения корпуса ВВЭР, а также изменение плотности потока и энергетического спектра реакторных излучений на толщине блока образцов равной толщине корпуса реактора.

Целью данной работы является представление предварительных результатов по ослаблению радиационного охрупчивания металла JRQ на толщине, равной толщине корпуса реактора типа ВВЭР-1000.

**Статья посвящается памяти замечательного физика и математика Виталия Михайловича Раецкого.**

**1. Металл.** Сталь JRQ (аналог американской корпусной стали A-533B) была выбрана для исследования радиационного охрупчивания как материал, исследованный в рамках IAEA Coordinated Research Program, Phase III [5,6], CRP-3. В базе данных положение образцов было характеризовано расстоянием от «ближайшей» первоначальной поверхности, которое было названо «глубина» [6].

**Первый массив образцов (J-массив)** состоял из 13 малых серий образцов (9 образцов в серии), вырезанных из 13-ти слоев, располагавшихся на разном расстоянии от «ближайшей» первоначальной поверхности (с разной глубины). При облучении слоев образцов в ампуле сохранено относительное положение слоев в пластине.

**Второй массив образцов (R-массив)** состоял из 12-ти малых серий образцов (8-9 образцов в серии), вырезанных из одного – трех внутренних слоев пластины. Образцы типа R были установлены между слоями других образцов с целью представительного сравнения условий облучения по эталонному металлу. Другой целью было определение эффектов интенсивности и энергетического спектра реакторных излучений на «однородном», хорошо изученном, реагирующем на изменения условий облучения металле.

<sup>1</sup> UJV REZ, Czech Republic; <sup>2</sup>ФГБОУ УлГУ, Россия

## **2. Методика испытаний на ударный изгиб**

Ударные испытания проводились на установке RKP-450, оснащенной системой автоматического термостатирования и подачи образца. Испытания всех образцов проводились в режиме «инструментованное испытание» с записью диаграмм нагрузки и перемещения по времени. Температурная зависимость поглощенной энергии KV(T) аппроксимировалась для каждого слоя функцией вида [7]:

$$KV(T) = A + B \cdot \left( \frac{T - T_0}{C} \right), \quad (2.1.)$$

где: T – температура испытания; T<sub>0</sub> – температура середины области перехода металла из хрупкого в вязкое состояние; параметры характеризуют C – ширину переходной области, A и B – поглощенную энергию на уровне нижнего и верхнего шельфа. Процедура подбора значений A, B, T<sub>0</sub>, C по экспериментальным значениям поглощенной энергии определена нормативными требованиями. Критическая температура хрупкости определялась из соотношения

$$T_{KF} = T_0 + C \cdot \arctanh((KV(T_{KF}) - A)/B). \quad (2.2.)$$

по критериальным значениям KV(T<sub>KF</sub>)=40 Дж (KCV(T<sub>KF</sub>)=50 Дж/см<sup>2</sup>), соответствующим пределу текучести 460 – 549 МПа.

## **3. Характеристики условий облучения образцов [4].**

Среднее значение температуры облучения блока образцов равно 285<sup>0</sup>С. Среднее значения температуры слоев образцов находятся в интервале 280<T<290<sup>0</sup>С. Значения флюенса нейтронов с энергией E≥0,5 МэВ на толщине блока образцов изменялись от (6,7-7,7)·10<sup>19</sup>см<sup>-2</sup> на первых слоях до (0,47-0,54) 10<sup>19</sup>см<sup>-2</sup> на 18-х слоях образцов. Значения получены по результатам измерения флюенса нейтронов (E>3,0 МэВ) в измерительных каналах ампул и ранее установленной зависимости плотности потока нейтронов от глубины слоя образцов.

## **4. Характеристики стали JRQ в исходном состоянии**

Результаты по поглощенной энергии для 13-ти слоев [11] интерполированы по соотношению (2.1.) для определения параметров A, B, T<sub>0</sub>, C. Изменение параметра T<sub>0</sub> в 6-7 раз превышает стандартное отклонение, параметров A, B, C, - не превышает двух стандартных отклонений. Изменение критической температуры хрупкости TTKV<sub>40J</sub> и TTKV<sub>68J</sub>, поглощенной энергии на верхнем KV<sub>вш</sub>=A+B и нижнем KV<sub>нш</sub> шельфе, представлено на рис.4.1. Точки, отклонение которых от линии превышает одно-два стандартных отклонения, выделены большим размером.

Значения TTKV<sub>40J</sub> для внутренней трети толщины плиты не отличаются от значений работ [12,13] и [14] (рис. 4.1.). Распределение TTKV<sub>40J</sub>, TTKV<sub>68J</sub> и параметра T<sub>0</sub> описывается соотношением вида

$$TTKV_{40J} = TTKV^* + a_1 \cdot (x - x^*)^n \quad (4.1.),$$

где TTKV\* - значение критической температуры хрупкости на глубине x\*, a<sub>1</sub> и n – эмпирические коэффициенты., n=2. Рассеяние значений ±13<sup>0</sup>С больше, чем рассеяние значений из базы данных [5,6]. Выбросов нет. Возможно, в центральных слоях плиты значения TTKV постоянны и равны -21<sup>0</sup>С. Распределение TTKV<sub>68J</sub> в среднем смещено на 17,3±2,5<sup>0</sup>С относительно распределения TTKV<sub>40J</sub>. Для внутренней трети толщины плиты значения TTKV<sub>68J</sub> не отличаются от значения работы [8].

Распределение TTKV подобно распределению температуры по толщине пластины при охлаждении ее в жидкости. Распределение температуры оценено по режиму термообработки, приведенному в работе [8], с использованием результатов работ [9,10].

Режимы охлаждения поверхности и центра плиты различаются:

- временем прохождения области превращения  $\gamma \leftrightarrow \alpha$ ; время остывания от 723 до 300<sup>0</sup>С практически одинаково;
- напряженным состоянием: поверхностный слой растянут, центральный сжат.

От поверхностного к центральному слою металла плиты увеличивается время прохождения области превращения  $\gamma \leftrightarrow \alpha$ , изменяется напряженное состояние. Упругие напряжения распределены по соотношению, подобному соотношению (4.1.) при n=2 [9,10]. Внутренние области плиты -h/√3<x<h/√3 сжаты (толщина плиты 2h), а внешние растянуты. Оба фактора определяют изменение структурного состояния металла в слоях в процессе закалки, отпуска и отжига.

Одной из характеристик результатов испытания является рассеяние значений поглощенной энергии относительно нормативной линии интерполирования. При повышении температуры испытания отклонение (KV<sub>э</sub> – KV<sub>и</sub>) Дж и (KV<sub>э</sub> – KV<sub>и</sub>)/KV<sub>и</sub>, отн. ед., экспериментальных значений KV<sub>э</sub> от интерполированных KV<sub>и</sub> достигает максимума при T=T<sub>0</sub> (рис. 4.2.). Изменение рассеяния является следствием перехода разрушения от хрупкого к вязкому.

Большая часть отклонений попадает в область погрешности определения поглощенной энергии ±5 Дж и температуры испытания ±5<sup>0</sup>С. В области верхнего шельфа отклонения находятся в интервале от -10 до 10 Дж, ±5%, что соответствует рекомендациям ASTM.

Экспериментальные значения энергии разрушения 208 образцов Шарпи из 13-ти слоев пластины металла JRQ в исходном состоянии были интерполированы соотношением, подобным соотношению (2.1.)

$$TTKV(T, x) = A(x) + B(x) \cdot \tanh((T - T_0(x))/C(x)), \quad (4.2.)$$

где  $x$  – глубина слоя (надреза),  $A(x) = A + a \cdot (x - x_0)^2$ ,  $B(x) = B + b \cdot (x - x_0)^2$ ,  $T_0(x) = T_0 + t \cdot (x - x_0)^2$ ,  $C(x) = C + c \cdot (x - x_0)^2$ . Важна точность указания расстояния от поверхности плиты.

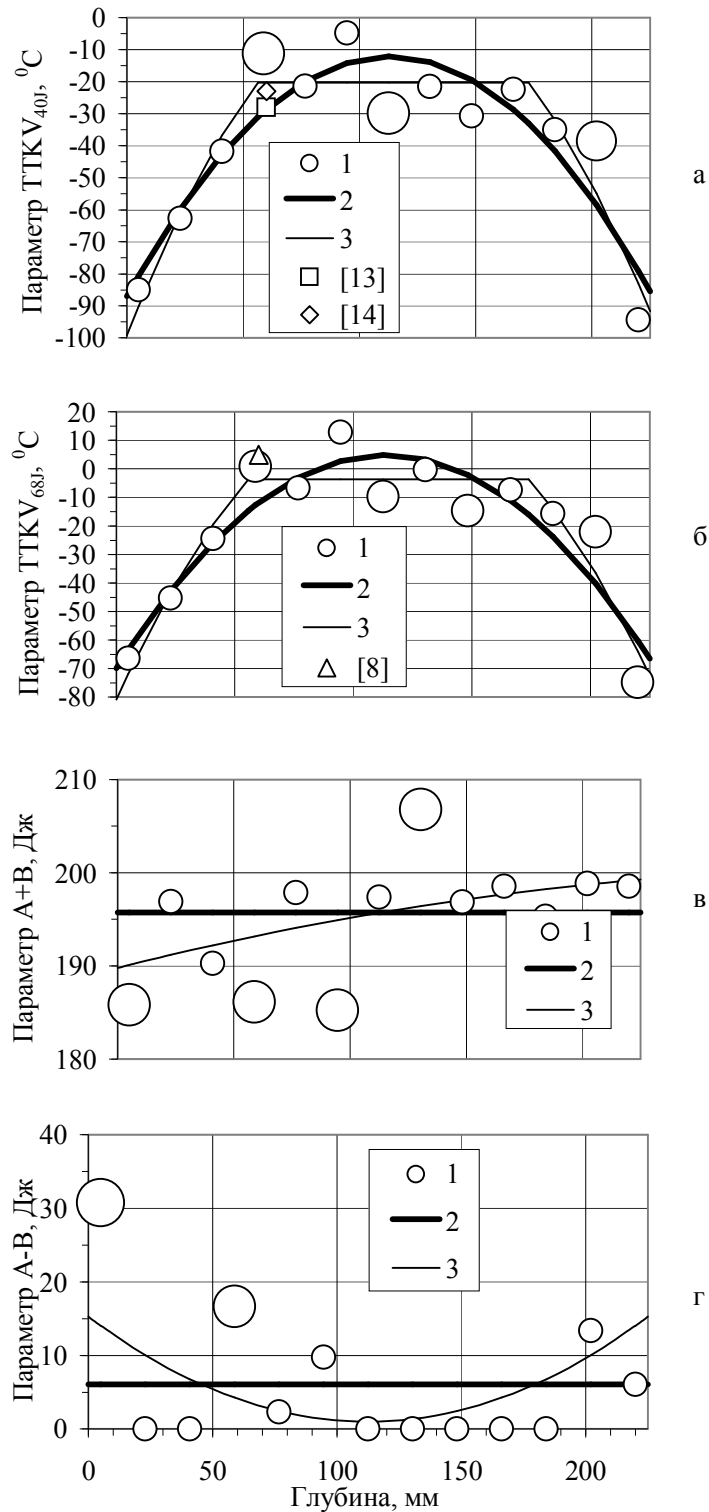


Рис.4.1. Изменение характеристик необлученного металла JRQ:

(а) и (б) – критическая температура хрупкости  $TTKV_{40J}$  и  $TTKV_{68J}$ ; (в) и (г) - поглощенная энергия на верхнем и нижнем шельфе;

1 – значения характеристик для слоя, определенные по значениям поглощенной энергии [11], 2 и 3 - интерполирование основное и сложное, [8], [13], [14] - значения из работ [8], [12,13], [14].

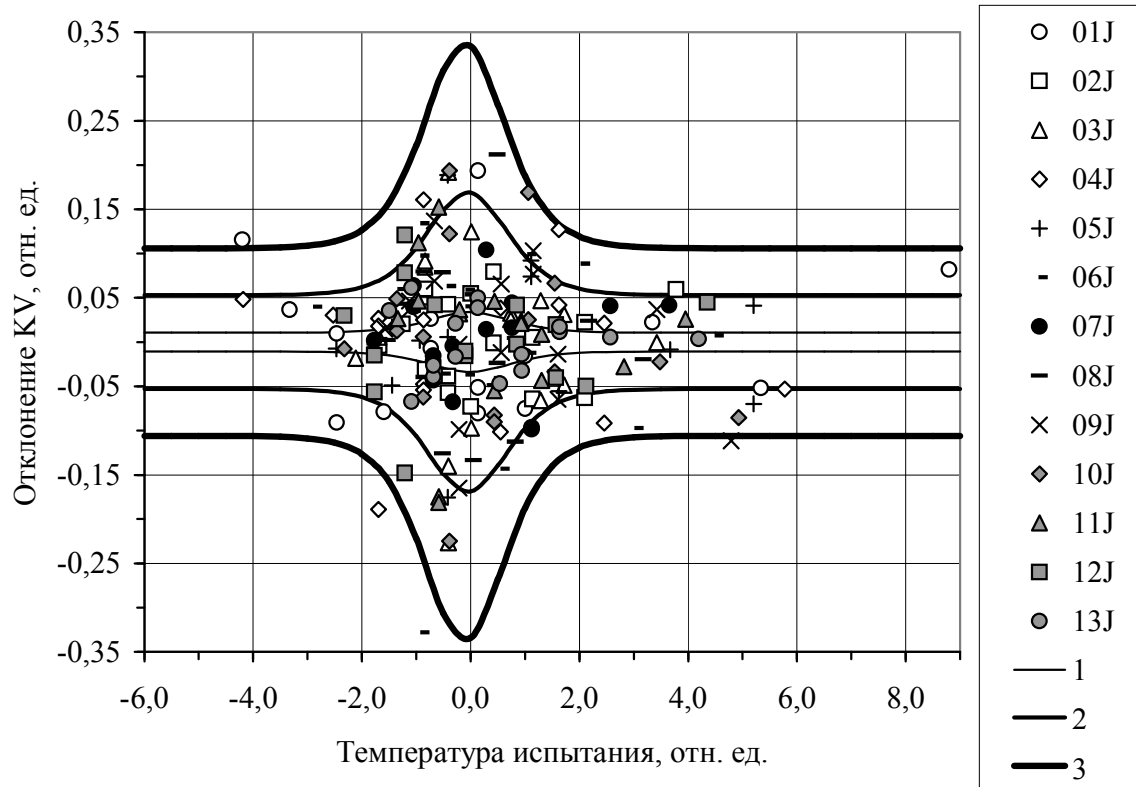


Рис.4.2. Рассеяние экспериментальных значений поглощенной энергии  $(KV-KV_{\text{инт}})/2B$  в интервале значений температуры испытания  $(T-T_0)/C$  образцов Шарпи стали JRQ в исходном состоянии.

Точки - отклонение экспериментальных значений от линии интерполирования для соответствующего слоя образцов. Линии - отклонение от линии интерполирования для слоя при погрешности определения поглощенной энергии (Дж) и температуры испытания ( $^{\circ}\text{C}$ ): 1 -  $\pm 1$  Дж и  $1^{\circ}\text{C}$ , 2 -  $\pm 5$  Дж и  $5^{\circ}\text{C}$ , 3 -  $\pm 10$  Дж и  $10^{\circ}\text{C}$ .

#### 5. Результаты испытаний облученных образцов стали JRQ

Для испытаний была выбрана часть слоев образцов, по результатам которых можно было бы получить предварительные оценки по ослаблению радиационного охрупчивания на толщине пластины металла JRQ – модели реального (J-массив) и «однородного» (R-массив) металла корпуса реактора. Значительная часть образцов оставлена для сличительных испытаний, NRI, Республика Чехия, Ржеж.

**J-массив.** Критическая температура хрупкости слоя  $T_{\text{кф}} = TTKV_{\text{сл}}$  для J-массива (рис.5.) изменяется на толщине блока образцов от  $-40^{\circ}$  до  $77^{\circ}\text{C}$ . Наибольшее значение достигается в 9-м слое ампулы (флюенс нейтронов  $(E > 0,5 \text{ МэВ})$   $2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ , температура облучения  $287^{\circ}\text{C}$ ).

Критическим с точки зрения эксплуатационного ресурса является охрупчивание внутренних слоев пластины. Более сильное охрупчивание внутренних слоев металла было смоделировано в работе [5].

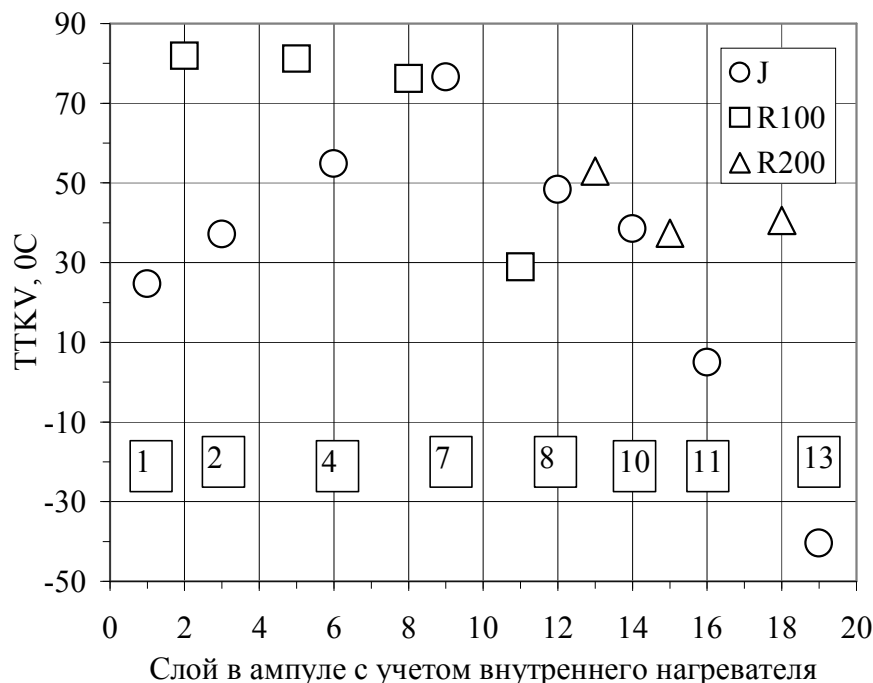


Рис.5. Критическая температура хрупкости по образцам, облученным на разном удалении от переднего блока нагревателей: Образцы из слоев, представляющих: J - реальный металл на полной толщине пластины; R100 и R200 - среднюю часть пластины.

1, 2, 4, ....., 11, 13 - номера слоев J-массива образцов.

Можно предполагать, что исходное состояние металла JRQ в первом и последнем слоях пластины отличаются незначительно и характеризуются приблизительно равными значениями  $ТТК V_{сл}$ . Тогда разность соответствующих значений для облученного металла  $65^{\circ}C$  является оценкой изменения  $ТТК V_{сл}$  в результате изменения плотности потока и энергетического спектра реакторных излучений на толщине стенки корпуса реактора.

**R-массив.** На R-массиве, представляющем «однородный» металл средней (по толщине) части пластины, критическая температура хрупкости  $ТТК V_{сл}$  изменяется от  $40 \pm 12^{\circ}$  до  $82^{\circ}C$  (рис.5.).

В случае «однородного» металла эксплуатационный ресурс определяется радиационным охрупчиванием слоев металла, расположенных ближе к активной зоне реактора. (флюенс нейтронов ( $E > 0,5$  МэВ)  $6 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ , температура облучения  $286^{\circ}C$ ). Разность значений  $ТТК V_{сл}$   $42^{\circ}C$  для облученного металла R-массива является оценкой изменения критической температуры хрупкости в результате изменения плотности потока и энергетического спектра реакторных излучений на толщине стенки корпуса реактора.

Разность изменений  $ТТК V_{сл}$  на J-массиве образцов  $65^{\circ}C$  и на R-массиве массиве  $42^{\circ}C$  является оценкой изменения критической температуры хрупкости в результате изменения исходного структурного состояния на толщине пластины.

## 6. Зависимость критической температуры хрупкости стали JRQ от флюенса нейтронов

Изменения  $\Delta T_{KF}$  (рис.6.1.), вызванные облучением, превышают изменения, вызванные термомеханической обработкой металла.

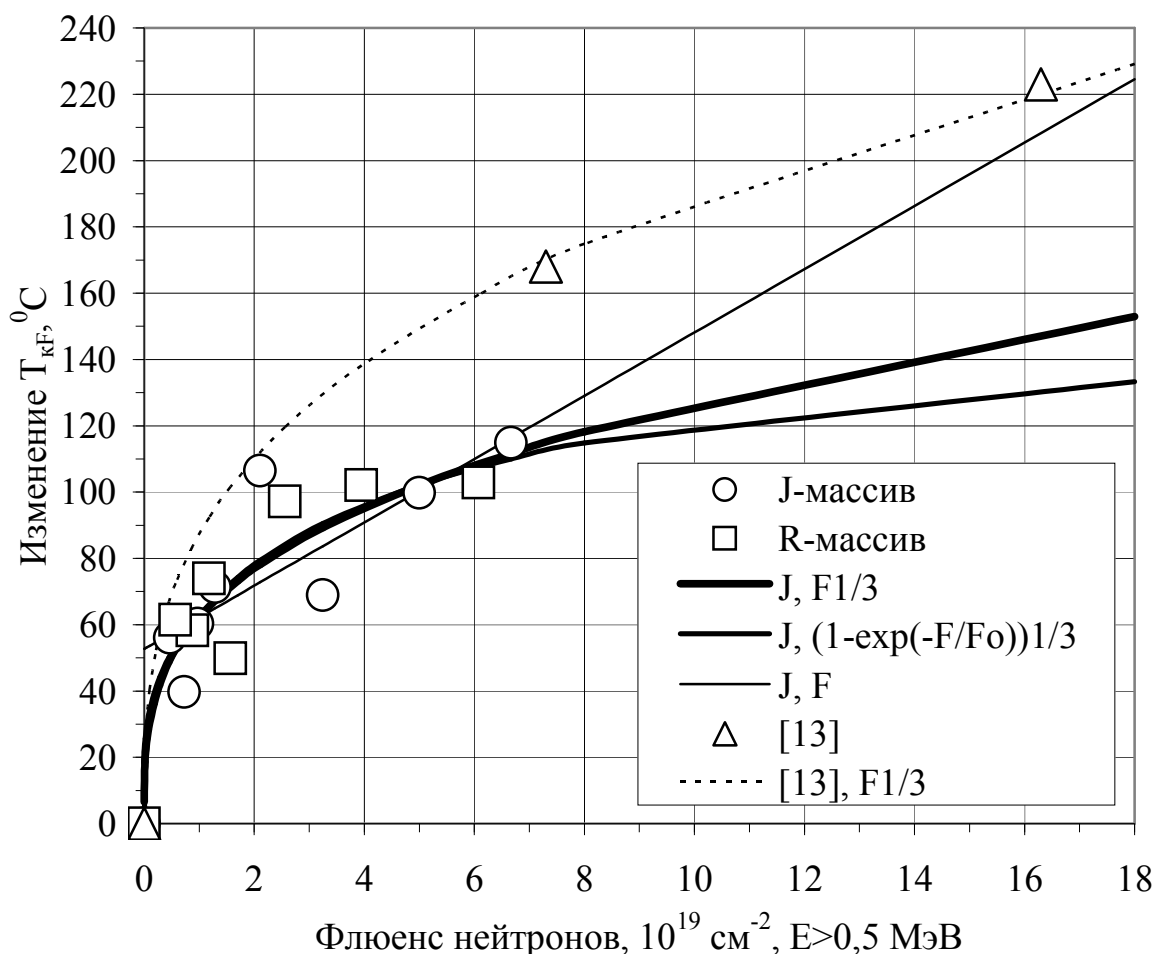


Рис. 6.1. Изменение критической температуры хрупкости  $T_{KF}$ , соотнесенное с флюенсом нейтронов  $E > 0,5$  МэВ.

J-массив и R-массив; интерполирование по нормативной J, F1/3, экспоненциальной J,  $(1 - \exp(-F/F_0))^{1/3}$  и линейной зависимости J, F.

[13] - F. Oszvald [13], [13], F1/3 – интерполирование результатов [13] по нормативной зависимости.

Значения критической температуры хрупкости для J-массива интерполированы по нормативному, экспоненциальному и линейному соотношению. В области эксперимента соотношения:

$$\begin{aligned} - \Delta T &= \Delta T^* + A_F (F/F_0)^{1/3}, \quad - \Delta T = \Delta T^* + A_F (1 - \exp(-F/F_0))^{1/3} \text{ и} \\ - \Delta T &= \Delta T^* + a \cdot (F/F_0) \end{aligned} \quad (7.6.1.)$$

различаются незначительно. Выбор соотношения может быть сделан при получении результатов на образцах, облученных в интервале значений флюенса ( $E > 0,5$  МэВ)  $> 8 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$  и  $< 0,4 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ .

Большие изменения  $ТТК V_{40J}$  в работе [13] (рис.6.1.) могут быть обусловлены более низкой температурой облучения.

Экспериментальные результаты сопоставлены также с результатами работы [14-17] (рис.6.2.). Наибольшее различие наблюдается при флюенсе нейтронов  $1,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ . В интервале условий эксперимента результаты интерполирования различаются незначительно. Информативными являются интервалы флюенсов  $< 0,3 \cdot 10^{19}$  и  $> 4 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ .

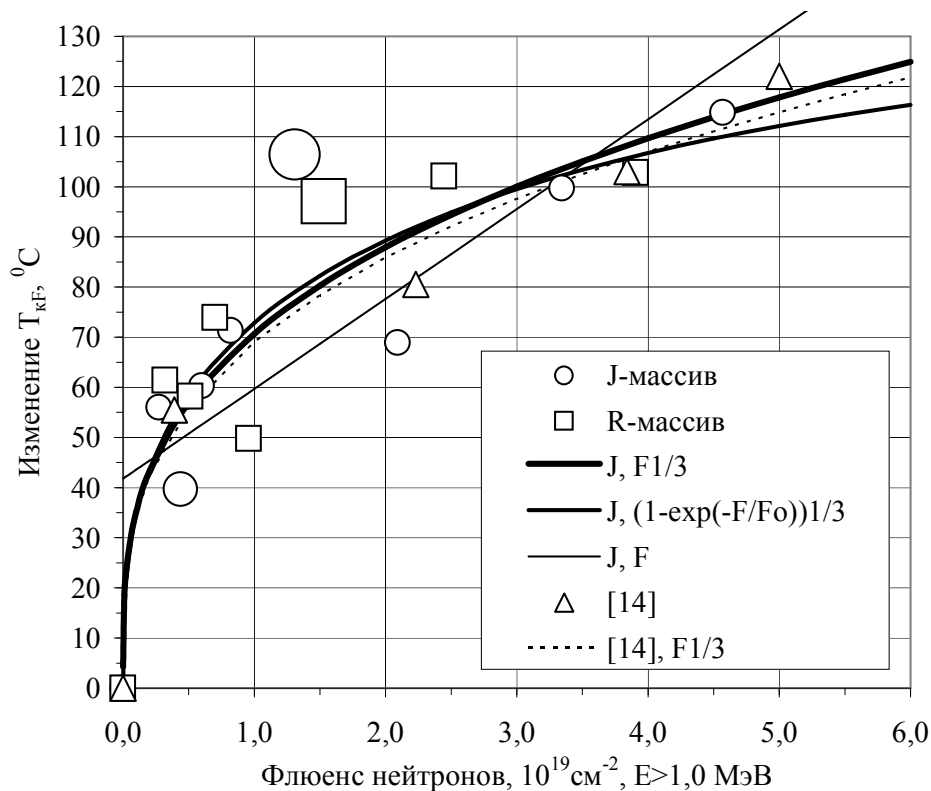


Рис.6.2. Изменение критической температуры хрупкости, соотнесенное с флюенсом нейтронов с энергией  $E > 1,0$  МэВ. J-массив и R-массив; интерполирование по нормативной J, F1/3, экспоненциальной J,  $(1-\exp(-F/F_0))^{1/3}$  и линейной зависимости J, F.

[14] - результаты работы [14], [14], F1/3 - интерполирование по нормативной зависимости результатов [14].

Результаты могут быть описаны соотношением, представляющим два процесса радиационного охрупчивания:

$$\Delta T = \Delta T^* + A_{F1} \cdot (1 - \exp(-F/F_{01}))^{1/3} + A_{F2} \cdot (1 - \exp(-F/F_{02}))^{1/3} \quad (6.2.)$$

Первый процесс определяется [15] закреплением дислокаций примесями (фосфор, углерод) и «ареалом» простых радиационных дефектов при возмущении кристаллической решетки смещенными атомами (эффективный флюенс нейтронов  $0,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ ), второй процесс - накоплением сложных радиационных дефектов, скоплений, сегрегаций и т.п. (эффективный флюенс нейтронов  $(6-10) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ ).

## 7. Изменение поглощенной энергии стали JRQ на верхнем шельфе

Изменение поглощенной энергии на уровне верхнего шельфа в результате облучения (рис. 7.1) значительно превышает изменение энергии разрушения, вызванное термомеханической обработкой. Значения для J-массива и R-массива ложатся на общую линию.

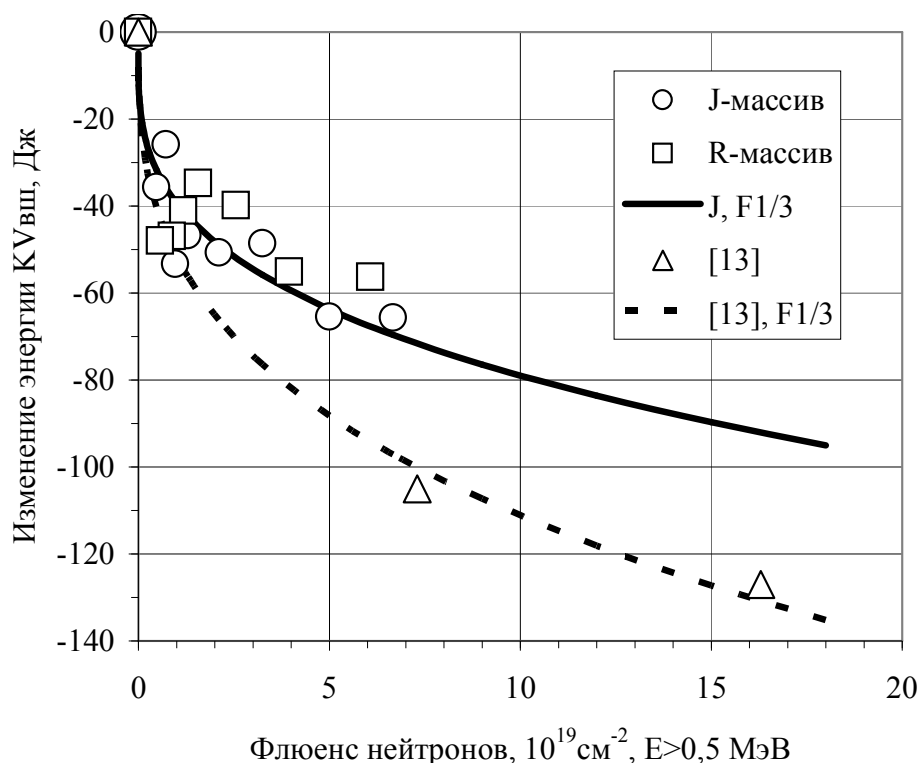


Рис. 7.1. Уменьшение поглощенной энергии на верхнем шельфе.

J-массив и R-массив; J, F1/3 - интерполирование по нормативной зависимости; [13] - результаты работы [13], [13], F1/3 - интерполирование результатов [13] по нормативной зависимости.

В отличие от термомеханической обработки (рис.7.2., J-массив, исх.) при облучении в стенде КОРПУС уменьшение энергии верхнего шельфа по абсолютной величине пропорционально увеличению критической температуры хрупкости (рис.7.2., J-массив и R-массив).

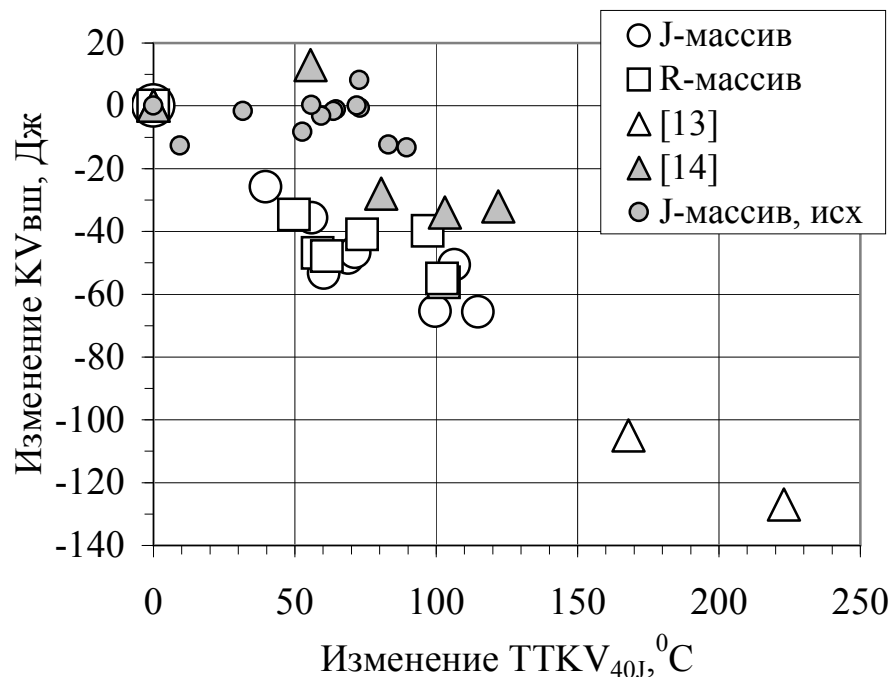


Рис.7.2. Сопоставление изменения верхнего шельфа и критической температуры хрупкости.

J-массив и R-массив – после облучения, J-массив, исх. – до облучения; [13] - результаты работы [13]; [14] - результаты работы [14].

Результаты работы [14] показывают существование инкубационного периода, в течение которого поглощенная энергия верхнего шельфа остается постоянной, тогда как критическая температура хрупкости увеличивается. Результаты работы [13] не содержат значений  $KV_{ш}$  и  $ТТКv$  при малых флюенсах нейтронов. Они могут быть отнесены и к той и к другой зависимости.

#### Закключение.

Предварительные результаты испытания облученных образцов металла JRQ показывают, что слой металла, в котором достигается наибольшее значение критической температуры хрупкости, находится в середине «стенки корпуса реактора». Это является следствием высокой неоднородности металла плиты в исходном состоянии. Для «однородного металла JRQ», взятого из внутренней части плиты, наибольшее значение критической температуры хрупкости достигается на «внутренней поверхности корпуса реактора».

Ослабление радиационного повреждения металла JRQ на «толщине стенки корпуса реактора» зависит от исходного состояния металла: для внешних слоев ослабление равно  $\sim 65^{\circ}\text{C}$ , для внутренних слоев  $\sim 42^{\circ}\text{C}$ . Эффект структурного состояния металла равен  $23^{\circ}\text{C}$ .

Ранжирование моделей изменения критической температуры хрупкости и поглощенной энергии верхнего шельфа возможно в интервалах флюенса нейтронов ( $E > 1 \text{ МэВ}$ )  $< 0,3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$  и  $> 4 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ .

Полученные результаты показывают важность учета состояния металла [19-21], ослабления потока и изменения энергетического спектра реакторных излучений на толщине корпуса реактора при проведении (аттестационных) экспериментов в разных облучательных устройствах и уточнении времени эксплуатации корпусов реакторов ВВЭР.

#### Литература

1. В.А. Цыканов, В.М. Раецкий, В.Н. Голованов и др. Моделирование радиационного охрупчивания металла корпуса реактора ВВЭР-1000 на стенде КОРПУС реактора РБТ-6/ Сб. докладов XII ежегодной конференции Ядерного Общества России «Исследовательские реакторы: наука и высокие технологии». Димитровград: ГНЦ НИИАР, 2002. Т.3. Ч.2. С.167-187.
2. V.N.Golovanov, D.V.Kozlov, V.I.Prokhorov, V.M.Raetsky, V.K.Shamardin, V.A.Krasnoselov (SSC RF RIAR), J.P. Massoud, C. Trollar, R. Bertrand (EdF). Comparison of the Russian and French normative determination techniques of radiation embrittlement of pressurized water reactor vessels. Proceeding, v.2, p.715-729, SEEN – Fontenvraud 5, Paris.
3. В.Н. Голованов, В.М. Раецкий. Эксперимент по уточнению кинетики радиационного охрупчивания металла на толщине корпуса реакторов ВВЭР-1000 и ВВЭР-150 для уточнения степени консерватизма проектных решений/ Доклад на. 4-й международной. научно-технической. конференции. «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР». 23-26 мая 2005 г. Подольск: ФГУП ОКБ «Гидропресс», 2005. CD – диск. Сб. тезисов С.121.
4. Milan Brumovský, Nuclear Research Institute Rez plc; V.N.Golovanov, V.V.Lichadeev, V.M.Raetsky, A.L.Petelin, NIIAR Dimitrovgrad; V.N.Lyssakov, OKB Hidropress, Podolsk. Attenuation of radiation damage and neutron field in RPV wall. IAEA Specialists' Meeting On Radiation Damage, Gus Khrustalny, May 24-27, 2004.
5. F. Gillemot, F. Oszwald, L. Gillemot, G. Uri, S. Pirfo: Synergetic Effects of Irradiation and Thermal Embrittlement. // Irradiation Effects and Mitigation, Proceedings of the IAEA Specialists Meeting held in Vladimir, Russian Federation, 15-19 September 1997. IAEA, Vienna, Austria, 1997, p.223-229. Fig. 3.  $ТТКv$  temperature distribution in JRQ material as received.
6. Steele, L.E.; Brumovsky, M.; Gillemot, F.; Kryukov, A.; Wallin, K.: Phase III of the IAEA Coordinated Reserch Program on Optimizing of Reactor Pressure Vessel Surveillance Programs and Their Analysis. ASTM USA. 25 Jun 1996. Цитируется по докладу [5].
7. Нормы расчёта на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭ Г-7-002-86. М.: Энергоатомиздат, 1989.



8. Б.А. Гурович, Е.А. Кулешова, О.В. Лавренюк: Сравнение особенностей разрушения американских и российских корпусных сталей после ударных испытаний. Сборник докладов Четвертой межотраслевой конференции по реакторному материаловедению. ГНЦ РФ НИИАР, Димитровград. 1996. Том 3, с.6-21.
9. Г. Карлсруй, Д. Егер: Теплопроводность твердых тел. Издательство «Наука», Москва, 1964.
10. Б. Боли, Дж. Уэйнер: Теория температурных напряжений. Издательство «Мир», Москва, 1964.
11. 4. Milan Brumovsky, Milos Kytka, Milan Marek, Petr Novosad, V.N. Golovanov, V.V. Lichadeev, V.M. Raetsky, A.L. Petelin, V.N. Lyssakov. Attenuation of radiation damage and neutron field in RPV wall. The Proceedings of the International Workshop «Influence of Atomic Displacement Rate on Radiation-Induced Ageing of Power Reactor Components: Experiment and Modeling». 3-7 October 2005, Ulyanovsk.
12. F. Oszwald, F. Gillemot, L. Toth. Preliminary results of surveillance extension program of Paks NPP. Presented on the IAEA Specialist Meeting on "Irradiation Embrittlement and Mitigation", Espoo, Finland, Oct. 23-26, 1995.
13. F. Oszwald: Research Results from WVER-440// Irradiation Effects and Mitigation. Proceedings of the IAEA Meeting held in Vladimir, Russian Federation 15 - 19 September 1997. Redroduced by the IAEA, Viena, Austria, 1997. P. 263 - 272.
14. R.K. Nanstad, Ph. Tipping, W. Waeber, and R.D. Kalkhof: Effects of Irradiation and Post-Annealing Reirradiation on Reactor Pressure Vessel Steel Heat JRQ// IAEA Specialists Meeting on Irradiation Embrittlement and Mitigation, Gloucester, England, UK. 14-17 May 2001
15. В.М. Раецкий. О кинетике изменения температуры хрупкости и режиме испытаний корпусных материалов ВВЭР. Тезисы докладов Пятой межотраслевой конференции по реакторному материаловедению. ГНЦ РФ «НИИАР». Димитровград, 1997, с.72-73.
16. Козлов Д.В., Голованов В.Н., Бунаков Н.А. Изменение свойств материала корпуса ВВЭР-1000 под влиянием нейтронного облучения в исследовательских реакторах. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 4-4. С. 1062-1067.
16. Светухин В.В., Козлов Д.В., Голованов В.Н. Микроструктурные механизмы и модель радиационного охрупчивания стали 15Х2НМФА и ее сварных соединений после облучения в исследовательских реакторах. Вопросы материаловедения. 2008. № 1. С. 62-69.
17. Brumovsky M., Marek M., Zerola L., Viererbl L., Golovanov V.N., Lichadeyev V.V., Raetsky B.M., Petelin A.L. Attenuation of radiation damage and neutron field in reactor pressure vessel wall. Journal of ASTM International. 2006. Т. 3. № 5.
18. Ilyin A.M., Golovanov V.N. Invesigation of the grain boundary elemental composition of the low - alloy steel. Physica Status Solidi. A: Applications and Materials Science. 1996. Т. 153. № 1. С. 93-100.
19. Горынин И.В., Карзов Г.П., Филимонов Г.Н., Бережко Б.И., Цуканов В.В., Грекова И.И., Орлова В.Н., Николаев В.А., Повышев И.А., Просвирина А.В., Цыканов В.А., Голованов В.Н., Красноселов В.А., Петров В.В., Черняховский С.А., Сулягин В.Р., Титова Т.И., Драгунов Ю.Г., Банюк Г.Ф., Комолов В.М. и др. Сталь для корпусов атомных реакторов повышенной надежности и ресурса. патент на изобретение RU 2166559 13.07.1999
20. Светухин В.В., Сидоренко О.Г., Голованов В.Н., Суслов Д.Н. Моделирование радиационного охрупчивания корпусов реакторов ВВЭР. Физика и химия обработки материалов. 2005. № 3. С. 15-20.
21. Тихончев М.Ю., Светухин В.В., Голованов В.Н., Козлов Д.В. Моделирование процессов первичной радиационной повреждаемости сплава Fe-1,8 ат. %Ni методом молекулярной динамики. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2010. № 3. С. 143-155.

**Ильина И.А.<sup>1</sup>, Синячкина И.В.<sup>2</sup>, Голованов В.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>аспирант, <sup>3</sup>профессор, доктор физико-математических наук, Ульяновский государственный университет  
**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЭНЕРГОАНАЛИЗАТОРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.**

*Аннотация*

*В работе представлен новый тип электростатического энергоанализатора на основе торцового цилиндрического поля, ограниченного концентрическими цилиндрическими поверхностями и двумя плоскими поверхностями, перпендикулярными к оси симметрии цилиндров. Для потока заряженных частиц, входящего непосредственно в окно между цилиндрическими электродами численно рассчитаны режимы с фокусировкой второго порядка для двух конфигураций: 1) точечный источник на оси симметрии, находящийся на большом расстоянии от анализатора и 2) источник с большими угловыми размерами. Новый прибор конструктивно прост и не требует систем защиты от краевых полей. Приведен экспериментальный спектр, полученный от поверхности разрушения образца непосредственно в сверхвысоковакуумной камере специального оже-спектрометра с использованием одной из рассчитанных конфигураций для удаленного точечного источника.*

**Ключевые слова:** анализатор электронов, цилиндрическое зеркало, Оже-спектроскопия

**Ilyina I.A.<sup>1</sup>, Sinyachkina I.V.<sup>2</sup>, Golovanov V.N.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>postgraduate student, <sup>3</sup>professor, doctor of physics and mathematics, Ulyanovsk State University

**DEVELOPMENT OF THE ELECTROSTATIC POWER ANALYZER FOR ELECTRONIC SPECTROSCOPY**

*Abstract*

*The summary In work the new type of the electrostatic power analyzer on the basis of the face cylindrical field limited to concentric cylindrical surfaces and two flat surfaces, perpendicular to an axis of symmetry of cylinders is presented. For the stream of the loaded particles entering directly into a window between cylindrical electrodes chislenno modes with focusing of the second order for two configurations are calculated: 1) dot source on the symmetry axis, being at a great distance from the analyzer and 2) a source with big angular sizes. The new device is structurally simple and doesn't demand systems of protection against regional fields. The experimental range received from a surface of destruction of a sample directly in the ultrahigh-vacuum camera of a special Auger -spectrometer with use of one of calculated configurations for a remote dot source is given.*

**Keywords:** analyzer of electrons, cylindrical mirror, Auger spectroscopy.

Для решения многих исследовательских и технологических задач материаловедения и физики поверхности необходимо использование методов электронной спектроскопии, например, электронной оже-спектроскопии или рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Однако на практике это часто затрудняется тем обстоятельством, что объект исследования не может быть приближен к энергоанализатору на расстояние, требуемое его электронно-оптической схемой, например из-за радиоактивности или высокой температуры. В то же время, для большинства хорошо известных анализаторов эти расстояния очень малы, как например для анализатора цилиндрическое зеркало [1]. Кроме того, во многих случаях эмитирующая вторичные электроны поверхность имеет относительно большую площадь, в то время, как электронно-оптические схемы большинства используемых анализаторов обеспечивают высокую разрешающую способность при точечных или малых по размеру источниках. В таких случаях обычно используются дополнительные промежуточные линзовые системы, которые усложняют конструкцию прибора и увеличивают его стоимость. Указанные факторы во многих случаях затрудняют или даже делают практически невозможным проведение исследований с использованием таких широко распространенных приборов как АЦЗ и анализаторов со сферической формой электродов. Более того, все известные анализаторы страдают существенным недостатком

– наличием краевых полей, влияние которых способно существенно ухудшить расчетные характеристики прибора. Для их устранения обычно вводятся специальные системы электродов, что усложняет конструкцию и систему электрического питания анализатора и может затруднить его применение, особенно при использовании в космосе. В связи с этим, с целью расширения сферы применения электронной спектроскопии постоянно исследуются возможности как модификации известных конфигураций [2-5], так и поиски новых систем энергоанализаторов с высокой разрешающей способностью, свободных от искажающего действия краевых полей [6-12].

#### Фокусирующее поле анализатора

Поле, использованное во всех конфигурациях, является решением уравнения Лапласа  $\nabla^2 U(R, Z) = 0$  с граничными условиями  $U(R_1, Z) = U(R, 0) = U(R, L) = 0, U(R_2, Z) = V$  и ограничено концентрическими цилиндрическими поверхностями с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_1 < R_2$ ) и двумя плоскими поверхностями, перпендикулярными к оси  $Z$  (см. рисунок 1).

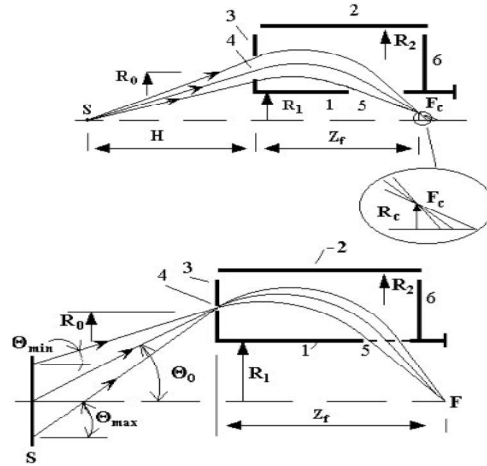


Рисунок 1. Схематический вид в вертикальном разрезе (верхние части) фокусирующих систем. Вверху: 1- внутренний цилиндр, 2 – наружный цилиндр, первый торцевой электрод с входным окном (4), 5- окно вывода пучка из фокусирующего поля, 6 – второй торцевой электрод, S – точечный источник заряженных частиц, F – фокус на оси симметрии. Внизу: 1-3, 5, 6 – те же элементы, что в верхней конфигурации, 4- кольцевая щель с радиусом  $R_0$ , S – эмиттирующая поверхность, F – фокус на оси симметрии.

Распределение потенциала для данной электростатической системы может быть выражено в виде:

$$U(r, z) = \frac{4V}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \sin((2n+1) \cdot \frac{\pi z}{l}) \cdot \frac{F_n(r)}{F_n(\beta) \cdot (2n+1)} \quad (1)$$

Длины в (1) и далее рассчитываются в радиусах внутреннего цилиндра  $R_1$  для того, чтобы вести безразмерные параметры  $r = R/R_1$ ,  $z = Z/R_1$ ,  $r_c = R_c/R_1$ ,  $l = L/R_1$ ,  $\beta = R_2/R_1$ , а также  $h = H/R_1$  – расстояние между источником и анализатором (рис.1). Здесь  $F_n(r) = (I_0(k_n \cdot r) \cdot K_0(k_n) - I_0(k_n) \cdot K(k_n \cdot r)) / K_0(k_n)$ ,  $k_n = (2n+1) \cdot \pi/l$ . Здесь  $I_0$

and  $K_0$  - модифицированные функции Бесселя и Ганкеля соответственно. Рисунок 1 представляет две основные конфигурации анализатора на основе ограниченного цилиндрического поля, в частности, поля в области входного электрода, которое можно назвать торцевой областью. Распределение потенциала (1) существенно отличается от поля идеального цилиндрического зеркала, особенно в торцевых областях. Расчеты показали, что если безразмерное расстояние  $l$  существенно больше, чем  $\beta - 1$ , то поле (1) в центральной части энергоанализатора близко к полю АЦЗ.

#### Расчеты и конструкция анализатора.

Нерелятивистские уравнения движения в поле (1) имеют следующий вид:

$$\ddot{r} = -\frac{e}{m} \cdot \frac{\partial U(r, z)}{\partial r} \quad (2)$$

$$\ddot{z} = -\frac{e}{m} \cdot \frac{\partial U(r, z)}{\partial z} \quad (3)$$

Здесь  $e$  и  $m$  – заряд и масса покоя частицы. К сожалению, систему уравнений (2) и (3) невозможно решить аналитически из-за сложного вида распределения потенциала (1). Эта система решалась численно для определения траекторий частиц с кинетической энергией  $E_0$ , эмитированных источниками S для обеих конфигураций, представленных на рисунке 1. Радиальная координата средней траектории частиц входящего пучка  $r_0 = R_0/R_1$  угол наклона средней траектории обозначен соответственно через  $\theta_0$  (в соответствии с конфигурацией, представленной на рисунке 1).

Исследование фокусирующих свойств выполнялось с помощью численного определения точек пересечения траекторий в прилегающей к оси симметрии области фокуса. Вычисления производились методом Рунге-Кутты с точностью  $0.002 r_1$  для конфигурации с точечным источником. Для конфигурации с протяженным источником требовалось увеличение точности до  $0.001 r_1$ . Предварительно нами исследовалось влияние числа членов в сумме (1) на точность расчета фокусировки. Прямые вычисления суммы в правых частях выражений (2) и (3) производились от  $n = 0$  до  $n = 90$ , что мы считаем оптимальным. На рис. 2 приведены типичные абберационные фигуры (зависимость фокусирующего расстояния  $z_f$  от  $r_e$ -радиальной координаты входа траектории) для конфигурации с точечным источником, располагающимся на различных расстояниях  $h$  от анализатора. Очевидно, что все приведенные кривые имеют форму кубических парабол с центральной точкой перегиба, что соответствует режиму фокусировки второго порядка, который поддерживался при выбранном значении  $h$  соответствующим значением параметра  $G = E_0 / eV$  где  $E_0$  - это начальная кинетическая энергия исследуемых частиц, а  $V$  - отклоняющий потенциал на внешнем цилиндре.

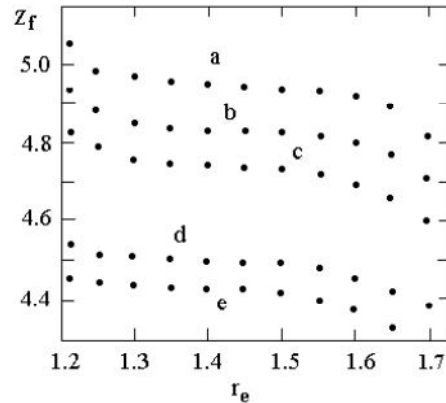


Рисунок 2. Абберационные кривые, полученные для конфигурации с точечным источником при различных расстояниях источника от входного окна анализатора. (a)  $h = 10$ ,  $G = 2.80$ ; (b)  $h = 8$ ,  $G = 2.55$ ; (c)  $h = 6$ ,  $G = 2.30$ ; (d)  $h = 4$ ,  $G = 1.977$ ; (e)  $h = 3$ ,  $G = 1.835$ . Для всех случаев были использованы параметры  $l = 5$ ,  $\beta = 2$ . Здесь  $r_e$  - радиальная координата входа траектории в анализатор.

Надо заметить, что одно из свойств нового анализатора в конфигурации с точечным источником состоит в том, что угол между центральной траекторией входного пучка и осью симметрии остается малым, особенно для удаленного источника. Это дает возможность дистанционной спектроскопии участков поверхности, имеющих углубленный профиль, вплоть до ямочной структуры. Заметим, что в случае использования анализатора цилиндрическое зеркало проведение таких исследований невозможно из-за особенности его электронно-оптической схемы [13].

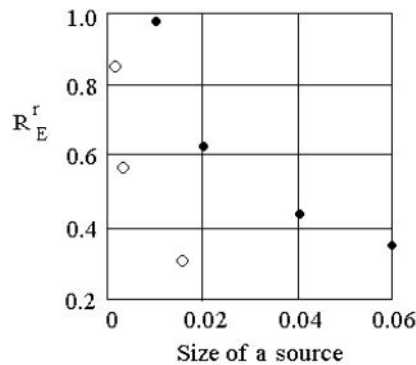


Рисунок 3. Рассчитанная зависимость относительного значения разрешающей способности по энергии от величины смещения точечного источника от оси симметрии для анализатора с торцовым полем (черные значки) и для цилиндрического зеркала (светлые значки). Линейные размеры, как и везде в работе даются в единицах  $R_1$ . Относительная разрешающая

способность  $R_E^r$  приведена по отношению к ее значению при точечном источнике, расположенном на оси симметрии, при следующем наборе параметров:  $l = 5$ ,  $\beta = 2$ ,  $h = 8$ ,  $G = 2.55$ .

На рисунке 3 представлены результаты теоретических расчетов зависимости разрешающей способности по энергии для анализатора с точечным источником в сканирующем режиме, т.е. при смещении источника от оси симметрии. Значения разрешающей способности даны по отношению к эталону - разрешающей способности для точечного источника на оси симметрии. Для сравнения представлены результаты расчетов для АЦЗ. Сопоставление результатов показывает, что хотя разрешающая способность также падает при удалении источника от оси симметрии, но для торцового анализатора диапазон размеров области, сканируемой без потери в разрешающей способности, значительно увеличен. Это свойство особенно ценно для сканирующей электронной оже-спектроскопии.

Расчеты, проведенные для случая протяженного источника показали, что и в этом случае можно получить режимы с острой фокусировкой второго порядка (рисунок 4) и с достаточно большим угловым интервалом приема траекторий.

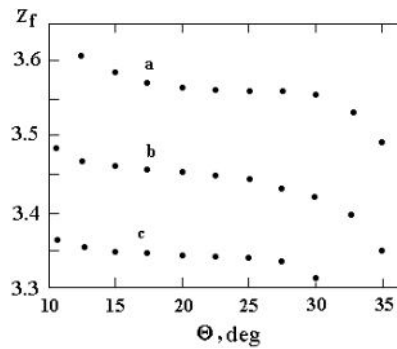


Рисунок 4. Рассчитанные абберационные кривые для конфигурации с протяженным источником. Расчеты проводились для  $l = 4$ ,  $G = 2$  при следующих наборах параметров: а)  $y_0 = 1.12$ ,  $G = 1.34$ ; б)  $y_0 = 1.15$ ,  $G = 1.30$ ; в)  $y_0 = 1.18$ ,  $G = 1.275$

Заметно, что при уменьшении радиуса входного окна, угловой интервал для острой фокусировки несколько увеличивается. Детальные дополнительные расчеты показали, что в такой конфигурации анализатора можно использовать также кольцевую диафрагму, расположенную в самой узкой части пучка. При этом разрешающая способность может быть несколько увеличена по сравнению со случаем диафрагмы-отверстия на оси симметрии и точечного фокуса.

Расчеты дисперсии  $D_E$  в исследуемых системах производились с использованием соотношения:

$$D_E = (\Delta z / \Delta E) \cdot \Delta E \quad (4)$$

где  $\Delta z$  - малые, но конечные отрезки, полученные при численном расчете траекторий для малых сдвигов по энергии  $\Delta E$ , при значении энергии  $E$ . В соответствии с (4) было получено среднее значение дисперсии  $D_E = 5.1$  для конфигурации с точечным источником и  $D_E = 3.7$  для конфигурации с протяженным источником. Для численных расчетов разрешающей способности по энергии, как было показано в [11] следует использовать соотношение

$$R_E = \frac{D_E}{\Delta z_f} \quad (5)$$

В (5)  $\Delta z_f$  - величина проекции выбранной для использования центральной части абберационной фигуры на ось симметрии.

Расчет разрешающей способности по энергии для конфигурации с точечным источником дал в среднем значение  $R_E = 310$  при точечном источнике, расположенном на оси симметрии. Для сравнения укажем, что расчет для цилиндрического зеркала дал значение  $R_E = 290$ . Для конфигурации с протяженным источником и точечным фокусом разрешающая способность по энергии составляет примерно 200 с приемлемым угловым интервалом входа пучка от 10 до 25°. Для этой же конфигурации но с кольцевым фокусом, когда радиус фокуса составлял примерно  $0.09 r_1$  разрешающая способность составила 350 при растворе угла входа от 5 до 30°. Высокая трансмиссия прибора дополнительно обеспечивается сочетанием большого угла раскрытия (в среднем 6° для удаленного точечного источника и 20° для протяженного источника), при котором выполняется острая фокусировка, с цилиндрической симметрией системы. На рис.5,а показан общий вид прототипа анализатора для электронной Оже-спектроскопии использующего расчеты по схеме для удаленного точечного источника и на рисунке 5,б представлен экспериментальный оже-спектр, полученный от поверхности разрушения в сверхвысоком вакууме образца стали X11N10T, расположенного на расстоянии 22 см от анализатора (расчетное расстояние  $h = 9.8$  для анализатора с радиусом внутреннего цилиндра 2.2 см).

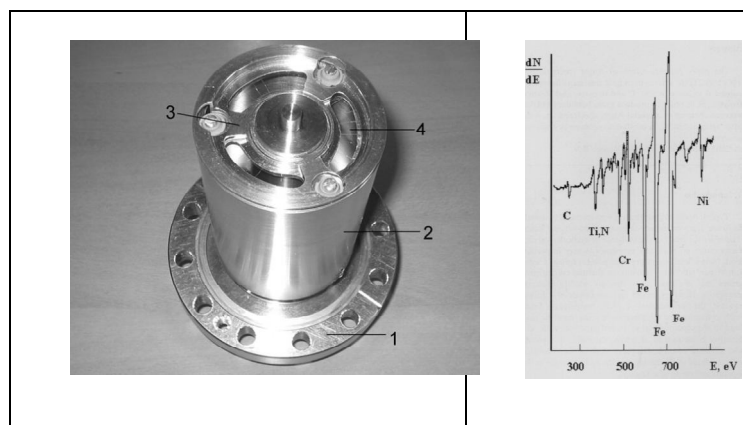


Рисунок 5. а) общий вид энергоанализатора с торцовым полем, 1- высоковакуумный фланец, 2- наружный цилиндрический электрод, 3- торцовый электрод, соответствующий элементу (3) на рис.1, 4- входное окно (соответствующее 4 на рис.1); б) типичный оже-спектр, полученный от поверхности разрушения стали X11N10T, образованной в процессе механических испытаний непосредственно в камере оже-спектрометра.

## Выводы

Проведены численные расчеты фокусирующих свойств двух конфигураций нового типа электростатического анализатора на основе ограниченного цилиндрического поля. Анализатор практически свободен от краевого поля, обеспечивает возможность спектроскопии удаленных и протяженных источников (в различных конфигурациях) при сохранении высокой разрешающей способности по энергии и высокой трансмиссии. Прибор позволяет производить обширное сканирование исследуемой поверхности, эффективен при исследовании поверхностей с высокой степенью шероховатости, вплоть до ямочной структуры. На основании расчетных данных был построен прототип энергоанализатора, использованный в экспериментальных исследованиях элементного состава поверхностей разрушения создаваемых растяжением непосредственно в сверхвысоковакуумной камере специального оже-спектрометра.

## Литература

1. J.S.Risley J.S.// Rev.Sci.Instrum. 1972. V. 43, P.95-99.
2. Ильин А.М.// Письма в ЖТФ. 1995. Т.21. В.12. С.42-45.
3. Read F.H. // Rev.Sci.Instrum. 2002, V.73, P.1129 - 1134
4. Read F.H., Cubric D., Kumashiro S., Walker A.// Nucl. Instrum.Meth.Phys.Res. 2004, A 519, P.338- 342.
5. Ilyin, A.M. and Ilyina, I.A.//“Optik”. 2007. 118. P.350 – 354.
6. Zouros T.J.M., Sise O., Ulu M and Dogan M.// Measur. Sci.Technol. 2006, 17, P.81-86.
7. Ilyin A.M. // J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom., 2000, V.113, P.1-4.
8. Ilyin A.M.// J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.. 2001. V.120. P.89- 91
9. Sise O.,Zouros T.J.M, Ulu M., Bogan M.// Meas. Sci.Technol. 2007. 18. P.1853-1858.
10. Ilyin A.M. and Ilyina I.A. // Meas. Sci. Technol. 2005. 16. P. 1798-1801.
11. Ilyin A.M. and Ilyina I.A.// Meas.Sci. Technol. , 18 (2007) P.724-726.
12. Ilyin, A.M. and Ilyina, I.A.// Journal of Instrumentation, (JINST) 2, P01002-6
13. Ильин А.М.// ЖТФ. 1994. Т.64. N10. С.188-190.

Москалев В.А.<sup>1</sup>, Сергеев Г.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор; <sup>2</sup>Кандидат технических наук, старший преподаватель, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## ДИСБАЛАНС ЭНЕРГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ИНДУКЦИОННОМ ЦИКЛИЧЕСКОМ УСКОРИТЕЛЕ

### Аннотация

При индукционном циклическом ускорении токов заряженных частиц, превышающих сотни ампер, значительная доля энергии запасается в электромагнитном поле самого пучка. Это приводит к дисбалансу энергий, т.е. несоответствию между энергией, которую пучок получает от ускоряющего поля бетатрона, и энергией, необходимой пучку для устойчивого движения на равновесной орбите, что является одной из причин неустойчивости пучка и значительных потерь ускоряемого заряда.

Очевидно, полезно оценить степень возникающего дисбаланса и рассмотреть возможные меры по устранению его негативного воздействия на процесс ускорения. В статье проводится такая оценка.

**Ключевые слова:** Индукционный циклический ускоритель, килоамперные токи, неустойчивость циркулирующего пучка, дисбаланс энергий.

Moskalev V.A.<sup>1</sup>, Sergeev G.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DSc in Engineering, Professor; <sup>2</sup>PhD in Engineering, Senior Lecturer, National Research Tomsk Polytechnic University

## IMBALANCE OF ELECTRON-BEAM ENERGY IN INDUCTION CYCLIC ACCELERATOR

### Abstract

Under inductive cyclic acceleration of charged particles the beam current of which exceeds several hundred amperes, a large amount of energy is accumulated in its electromagnetic field. These results in energy imbalance, i.e. inconsistency between energy received by the electron beam from betatron's eddy electric field and energy required for the electron beam to stably move along the equilibrium orbit. This is one of the reasons for beam instability and large loss of accelerated particle charge. Thus, the paper presents an estimation of the occurred imbalance degree and considers possibilities of eliminating its negative effect on the process of acceleration.

**Keywords:** induction cyclic accelerator, beam-currents of thousands amperes, circulating-beam instability, energy imbalance.

In induction cyclic accelerators (betatrons) electron current is accelerated up to one ampere or so, while in pulsed air-cored betatrons and compressors it achieves hundreds amperes. In cyclic accelerating, the maximum limit of accelerated current is determined by the fact that electrons circulating within a closed orbit for a long time cause a resonant excitation of particle oscillations that results in a considerable amount of trapped charge getting the walls of the vacuum chamber and then dropping out of acceleration.

Induction method allows accelerating current by an order of magnitude. Late in the past century many efforts have been made to increase accelerated currents up to several kiloamperes. Test installations were designed to provide stability for circulating beam-currents using toroidal, stellarator fields, and their combination [1], [2]; installations for acceleration of strip electron beams [3], [4]. Also, research was carried out into a beam-focusing using a system of solenoids with reversed field direction [5]. nevertheless, no one of these installations allowed obtaining design parameters.

In accelerating electron charge equivalent to a circulating current of hundreds and thousands amperes, a significant loss of beam charge is observed in a betatron during its operating cycle.

The electron beam receives initial energy during injection, and its subsequent growth depends on eddy electric field of the induction accelerator. During acceleration, the electron beam partially loses its energy due to heating residual gas and vacuum chamber's walls, emission of radio frequency, etc. Therefore, the total energy  $E$  of the beam at any given time is less than the amount of energy  $E_i$  of injected electrons and energy  $W$  received by the beam from the eddy electric field of the betatron to the given moment. The result is:

$$E = T + E_{EH} \leq E_i + W \quad (1)$$

A kinetic energy of the electron beam is

$$T = (m - m_0) c^2 N \quad \text{or} \quad T = E_0 (\gamma - 1) N, \quad (2)$$

where  $N$  is the number of circulating electrons;  $c$  is the speed of light;  $m_0$  и  $m$  are mass at rest and relativistic mass of an electron respectively;  $E_0$  is rest energy of an electron;  $\gamma$  is relativistic factor.

The electric field of the beam is concentrated in the space-limited volume of the vacuum chamber. A magnetic component of the beam energy is defined by the charge density and its movement speed. Thus, the electromagnetic field energy of a beam can be written as

$$E_{EH} = \frac{1}{2} \int_V \epsilon_0 E^2 dV + \frac{1}{2} \int_V \mu_0 H^2 dV \quad (3)$$

where  $E$  and  $H$  are electric and magnetic fields of the electron beam respectively;  $dV$  is the differential of volume.

In case the electron beam density is uniform throughout its bulk and  $R_0 \gg r_0$  ( $R_0$  is the radius of equilibrium orbit;  $r_0$  is the radius of cross-section of a toroidal beam), we then obtain the electromagnetic field energy:

$$E_{EH} = \frac{e^2 \cdot N^2}{8 \cdot \pi^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot R_0} \cdot f(\mu, r_c, r_n) \quad (4)$$

where  $f(\mu, r_p, r_c)$  is the function which takes into account magnetic characteristics of the magnetic circuit material  $\mu$ ; curvature  $r_c$  of conducting coating of the accelerating chamber, and the interval  $r_p$  between the median plane and the pole:

$$f(\mu, r_n, r_c) = 0,25 + \ln(r_c/r_0) + \beta^2 \cdot [0,25 + \ln(r_c/r_0) + f(\mu)] \quad (5)$$

Energy of electrons injected into the chamber can be written as

$$E_i = e \cdot U_i \cdot N_i = (E_i - E_0) N_i \quad (6)$$

where  $U_i$  is the voltage of injection;  $N_i$  is the number of injected electrons;  $E_i = m_i c^2$  is energy of electrons in injecting;  $E_0$  is rest energy of an electron.

Energy  $W$  received by the beam from the eddy electric field during  $t_i - t$  time interval can be expressed as

$$W = (m - m_i) \cdot c^2 \cdot N \quad (7)$$

Taking into account (2) and (4)–(7), inequation (1) takes the form:

$$(m - m_0) c^2 \cdot N + \frac{e^2 \cdot N^2}{8 \cdot \pi^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot R_0} f(r_c, r_n, \mu) \leq (E_i - E_0) \cdot N_i + (m - m_i) c^2 \cdot N \quad (8)$$

After simple rearrangements we obtain

$$(N_i - N) \cdot (E_i - E_0) \geq \frac{e^2 \cdot N^2}{8 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot R_0} f(r_c, r_n, \mu) = E_{EH} \quad (9)$$

From (9), we get the electromagnetic field energy  $E_{EH}$  of the electron beam circulating within the betatron which can be obtained in case

$$N_i - N \geq \frac{e^2 \cdot N^2}{8 \cdot \pi^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot R_0 \cdot (E_i - E_0)} f(r_c, r_n, \mu) \quad (10)$$

i.e. due to the appropriate number of electron lost during the process of acceleration.

Thus, inequation (10) can be interpreted as electron loss stipulated by the energy imbalance. This loss grows proportionally to the square number of accelerated particles resulting in limitation of the accelerated charge value. This is essential in designing betatrons having beam-currents of several kiloamperes.

Energy imbalance can be represented by a relation between the electromagnetic field energy  $E_{EH}$  and its kinetic energy  $T$ . Dependence between the energy imbalance and the acceleration time  $t$  can be obtained by assumption that the radius of cross-section of a toroidal beam is changed in accordance with the following law:

$$r_0 = r_i \cdot (1 - \sin \omega t) \quad (11)$$

where  $r_i$  is the radius of the beam in the moment of injection.

Values of coefficient  $\beta$  (relativistic factor) in equation (5) can be detected at any time of acceleration using the known electron velocity:

$$v = \beta \cdot c = \frac{e}{m_0 \gamma} R_0 B_{0m} \sin \omega t \quad (12)$$

where  $B_{0m}$  is the amplitude of magnetic field induction on the radius of the equilibrium orbit  $R_0$ .

Since  $\gamma = \sqrt{1/(1 - \beta^2)}$ , we obtain

$$\beta^2 = (e R_0 B_{0m} / c m_0)^2 (1 - \beta^2) \sin^2 \omega t$$

Let  $c m_0 / e R_0 B_{0m} = C$ , we get

$$\beta^2 = \frac{\sin^2 \omega t}{C + \sin^2 \omega t} \quad (13)$$

With respect to (11) and (13), we modify expression (4):

$$E_{EH} = \frac{e^2 N^2}{8 \pi^2 \varepsilon_0 R_0} \left\{ \frac{1}{4} + \ln \frac{r_c/r_i}{1 - \sin \omega t} + \frac{\sin^2 \omega t}{C + \sin^2 \omega t} \left[ \frac{1}{4} + \ln \frac{r_c/r_i}{1 - \sin \omega t} + f(\mu) \right] \right\} \quad (14)$$

while expression (2) can be written as

$$T = N \cdot E_0 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - (\sin^2 \omega t)/(C + \sin^2 \omega t)}} - 1 \right) \quad (15)$$

Relation  $E_{EH}/T$  is presented in Figure 1 at different values of  $f(\mu)$  and  $N$ . With respect to  $E_{EH}/T$ , it is obvious that the larger the charge accelerated by a cyclic accelerator, the larger imbalance between energy required for a circulating-beam instability to move along the equilibrium orbit and energy received by the electron beam from eddy electric field of betatron.

Substituting inequation for equation in (10), the upper boundary of a possible value  $N(t)$  can be found.

The results calculated for the number of circulating electrons allowing for  $f(\mu)$  function are presented in Figure 2. This calculation is theoretical because, in fact,  $f(\mu)$  function is also a function of time that has not been taken into account. As for the assumed law  $r_0 = r_i(1 - \sin\omega t)$  by which the radius of cross-section of a toroidal beam changes, it can be different. However, a type of the dependence between the particle loss and the time of acceleration is preserved (a rapid decrease at the beginning of the cycle and an increase at its end).

Figures 1 and 2 contain plots showing that owing to energy imbalance even minimum electron losses in high-energy betatrons are considerable, and they should not be neglected.

Loss of electrons caused by energy imbalance is proportional to the square number of accelerated particles in a beam, and this loss increases rapidly with the growth of accelerating charge.

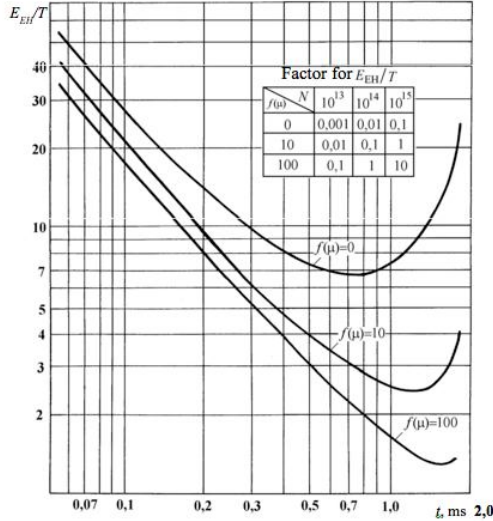


Fig. 1. Relationship between electromagnetic field energy  $E_{EH}$  and kinetic energy  $T$ .

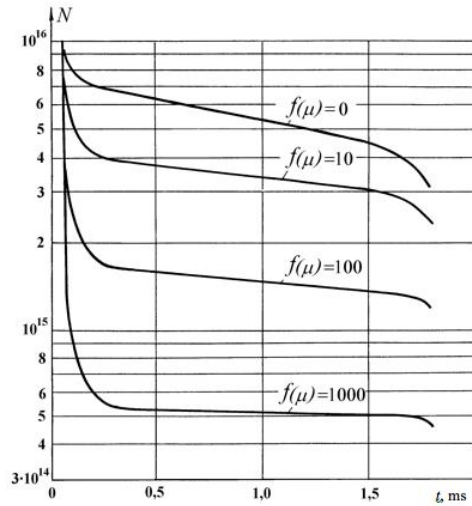


Fig. 2. Change of the number of circulating electrons at different values of  $f(\mu)$ .

From Figure 2 it follows that design of an air-cored betatron is advisable to minimize losses, at  $f(\mu) = 0$ .

The loss of charged particles is inversely related to the radius of the equilibrium orbit  $R_0$ . However, the increase of its radius is irrational because it leads to the increase of accelerator's weight  $\sim R_0^3$ .

To eliminate a part of the known instabilities of the electron beam generated by cyclic accelerators, various systems of magnetic field correction and compensation systems of reflecting currents have been developed. These systems are rather technically complex, they do not compensate energy consumption for generation of electromagnetic field. They merely slightly lower the value of energy imbalance.

To eliminate electron loss due to the energy imbalance is possible to carry out by introducing the additional energy source into the betatron that should compensate energy required for a magnetic field generation (9). Thus, it is necessary to create the additional eddy electromagnetic force:

$$\epsilon_{ad} \sim \frac{e \cdot N^2}{8\pi^2 \epsilon_0 R_0} f(r_0, r_n, \varpi) \quad (16)$$

Thus, the energy imbalance or inconsistency between energy received by the electron beam from betatron's eddy electric field and energy required for the electron beam for its stable movement is equivalent to distortion of betatron relationship 2:1 and is one of the main causes of beam instability and significant loss of accelerating charge at current acceleration of several kiloamperes.

#### References

1. Москалев В.А., Чахлов В.Л. Бетатроны. Томск: ТПУ Publishing House, 2009. P. 97-126. (rus)
2. Kapetanakis C.A. et al. // *Phys. Fluids B*. 1993. V. 5, No. 7. P. 2295.
3. Koert P. et al. // *Proc. of PAC*. 1987. P. 972-974.
4. Blaugrund A.E., et al. // *J. Appl. Phys.* 1985. V. 57, No. 7. P. 2474-2476.
5. Акимочкин Ю.В., Москалев В.А., Сергеев Г.И., et al. // *Атомная энергия [Atomic energy]*. 1993. V. 75, No. 3. Pp. 200-205. (rus)
6. Humphirts S.Jr., Terry R.L., Frauenglass A. // *J. Appl. Phys.* 1991. V. 69, No. 4. P. 1822-1834.

Черных А.А.

Студент; НИ Томский политехнический университет

**СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИК ДАТЧИКА ПОД УПРАВЛЕНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА16**

**Аннотация**

В данной работе будет описана реализация системы слежения на основе ИК дальномера SHARP GP2Y0A02 под управлением микроконтроллера Atmega16. Данная система является необходимой частью роботов (различные платформы) для ориентации а также слежении за другими объектами.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, ИК датчик, система слежения.

Chernykh A.A.

Student; Tomsk Polytechnic University

**TRACKING SYSTEM BASED ON IR SENSOR CONTROLLED BY ATMEGA16 MICROCONTROLLER**

**Abstract**

In this article will be described the tracking system implementation based on infrared distance sensor SHARP GP2Y0A02 controlled by microcontroller Atmega16. This system is a essential part of the various robotic systems (various platforms) used for targeting and for tracking other objects.

**Keywords:** microcontroller, IR sensor, tracking system.

### Введение

Автоматизация занимает огромную роль в жизни человека. Помогает в повседневной жизни, позволяет повысить производительность, делает безопасным выполнение вредных и опасных работ. В военных целях сохранить жизнь при выполнении опасных операций, а также облегчает выполнение задания, и повышает эффективность и точность. В быту помогает человеку в повседневной жизни, для развлечения и других целей. В автоматизированных и автоматических системах требуется устройство для ориентации робота в пространстве. Существуют уже готовые решения, но и у них есть недостатки. Возможна установка ультразвуковых датчиков вокруг робота, как это реализовано в роботах-пылесосах широко применяемых в быту. Также одно из решений это крепление ультразвукового датчика к сервоприводу для анализа одним датчиком сразу большой территории вокруг себя.

### Устройство системы слежения

Для реализации радара подобрана следующая элементная база: ИК дальномер SHARP GP2Y0A02, текстолит, микроконтроллер Atmega 16, редуктор с DC двигателем, оптопара KTIR, стабилизатор напряжения, конденсатор, резистор, батарея питания двигателя и МК, соединительные провода.



Рис.1 ИК дальномер SHARP GP2Y0A02



Рис.2 Микроконтроллер Atmega16



Рис.3 Редуктор с DC двигателем



Рис.4 Оптопара KTIR

### Работа ИК дальномера

Расстояние до объекта сенсоры определяют при помощи триангуляции (Рис.5). Импульс света в (ИК диапазоне), излучается и отражается обратно от препятствия (или не отражается).

Угол падения возвращаемого светового луча зависит от расстояния до отражающего объекта. Чем дальше предмет, тем соответственно меньше угол  $\alpha$  (Рис.5). Угол падения на CDD матрицу соответственно тоже изменяется обратно



пропорционально. Таким образом, рассчитывается расстояние до предмета. Соответствующее значение дальности подаётся на аналоговый выход сенсора, которое может быть считано нашим микроконтроллером.

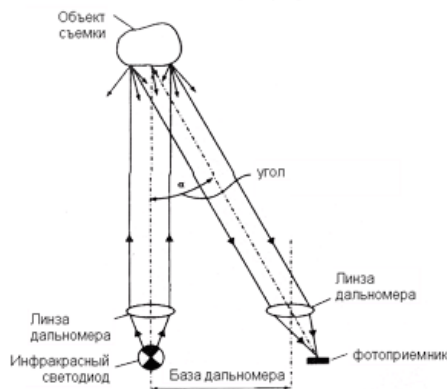


Рис.5 Схема работы ИК дальномера

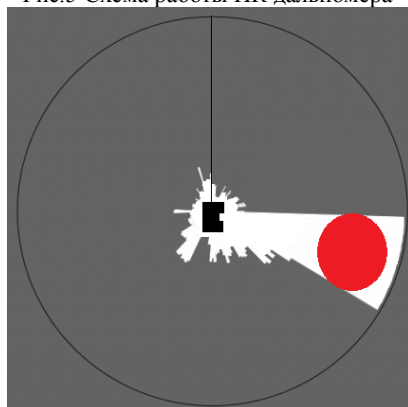


Рис.6 Принцип работы системы слежения

#### Принцип работы радара

Вращение датчика осуществляется двигателем через редуктор для достижения нужной скорости для большей скорости и без потери данных (1,5 оборота в секунду). Для передачи данных и питания используется скользящий контакт (круглая пластина из текстолита с двумя дорожками, одна из которых задействована под передачу данных, другая – под “землю”). Ось служит для питания ИК дальномера. На каждом обороте датчика при прохождении выступа через отверстие оптопары вызывается аппаратное прерывание, и таким образом точка отсчета определяется вновь. Радиус измерения с 20 до 150 см (согласно заявленному в документации датчика). При попадании объекта в область действия датчика наблюдаем провал (Рис.6). Таким образом, площадь пространства между объектом и датчиком оказывается меньше окружающей площади пространства. Так вычисляется предмет, и соответственно происходит слежение с обновлением каждые 0,67 секунд. В зависимости от поставленной задачи, зная расположение объекта можно выполнять те или иные действие (наводить камеру, двигаться за объектом и т.д.).

#### Заключение

Данная система имеет следующие преимущества: диапазон измерений 20-150см, что является относительно неплохим результатом в сравнении с другими приборами, используемыми для решения аналогичных задач, в том же ценовом диапазоне; относительно высокая скорость сканирования, позволяющая своевременно получать информацию роботом о препятствиях; экономически выгодное решение в сравнении с аналогичными системами.

#### Литература

1. Электронная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org> Режим доступа: свободный (дата обращения: 01.10.2013).
2. Лебедев М.Б. CodeVisionAVR пособие для начинающих. – Москва, издательский дом “Додэка – XXI”, 2008. – 594с.
3. Юревич Е.И. Основы робототехники. – Санкт Петербург, БХВ-Петербург, 2005. – 416с.

#### ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

Аббасов М.Г.<sup>1</sup>, Агеева С.А.<sup>2</sup>, Меджидов А.А.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Институт Химических Проблем Национальной Академии Наук Азербайджанской Республики

**СИНТЕЗ НОВЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЛИГАНД С ПЕПТИДОВЫМИ СВЯЗЯМИ КОМПЛЕКСОВ Ln(III) с ними.**

*Аннотация*

*Изучение роли хелатирующего агента органических лигандов, содержащих группы пептида в комплексообразовании с трехвалентными лантанидами, играет роль важности в теоретической и прикладной химии сегодня [1,2]. Пептиды - важные органические соединения в жизни и деятельности чело-века, и также успешно используют в качестве медицинских средств. Синтез и изучение таких веществ остаются одним из ведущих направлений в химии по сей день. С другой стороны получение и изучение свойств комп-лексов Ln (III) с такими лигандами дают нам дополнительную информацию о природе координации редких земель.*

**Ключевые слова:** комплексы лантаноидов(III), органические лиганды, пептиды.

Abbasov M. H.<sup>1</sup>, Agayeva S.A.<sup>2</sup>, Medjido A.A.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Institute of Chemical Problems NAN of Azerbaijan, mirheydara@mail.ru

**THE SYNTHESIS OF THE NEW LIGAND WITH PEPTIDE GROUPS AND COMPLEXES LN(III) WITH IT**

*Abstract*

*Studying a role chelating agent of organic ligands containing peptide groups at complexing with trivalent lanthanides plays the importance role in theoretical and applied chemistry today[1,2]. Peptides are important organic compounds in life and activity of the person, and also rather successfully use as medical means. Synthesis and studying of such substances remains one of leading directions in*

chemistry to this day. On the other hand reception and studying of properties of complexes Ln(III) with such connections gives us the additional information on the nature of coordination communication of the rare earths.

**Keywords:** complexes of the lanthanides(III), organic ligands, peptides.

Potentially heptadentate organic ligand, bis(1-phenyl-2,3-dimethyl-4-carbomoyl-5-on-pyrazoline)-2,6-pyridine(L) on the basis of pyridine-2,6-dikarboxylic acid (PDCC) and 1-phenyl-2,3-dimethyl-4-amino-5-on-pyrazoline (AP) and some complexes Ln(III) with this ligand have been synthesized. Organical synthesis has been made with mixing PDCC and AP in mol relations 1:2. A reactionary mix pounded in a current of 20 minutes with rotation, then heated up at 110-120° to definitive evaporation waters. Received the small crystallal substance was recrystallized from ethy alcohol.  $T_{\text{mel}}=345^{\circ}$ . The Ln(III) complexes have been received by mixing of the ligand(L) and inorganic salts of Ln(III) in mol relations 1:1. Has been established that the coordination compounds have a general formula  $\text{Ln(L)(X)(H}_2\text{O)}_n$ , (where  $\text{X}=\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , and  $\text{Br}^-$ ),  $n=2,3$ . The coordination numbers of the  $\text{Ln}^{3+}$  ions in the received complexes change from 10 to 11.

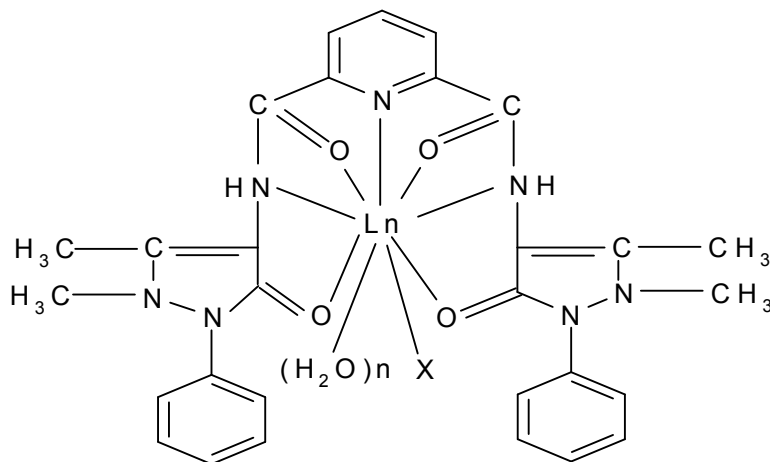


Fig.1

By means of the physical and chemical methods analysis, as elemental analysis, electronic spectroscopy, thermogravimetric and magnetochemistry measurements, in particular by IR-spectroscopy, has been investigated the expected structure of the ligand HL and complexes Ln(III) with this ligand. A middle absorption strip at  $3456\text{ cm}^{-1}$ , we have carried to  $\nu_{\text{NH}}$  valency vibration, which undergoes a high-frequency shift at complexing. In the high-frequency area due a trans-effect regulations of the molecule of ligand also appears the second strip at  $3240\text{ cm}^{-1}$ , which have widen and undergoes too at complexing. Besides in the middle field two new bands occur at  $1672\text{ cm}^{-1}$  and  $1640\text{ cm}^{-1}$ , which we have made to the strip of Amid I. Strips of Amid II, which are formed overlaying  $\nu_{\text{C-N}}$  and  $\delta_{\text{NH}}$  valence vibrations (the highfrequency shift) are very weak and are not sufficiently for identification. The absorption stirbs overlapping of deformation  $\delta_{\text{NH}}$  and  $\delta_{\text{C-N}}$  vibration at  $1296\text{ cm}^{-1}$  and  $1232\text{ cm}^{-1}$  has been found.

#### Литература

1. Cisnetti F, Gateau C, Lebrun C, Delangle P./ Lanthanide(III) complexes with two hexapeptides incorporating un-natural chelating amino acids: secondary structure and stability./ Chemistry. 2009 Jul 27;15(30):7456-69. doi: 10.1002/chem.200900747.
2. Ende CW, Meng HY, Ye M, Pandey AK, Zondlo NJ./ Design of lanthanide fingers: compact lanthanide-binding metalloproteins./Chembiochem. 2010 Aug 16;11(12):1738-47. doi: 10.1002/cbic.201000056.

#### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

Брюханова О.А.<sup>1</sup>, Ковалёва Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Белгородский Государственный Национальный Исследовательский Университет, студенты

#### ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ БЕЛГОРОДСКИХ ВУЗОВ

Аннотация

*Цель проекта:* научиться правильно, использовать продукты функционального питания для укрепления здоровья.

*Задачи:* изучить функциональные пищевые ингредиенты при функциональном питании студентов; провести анализ функционального питания студентов; представить рекомендации по правильному питанию студентов.

**Ключевые слова:** функциональное питание, студенты

Bryukhanova O.A.<sup>1</sup>, Kovaleva E.A.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Belgorod State national Research University

#### FUNCTIONAL ALIMENTATION OF THE STUDENTS FROM BELGOROD UNIVERSITY

Abstract

*Project goal:* to learn how to use the products the functional food for health promotion.

*Objectives:* To examine the functional food ingredients with functional nutrition students, an analysis of functional nutrition students, provide advice on nutrition students.

**Keywords:** functional nutrition, students

Одной из важнейших составляющих здорового образа жизни является функциональное питание. Студенты с пренебрежением относятся к своему здоровью: нехватка времени; некомпетентность в вопросах культуры питания; темп современной жизни – все это приводит к неразборчивости в выборе продуктов.

Студенческая пора очень насыщена и разнообразна, отличается большим перенапряжением нервной системы. Нагрузка, особенно в период сессии, значительно увеличивается вплоть до 15-16 час в сутки. Хроническое недосыпание, нарушение режима дня и отдыха, характера питания и интенсивная информационная нагрузка могут привести к нервно-психическому напряжению и даже срыву. В компенсации этой негативной ситуации большое значение имеет правильно организованное питание. Организм человека может приспособиться ко многому, но не к несбалансированному питанию, он не может функционировать нормально, если не получает всех компонентов питания в необходимом количестве и соотношении.

Одной из важнейших составляющих здорового образа жизни является функциональное питание. Студенты с пренебрежением относятся к своему здоровью: нехватка времени; некомпетентность в вопросах культуры питания; темп современной жизни – все это приводит к неразборчивости в выборе продуктов.

В ходе исследования было выявлено, что большинство студентов не получают необходимый уровень функциональных продуктов в рациональном питании, так как преобладают следующие продукты: хот-доги, гамбургеры, бутерброды, жевательные резинки, леденцы, газированные напитки (кока-кола, фанта) и другие.

Это буфетное питание вузов, которое складывается из следующих характеристик:

- дешевизна сырья;
- аналоги дорогих товаров и сырья.

Основными факторами риска для здоровья являются:

1. Некачественное, несбалансированное питание, избыточный вес.
2. Отсутствие сформированной физической активности, осознанной потребности в регулярной физической тренировке, гиподинамия, недостаточный объем оздоровительной двигательной деятельности.
3. Экологически неблагоприятные условия (труда, жилья, отдыха).
4. Беспорядочный режим труда и отдыха.
5. Недостаточные сон и восстановление, перегрузки.
6. Злоупотребление алкоголем, употребление наркотиков, табакокурение.

Большинство студентов питаются крайне нерегулярно, перекусывая на ходу, всухомятку. В рационе питания многих преобладают углеводы, т.к. за счет них легче восполнить энергетические затраты.

Для того, чтобы правильно сбалансировать питание витаминами и необходимыми микроэлементами, необходимо внести в рацион функциональные продукты.

Функциональным называют физиологически-полноценное питание здоровых людей с учётом их пола, возраста, характера трудовой деятельности, особенности действия климата и других факторов.

Вследствие неправильного питания, возникают болезни:

- 1) ожирение;
- 2) сахарный диабет;
- 3) гипертония;
- 4) стенокардия;
- 5) атеросклероз;
- 6) гастрит.

Физиологически обоснованным является 3-х – 4-х разовое питание с таким распределением пищевого рациона по его калорийности, чтобы завтрак и обед обеспечивали до 75 % (30 и 45% соответственно) суточной энергетической ценности рациона, на ужин приходилось только её четверть. Согласно нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для студентов суточная потребность в белке составляет 61 – 72 грамма, в том числе животного происхождения, не менее 30,5 – 36 грамм.

Здоровое функциональное питание необходимо студентам как ресурс физических сил для будущей работы и сохранению здоровья. Здоровье человека на 50% зависит от образа жизни (характера питания, стрессов, условий жизни, учебы и профессиональной деятельности), поэтому изменения здоровья зависит от желания и умения выработать разумное поведение в соответствии с условиями существования.

#### Литература

1. Пилат Т.Л., Иванов А.А. Биологически активные добавки к пище. М.: Авалон. 2002 г. 710 с.

Кузнецова Т.Г.<sup>1</sup>, Горбачева М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник; <sup>2</sup>кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН

#### РОЛЬ РЕАКЦИЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ В ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ

##### Аннотация

*В работе установлено, что стремление к достижению цели, обладающей различной ценностью и приближающейся с различными скоростями, активирует поведенческие, вегетативные и центральные реакции саморегуляции. При этом скорость, равная 50 мм/с, в отличие от высоких и низких, вызывая реакцию неопределенности, обладает наибольшей физиологической силой, что проявляется в увеличении показателя "стресс-индекса" и наиболее значимой перестройке биопотенциалов головного мозга. В зависимости от изменения ценности приближающегося объекта были зафиксированы качественное сходство и количественные различия в изменении всех регистрируемых параметров (индекса напряжения сердечного ритма, длительности реакции сосредоточения, перестройки корреляционных связей ЭЭГ) процесса достижения цели.*

**Ключевые слова:** дошкольники, когерентность ЭЭГ, индекс напряжения сердечного ритма, ценность цели-объекта.

Kuznetsova T.G.<sup>1</sup>, Gorbacheva M.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher; <sup>2</sup>PhD of Biological Sciences, Junior Researcher, I.P. Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences

#### THE ROLE OF SELF-REGULATION REACTIONS IN THE ORGANIZATION OF PURPOSEFUL BEHAVIOUR IN CHILDREN 6-7 YEARS OLD

##### Abstract

*It was shown, that the aspiration to purpose achievement possessing of different value and approaching at different speeds activates behavioral, vegetative and central reactions of self-regulation. The rate of 50 mm/sec, in contrast to the high and low speeds, causing uncertainty reaction, has the highest physiological strength that results in increased indicator of "stress index" and the most significant reorganization of brain biopotentials. Depending on changes in the value of an approaching object were detected qualitative similarities and quantitative differences in the change of the registered parameters (tension index of heart rate, duration of concentration response, reorganization of EEG correlations) of the process of achievement the aim.*

**Keywords:** preschool children, EEG coherence, tension index of heart rate, object's value.

##### Введение

Во "Вступлении" к докладу на III-м Съезде по экспериментальной педагогике в 1916 г. И.П.Павлов выделил особый рефлекс, назвав его "рефлексом цели", где отмечал, что цели могут быть важные и пустые и что надо отличать стремление от смысла и ценности цели [1].

Однако до сих пор остается загадкой физиологическая основа роли ценности цели и стремления к ней, взаимосвязь этих компонентов в процессе организации целенаправленного поведения, хотя пути ее решения искали П.К.Анохин [2], П.В. Симонов [3], Heckhausen [4], McFarland [5], Kahneman [6] и др.

Сложность анализа этой проблемы долгое время заключалась в отсутствии методик качественной и количественной оценки обуславливающих ее факторов. В 1985 году в нашей лаборатории была разработана методика [7] приближающейся цели, позволившая изучать не только содержательную сторону процесса целедостижения, но и его побудительные и организующие силы, анализировать последовательность включения и доминирования активационных систем головного мозга (системы эмоций, ориентировочного рефлекса и сосредоточения).

Было установлено, что высокие скорости (малое время, короткое расстояние) приближения цели-объекта (подкрепления) независимо от вида испытуемого, его пола и возраста активировали модулирующие системы: эмоций, сосредоточения, ориентировочного рефлекса [8]. Вместе с этим оказалось, что стремление к обладанию (захвату) целью зависит не только от скорости ее достижения, но и собственной ценности цели [9, 10]. Оба эти фактора влияли на поведенческие и вегетативные реакции саморегуляции [11, 12].

Встал вопрос, как отражаются скорость достижения цели и ее субъективная ценность на центральном уровне саморегуляции – изменении биоэлектрической активности мозга у детей старшего дошкольного возраста.

**Целью** данного исследования стал анализ некоторых показателей ЭЭГ и их корреляции с динамикой индекса напряженности (ИН) механизмов регуляции сердечного ритма детей 6-7 лет при достижении ими цели, приближающейся с различными скоростями при изменении субъективной ценности цели.

**Задачей** данной работы явилось 1) исследование распределения значимых корреляций между отдельными зонами мозга, сопровождающих ту или иную эмоциональную реакцию (*центрального компонента эмоции*); 2) соотнесение динамики в ЭЭГ с изменениями “стресс-индекса” (*вегетативного компонента эмоции*); 3) корреляция изменений ЭЭГ и ИН с поведенческими реакциями саморегуляции (*поведенческого компонента эмоции*).

#### Методика

В исследовании участвовали 39 детей в возрасте 6-7 лет. Для моделирования у испытуемых эмоционально положительных и отрицательных состояний использовалась методика приближающейся цели (МПЦ) [7]. Ее основу составляет экспериментальная установка, состоящая из лентопротяжного устройства длиной 1000 мм, на котором помещается цель-объект, и двух пультов управления: один расположен перед экспериментатором для переключения скоростей движения ленты от 250 до 5 мм/с, второй в виде кнопки – перед испытуемым для запуска лентопротяжного устройства. Осуществление инструментальной деятельности дети начинали по команде экспериментатора: «Внимание, работай!». Время ее прерывная до 60с оценивалось как пауза, более 60с – как отказ от работы и эксперимент прекращался. Скорость движения цели к испытуемому снижали последовательно от 250-125-50-25-10 до 5 мм/с.

В первом варианте исследования по мере снижения скорости движения объекта ценность цели, подобранная для каждого испытуемого индивидуально, увеличивалась и высокой скорости соответствовала самая незначимая для субъекта цель-приманка, во втором – ценность объекта и скорость его приближения понижались, а в третьем – для всех испытуемых в качестве цели выступала нейтральная деревянная фишка, не представлявшая для них интереса (схема 1).

В соответствии с представленными схемами сопоставления скорости движения объектов и предъявляемой ценности цели, проведено три серии исследования. В каждой серии цель-объект предъявлялась испытуемому по 10 раз.

В процессе работы велась видеозапись. Анализировались: длительность реакции сосредоточения, как время активного слежения за движущимся объектом, рассчитываемое в процентах от нормативного времени достижения цели на данной скорости, при условии, что коэффициент продуктивности (КП) равнялся единице, и эмоциональные реакции, меняющиеся в зависимости от скорости движения объекта.

1) Скорости движения цели (мм/с)	–	250	–	125	–	50	–	25	–	10	–	5
Эмоциональная значимость скорости	–	(+++)		(++)		(+ -)		(- +)		(- -)		(- - -)
Эмоциональная значимость цели	–	(- - -)		(- -)		(- +)		(+ -)		(++)		(+++)
2) Скорости движения цели (мм/с)	–	250	–	125	–	50	–	25	–	10	–	5
Эмоциональная значимость скорости	–	(+++)		(++)		(+ -)		(- +)		(- -)		(- - -)
Эмоциональная значимость цели	–	(+++)		(++)		(+ -)		(- +)		(- -)		(- - -)
3) Скорости движения цели (мм/с)	–	250	–	125	–	50	–	25	–	10	–	5
Эмоциональная значимость скорости	–	(+++)		(++)		(+ -)		(- +)		(- -)		(- - -)
Эмоциональная значимость цели	–	(0)		(0)		(0)		(0)		(0)		(0)

Схема 1. Сопоставление эмоциональной значимости физиологической силы раздражителей: скорости приближающегося объекта и его ценности в ситуации разнонаправленного (1), однонаправленного (2) изменения физиологической значимости факторов и нейтрального (3) раздражителя.

Обозначения: «+» – позитивная эмоциональная значимость; «-» – негативная эмоциональная значимость, “0” – нейтральный раздражитель.

Параллельно велась запись ЭЭГ от 10 симметричных отведений правого и левого полушарий: *Fp1, Fp2, F3, F4, P3, P4, T3, T4, O1, O2*, расположенных по международным схеме 10-20, монополярно с объединенным ушным электродом. Анализировались корреляционные связи между обозначенными зонами мозга в исследуемых безартефактных отрезках ЭЭГ продолжительностью не менее 60с с последующим усреднением по группе испытуемых для каждой из предъявленных скоростей. Эпоха анализа ЭЭГ составляла 4с, частота дискретизации 250 Гц.

ЭКГ отводилась от стандартных точек V1, V2. Анализировался “стресс-индекс” (индекс напряжения – ИН), рассчитываемый по формуле:  $ИН = \frac{АМо}{(2BP \times Мо)}$ , где BP вариационный размах (разница между max и min значением интервалов R-R), Мо – мода и АМо – амплитуда моды.

Запись ЭКГ и ЭЭГ вели с помощью 21-канального блока усилителя биопотенциалов фирмы “Мицар ЭЭГ” (Санкт-Петербург) с портом для ЭКГ и ЭЭГ-электродов и персонального компьютера. Для анализа результатов использовали программные пакеты “Mitsar WinEEG” и “Mitsar WinHRV”.

Анализируемые показатели статистически обрабатывались в программе StatSoft Statistika 6.0 с применением непараметрического Т-критерия Вилкоксона, значимыми считались различия на уровне  $P < 0,05$ .

#### Результаты эксперимента

Первый приход детей в экспериментальную комнату сопровождался легкой ориентировочной реакцией, которая быстро сменялась эмоционально нейтральным спокойным рабочим состоянием.

Однако ИН механизмов регуляции сердечного ритма в этот период у них составлял 203,5 усл.ед. этот показатель мало изменился и в ответ на введение скорости 250 мм/с, но по мере снижения предъявляемых скоростей и нарастании ценности цели ИН начал увеличиваться и достиг максимального значения в 377 усл.ед. при достижении цели, приближающейся со скоростью 50 мм/с, что было достоверно выше ( $p=0,002$ ) исходных значений. В дальнейшем этот показатель начал снижаться и при скорости 5 мм/с и максимальной ценности достигаемого объекта вернулся к исходным значениям (рис. 1, столбики).

При этом по мере снижения скорости приближения цели наблюдалось постепенное плавное снижение времени слежения за объектом с 93,5% при скорости движения 250 мм/с до 50% при скорости – 5 мм/с (рис. 1, линия).

Анализ ЭЭГ в этой ситуации показал, что распределение значимых ( $r > 0,4-0,8$ ) корреляций как в фоне при открытых глазах (ГО), так и в ответ на низкие скорости движения объекта, равные 25, 10 и 5 мм/с, оказались сходными (рис. 1, топограммы).

Так наиболее часто взаимосвязанными оказывались симметричные внутриполушарные теменно-затылочные и межполушарные лобно-теменные зоны мозга. При этом при достижении малозначимой цели на фоне высоких скоростей (250 и 125 мм/с) произошло увеличение в 2 раза числа симметричных внутриполушарных теменно-затылочных (с 25 до 50%) и межполушарных лобно-теменных (с 20 до 40%) связей относительно исходного состояния. Кроме этого появились новые левосторонние височно-теменные связи (22%).

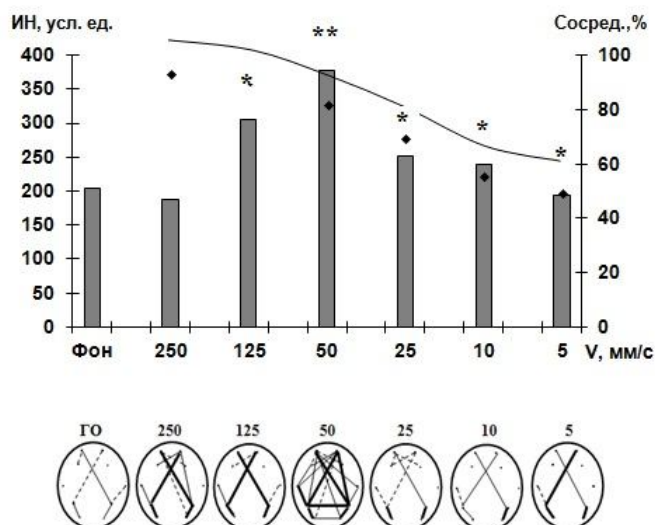


Рис.1. Изменение ИН, длительности реакций сосредоточения внимания на движущемся объекте, распределение корреляционных связей при увеличении ценности цели-объекта и снижении скорости ее приближения.

Обозначения: левая ось ординат – ИН в усл. ед.; правая ось – длительность реакций слежения в %; столбики – ИН усл. ед.; линия – изменение активного времени слежения (сосредоточения внимания) за объектом; ось абсцисс – скорости движения объекта, мм/с. Под графиком – топограммы распределения корреляционных связей между исследуемыми зонами мозга. Пунктирные линии – от 15% до 19% связей, черные тонкие – от 20% до 29% связей, черные жирные – больше 30% связей. \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ .

Одновременно выявился интересный факт – в ответ на введение скорости приближающегося объекта, равной 50 мм/с, произошло усиление взаимосвязанной активности практически всех исследуемых зон мозга на фоне увеличения количества связей между ними.

Так по сравнению с описанными вариантами предыдущих скоростей при сохранении повышенного количества симметричных внутриполушарных теменно-затылочных и межполушарных лобно-теменных связей число левосторонних височно-теменных связей увеличилось до 33%. Появились новые правосторонние височно-теменные (20%), симметричные внутриполушарные лобно-теменные (22-31%), межполушарные теменно-теменные (33%) и затылочно-затылочные (26%), лобно-височные (20-28%) и лобно-затылочные (18,5-26%) связи.

Во второй серии в исходном состоянии ИН сердечного ритма у детей снизился до 170 усл.ед. относительно исходного состояния в первой серии. Однако при достижении цели-объекта с одновременным снижением ценности и скорости его движения относительно фона «стресс-индекс» прогрессивно нарастал, достигнув максимального значения в 310 усл. ед. при движении цели, приближающейся со скоростью 50 мм/с, это оказалось достоверно ниже ( $p = 0,002$ ) в сравнении с предыдущей серией при увеличении ценности объекта (рис.2, столбики).

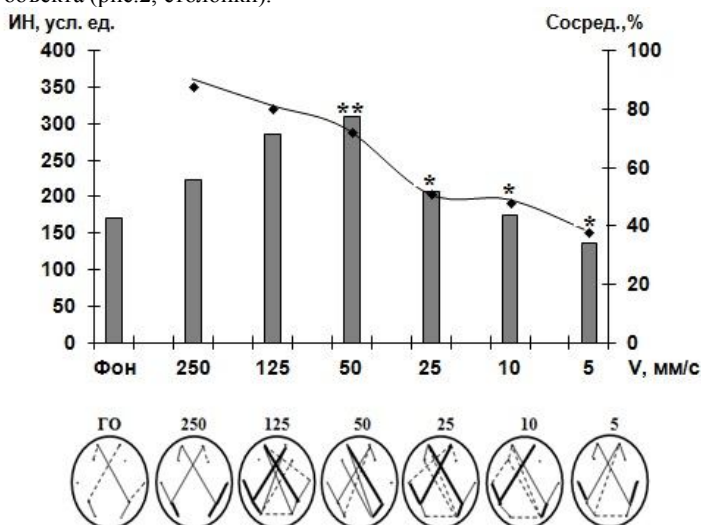


Рис.2. Изменение ИН, длительности реакций сосредоточения внимания на движущемся объекте, распределение корреляционных связей при одновременном снижении ценности и скорости движения цели-объекта. Обозначения как на рис.1.

Вместе с этим дети стали дольше следить за предпочитаемым объектом, что отразилось на плавном не достоверном снижении длительности реакции сосредоточения вплоть до скорости его движения, равной 50 мм/с (рис. 2, линия). Однако при дальнейшем снижении скорости движения объекта время слежения за ним сократилось более чем в 2 раза, проявились реакции отвлечения и частичного избегания (отведение взгляда, отворачивание головы и всего корпуса от установки), что способствовало значимому снижению ИН сердечного ритма ( $p = 0,02$ ) при достижении цели с низкими скоростями.

В этой ситуации распределение значимых ( $r > 0,4-0,8$ ) корреляций оказалось сходным как в фоне, так и в ответ на высокую (250 мм/с) и низкие (10 и 5 мм/с) скорости движения цели-объекта (рис.2, топограммы). Как и в предыдущей ситуации, наиболее



часто взаимосвязанными оказывались симметричные внутриполушарные лобно-моторные, левосторонние и правосторонние височно-теменно-затылочные, а также межполушарные лобно-теменные зоны мозга.

Существенное перераспределение корреляционных связей произошло на скорости движения объекта в 125 мм/с, которые сохранялись дольше вплоть до скорости его приближения, равной 25 мм/с. При этом на фоне сохранения правосторонних височно-теменно-затылочных связей увеличилось количество аналогичных левосторонних связей (30%), удвоилось число симметричных межполушарных лобно-теменных (с 22 до 44%) и появились новые симметричные межполушарные лобно-затылочные (22%) связи.

В третьей серии эксперимента, когда достигаемая цель представляла собой простую деревянную фишку, а ее достижение происходило на фоне спокойного сосредоточения, но все же еще на фоне эмоционально положительного реагирования на ситуацию. ИН в целом изменялся меньше, чем в двух предыдущих сериях исследования (рис.3, столбики). При этом уже в исходном состоянии он оказался почти в 2 раза ниже, чем в первой и на 45% ниже, чем во второй сериях. В ответ на скорости приближения объекта, равные 250 и 125мм/с этот показатель, как в первых двух сериях возрос, но в меньшей степени и достиг максимальных значений ( $p=0,002$ ) в ответ на введение скорости движения цели, равной 50мм/с, после чего вновь резко сократился, достигнув исходных значений.

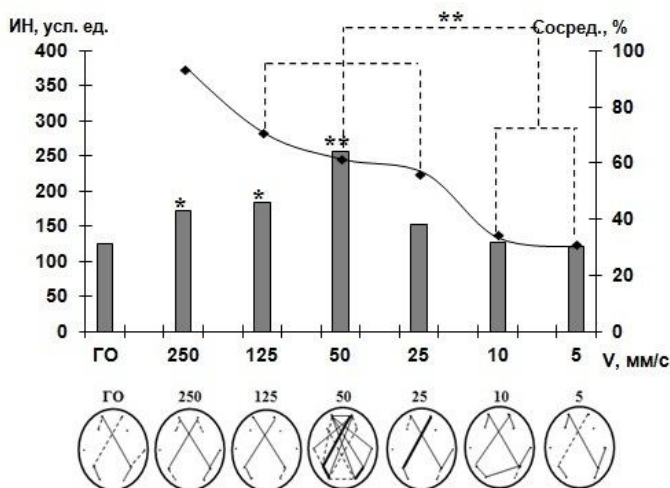


Рис.3. Изменение ИН, длительности реакций сосредоточения внимания на движущемся объекте, распределение корреляционных связей при незначимой ценности цели-объекта и снижении скорости ее приближения. Обозначения как на рис. 1.

Следует отметить, что в ответ на введение скорости движения цели, равной 50мм/с, у детей вновь (как в двух предыдущих сериях) появилась ориентировочная реакция с негативной окраской. Дальнейшее снижение скоростей приближения объекта сопровождалось усилением эмоционально отрицательного реагирования и появлением реакций пассивного избегания (отведение взгляда, отворачивания от установки и т.д.).

В результате время слежения за движущимся объектом со скоростями 10 и 5 мм/с достоверно ( $p=0,002$ ) снизилось (рис. 3, линия) относительно более высоких скоростей движения объекта (125, 50 и 25 мм/с), но распределение значимых ( $r>0,4-0,8$ ) корреляций ЭЭГ как в спокойном состоянии при открытых глазах (ГО), так и в ответ на скорости движения объекта, равные 250, 125, 25, 10 и 5 мм/с, оказалось сходным (рис. 3, топограммы).

На рисунке видно, что в этой ситуации наиболее часто взаимосвязанными оказывались симметричные лобно-моторные (от 17% до 23%), левосторонние теменно-затылочные (от 16% до 24%) и правосторонние височно-теменно-затылочные (от 16% до 26%) зоны мозга, при этом установились межполушарные лобно-теменные связи (от 19% до 28%).

Существенные изменения в распределении корреляционных связей произошли при достижении субъектом объекта, приближающегося со скоростью, равной 50 мм/с, как и в двух предыдущих сериях.

При сравнении распределения значимых связей, зарегистрированных в ответ на введение высоких и низких скоростей, сохранилось и/или увеличилось количество правосторонних височно-теменно-затылочных (30%-40%) и левосторонних теменно-затылочных связей (45%), удвоилось число межполушарных лобно-теменных (с 20 до 40%), появились новые межполушарные лобно-лобные, лобно-затылочные (до 25%) и лобно-височные (25%) связи.

В зависимости от изменения ценности приближающегося объекта были зафиксированы качественное сходство и количественные различия в изменении всех регистрируемых параметров (ИН сердечного ритма, длительности реакции сосредоточения, перестройки корреляционных связей ЭЭГ) процесса достижения цели.

Итак, для всех трех серий исследования *общим* было постепенное нарастание величины ИН по мере снижения скорости приближения цели-объекта до 50 мм/с, а затем его снижение вплоть до исходного уровня (рис.4).

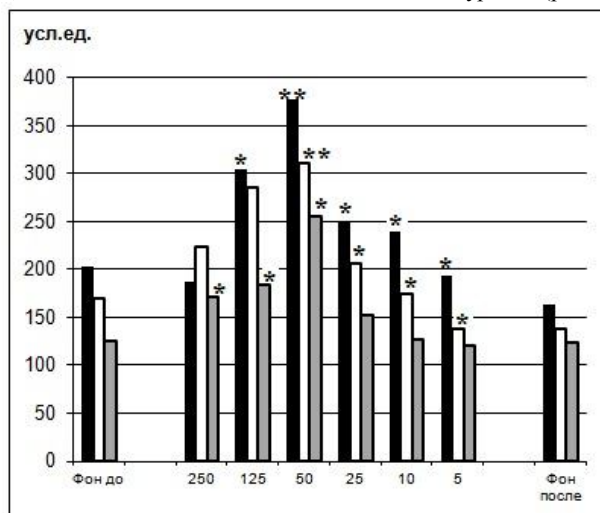


Рис.4. Характеристика ИН при изменении скорости движения и ценности достигаемого объекта.

Обозначения: по оси ординат – ИН в усл. ед.; по оси абсцисс – скорости движения объекта, мм/с; столбики: черные – при увеличении ценности цели-объекта и снижении скорости ее приближения; белые – при одновременном снижении ценности и скорости движения цели-объекта; серые – при незначимой ценности цели-объекта и снижении скорости ее приближения.

При этом по мере снижения скорости приближения цели происходило плавное и постепенное снижение длительности реакции сосредоточения на движущемся объекте.

Существенные изменения в распределении корреляционных связей были зафиксированы при достижении объекта, приближающегося со скоростью, равной 50 мм/с, а распределение значимых корреляций ЭЭГ в спокойном состоянии (ГО) и в ответ на низкие скорости движения объекта, равные 10 и 5 мм/с, оказалось сходным.

Отличным был средний уровень ИН в сериях в зависимости от изменения ценности приближающегося объекта. Самый высокий уровень ИН отмечался в первой серии при увеличении ценности цели-объекта и снижении скорости ее приближения, а самый низкий – в третьей серии с использованием незначимой цели (рис.4).

### Обсуждение

В результате проведенного исследования были установлены новые факты, связанные с реализацией достижения цели – «рефлекса цели» по И.П.Павлову [1].

Создавая методику приближающейся цели, мы исходили из того, что при достижении движущегося объекта функциональная нагрузка на аналитико-синтетические процессы должна быть минимальной, а эмоциональные реакции в ответ на неожиданное изменение и/или снижение скорости приближающегося объекта – максимальной, что и отразила динамика ИН как в предыдущих работах [11, 12], так и в данном исследовании.

Прежде всего, обратил на себя внимание факт динамического изменения «стресс-индекса» обусловленного физическими и эмоциональными параметрами достигаемого объекта – скоростью и различной его ценностью.

Однако возник вопрос – почему этот показатель оказался максимальным во всех сериях эксперимента при восприятии высоких скоростей и снизился в ответ на более низкие, даже, несмотря на увеличение ценности достигаемого объекта, хотя, следуя логике, он должен был увеличиться из-за нарастания эмоционально отрицательного напряжения?

Но особый интерес представила скорость 50 мм/с, в ответ на которую стресс-индекс оказался самым высоким.

Исходное нарастание ИН относительно фона можно объяснить возникновением ориентировочной реакции на изменение скорости, с одной стороны, и замедлением приближения объекта, с другой.

Снижение величины ИН при введении низких скоростей, скорее всего, связано с возникновением пассивных реакций избегания – отворачивание головы, отведение взгляда – которые не только снимали эмоционально отрицательное напряжение, вызванное низкими скоростями, но и помогали ребенку отвлечься от неприятной деятельности. Иными словами, дети хотя и нажимали на кнопку, но не смотрели на медленно приближающийся объект, о чем свидетельствовало снижение времени слежения за объектом, и при этом их функциональное состояние приблизилось к исходному при ГО.

Скорость приближения объекта, равная 50 мм/с, отличавшаяся в 2,5 – 5 раз от двух предыдущих, сопровождалась не только ориентировочной реакцией, но и явным недовольством. Дети спрашивали «что такое, что произошло? Почему так медленно!?!» (по Павлову – «что это?» и «что с ним делать?»). Непонимание и неопределенность ситуации вызывали «сшибку» нервных процессов и перенапряжение механизмов регуляции сердечного ритма, что и привело к статистически значимому увеличению как ИН, так и числа взаимосвязанных зон мозга и корреляционных связей между ними. На взрослых людях показано сходное изменение взаимоотношений биопотенциалов головного мозга в ситуации неопределенного отношения испытуемого к стоящей перед ним проблеме или неспособности ее преодолеть [13].

Функциональное объединение теменных зон с передними структурами, как правого, так и левого полушарий в процессе достижения цели, приближающейся со скоростью 50 мм/с, оказалось необходимым условием для принятия решения о дальнейшем продолжении деятельности и безусловнорефлекторном включении реакций саморегуляции.

Ассоциативные отделы коры, ответственные за переработку, хранение информации, формирование планов и программ деятельности проявляли наибольшую активность в регуляции функционального состояния и организации динамической системы реализации достижения цели (объекта), приближавшейся с «неопределенной» скоростью.

Дальнейшая же стабилизация всех исследуемых показателей (времени слежения, ИН, корреляционных связей) определялась включением реакций саморегуляции, принятием решения не следить за объектом и формированием «отрицательной определенности» на введение эмоционально отрицательных физических факторов.

Кроме сказанного, следует подчеркнуть, что ведущим моментом в реализации достижения цели («рефлекса цели») в наших условиях проведения эксперимента, все же оставалась скорость его реализации и в меньшей степени играла роль ценность достигаемого объекта. Видимо, простые картинки-наклейки для детей 5-7 лет уже не представляют существенного интереса и поэтому их ценность не отразилась на стремлении к их достижению.

В целом, установленные факты о возникновении эмоциональных реакций в ответ на такие физические факторы воздействия как скорость движения достигаемого объекта находят отражение не только на поведенческом уровне и в перестройке механизмов регуляции сердечного ритма, как вегетативного компонента эмоций [9, 10], но и в динамике регуляции центрального звена – в перестройке активности мозговых структур, что согласуется с исследованиями других авторов, полученных на взрослых людях в иных экспериментальных ситуациях [14, 15].

Таким образом, если первые негативно-ориентировочные реакции, возникшие в ответ на введение «неопределенной» скорости, проявились на поведенческом (реакции саморегуляции), вегетативном (увеличение ИН) и центральных уровнях (усиление внутри- и межполушарных связей), то негативность стимула отразилась позже при введении значимо низкой скорости (25-5 мм/с) его приближения.

Полученные данные, являясь совершенно новыми, в то же время согласуются с мнением других исследователей о том, что внутри- и межполушарные взаимодействия головного мозга детей играют важную роль в организации целостного поведенческого акта [16, 17, 18], стресс-индекс и время слежения за достигаемым объектом являются дополнительными диагностическими признаками степени мотивации и стремления к достижению цели.

### Литература

1. Павлов И.П. Рефлекс цели // Рефлекс свободы. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. – С. 68-75.
2. Анохин П.К. Рефлекс цели как объект физиологического анализа // Журн. высш. нерв. деят. – 1962. – Т.12. Вып.1. – С. 7-21.
3. Симонов П.В. Мотивированный мозг. – М.: Наука, 1987. – 270 с.
4. Хекхаузен Х. (Heckhausen H.) Мотивация и деятельность: пер. с нем. Т.1. – М.: Педагогика, 1986. – 408 с.
5. Мак-Фарленд Д. (McFarland D.) Поведение животных. – М.: Мир, 1988. – 487 с.
6. Канеман Д. (Kahneman D.) Внимание и усилие. – М.: Смысл, 2006. – 287с.
7. Кузнецова Т.Г., Сыренский В.И., Наулайнен Б.А. Способ определения целеустремленности // Открытия. Изобретения. – 1988. – № 27. – С. 44-46.
8. Сыренский В.И., Кузнецова Т.Г. Рефлекс цели у приматов. – Л.: Наука, 1990. – 118 с.

9. Горбачева М.В., Кузнецова Т.Г. Роль ценности цели в организации процесса ее достижения у детей дошкольного возраста // «Естественные и технические науки». – 2009. – №5 (43). – С. 104-108.
10. Кузнецова Т.Г., Горбачева М.В. Сравнительный анализ некоторых поведенческих реакций у детей и шимпанзе в процессе достижения ими цели с различной субъективной ценностью // Вестник Самарского государственного университета. Естественная серия. – 2012. – №3/1 (94). – С. 192-202.
11. Кузнецова Т.Г. Анализ вариабельности сердечного ритма дошкольника в процессе целодостижения // VI Петербургская встреча лауреатов Нобелевской премии «Наука и общество. Физиология и медицина XXI века». Тезисы секционных и постерных докладов. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 76-77.
12. Кузнецова Т.Г. Целеустремленность и напряженность механизмов регуляции сердечного ритма у детей дошкольного возраста // Междунар. научн. конф. «Актуальные аспекты современной психофизиологии», III Сборник научн. трудов. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 119-123.
13. Свидерская Н.Е. Влияние информационного перенасыщения на качество творческой деятельности и пространственную организацию электроэнцефалограммы // Физиология человека. – 2011. – Т.37. №6. – С. 28-34.
14. Афтанас Л.И., Рева Н.В., Варламов А.А. и др. Анализ вызванной синхронизации и десинхронизации ЭЭГ при эмоциональной активации у человека: временные и топографические характеристики // Журн. высш. нервн. деят. – 2003. – Т. 53. №4. – С. 485-494.
15. Лапшина Т.Н. Психофизиологическая диагностика эмоций человека по показателям ЭЭГ: Автореф. канд. дис. – М., 2007. – 26 с.
16. Безрукких М.М., Мачинская Р.И., Фарбер Д.А. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребенка // Физиология человека. – 2009. – Т. 35. №6. – С. 10-24.
17. Мачинская Р.И., Соколова Е.С., Крупская Е.В. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщ. 2. Анализ когерентности альфа-ритма // Физиология человека. – 2007. – Т.33. №2. – С. 5-15.
18. Фарбер Д.А. Принципы системной структурно-функциональной организации мозга и основные этапы ее формирования. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л.: Наука, 1990. – С.168-177.

**Желанкин А.В.<sup>1</sup>, Синёв В.В.<sup>2</sup>, Хасанова З.Б.<sup>3</sup>, Барнинова В.А.<sup>4</sup>, Постнов А.Ю.<sup>5</sup>, Сазонова М.А.<sup>6</sup>, Орехов А.Н.<sup>7</sup>, Собенин И.А.<sup>8</sup>**

<sup>1</sup> Кандидат биологических наук, Российский кардиологический научно-производственный комплекс Минздрава РФ; <sup>2</sup> аспирант, Российский кардиологический научно-производственный комплекс Минздрава РФ; <sup>3</sup> Российский кардиологический научно-производственный комплекс Минздрава РФ; <sup>4</sup> аспирант, Российский кардиологический научно-производственный комплекс Минздрава РФ; <sup>5</sup> доктор медицинских наук, Российский кардиологический научно-производственный комплекс Минздрава РФ; <sup>6</sup> кандидат биологических наук, НИИ общей патологии и патофизиологии РАМН, Российский кардиологический научно-производственный комплекс Минздрава РФ; <sup>7</sup> доктор биологических наук, профессор, НИИ общей патологии и патофизиологии РАМН; НИИ атеросклероза, инновационный центр Сколково; <sup>8</sup> доктор медицинских наук, Российский кардиологический научно-производственный комплекс Минздрава РФ, НИИ общей патологии и патофизиологии РАМН

# **МИТОХОНДРИАЛЬНЫЕ ГАПЛОГРУППЫ И ДОКЛИНИЧЕСКИЙ АТЕРОСКЛЕРОЗ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ СЕКВЕНИРОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ROCHE 454**

## **Аннотация**

Генетическая предрасположенность играет важную роль среди факторов риска таких мультифакторных социально значимых заболеваний, как атеросклероз и его клинические проявления. Данное пилотное исследование направлено на выявление взаимосвязи между типом митохондриальной гаплогруппы и риском доклинического атеросклероза у человека. Для точного выявления митохондриальных гаплогрупп было проведено высокоскоростное секвенирование митохондриального генома с использованием технологии Roche 454. Результаты исследования показали, что в российской популяции принадлежность к гаплогруппе H ассоциирована с повышенным риском атеросклероза, а принадлежность к гаплогруппам T и U – со сниженным риском. Полученные данные могут быть использованы для оценки индивидуального риска атеросклероза и дальнейшего изучения роли отдельных мутаций митохондриального генома в развитии атеросклероза и его клинических проявлений.

**Ключевые слова:** атеросклероз, гаплогруппа, митохондриальный геном, секвенирование нового поколения

**Zhelankin A.V.<sup>1</sup>, Sinyov V.V.<sup>2</sup>, Khasanova Z.B.<sup>3</sup>, Barinova V.A.<sup>4</sup>, Postnov A.Yu.<sup>5</sup>, Sazonova M.A.<sup>6</sup>, Orekhov A.N.<sup>7</sup>, Sobenin I.A.<sup>8</sup>**

<sup>1</sup> PhD in Biology, Russian Cardiology Research and Production Complex, Russian Ministry of Health; <sup>2</sup> Postgraduate student, Russian Cardiology Research and Production Complex, Russian Ministry of Health; <sup>3</sup> Russian Cardiology Research and Production Complex, Russian Ministry of Health; <sup>4</sup> Postgraduate student, Russian Cardiology Research and Production Complex, Russian Ministry of Health; <sup>5</sup> Doctor of science in Medicine, Russian Cardiology Research and Production Complex, Russian Ministry of Health; <sup>6</sup> PhD in Biology, Institute of General Pathology and Pathophysiology, Russian Academy of Medical Sciences; Russian Cardiology Research and Production Complex, Russian Ministry of Health; <sup>7</sup> Doctor of science in Biology, professor, Institute of General Pathology and Pathophysiology, Russian Academy of Medical Sciences; Institute for Atherosclerosis Research, Skolkovo Innovative Center; <sup>8</sup> Doctor of science in Medicine, Russian Cardiology Research and Production Complex, Russian Ministry of Health; Institute of General Pathology and Pathophysiology, Russian Academy of Medical Sciences

# **MITOCHONDRIAL HAPLOGROUPS AND SUBCLINICAL ATHEROSCLEROSIS: A PILOT STUDY USING ROCHE 454 NEXT-GENERATION SEQUENCING TECHNOLOGIES**

## **Abstract**

Genetic predisposition plays an important role among other risk factors in multifactorial socially significant diseases such as atherosclerosis and its clinical manifestations. This pilot study was aimed to identify the relationship between the type of mitochondrial haplogroup and the risk of subclinical atherosclerosis in humans. For accurate detection of mitochondrial haplogroups, high-throughput sequencing of the mitochondrial genome using the Roche 454 technology was carried out. The results have shown that in Russian population, the belonging to haplogroup H is associated with an increased risk of atherosclerosis, but belonging to haplogroups T and U is associated with reduced risk. The data obtained can be used to assess individual risk of atherosclerosis and for further studies on the role of mitochondrial genome mutations in the development of atherosclerosis and its clinical manifestations.

**Keywords:** atherosclerosis, haplogroup, mitochondrial genome, next-generation sequencing.

## **Введение**

Атеросклероз является наиболее распространенной патологией в современном обществе и морфологической основой для развития сердечно-сосудистых заболеваний. Вклад клинических проявлений атеросклероза в общую смертность в России и в большинстве индустриальных стран является наиболее весомым [1]. В связи с этим, большое значение имеет ранняя диагностика доклинического атеросклероза, в том числе с использованием генетических биомаркеров повышенного риска. Одним из аспектов индивидуальной генетической предрасположенности к атеросклерозу являются мутации митохондриального генома человека [2,



3]. Ряд исследований подтверждает, что принадлежность человека к той или иной митохондриальной гаплогруппе, определяемой на основе совокупности наследуемых мутаций митохондриальной ДНК (мтДНК), может влиять на прогрессирование различных мультифакторных заболеваний, в том числе сахарного диабета 2-го типа, рака пищевода и болезни Альцгеймера [4 - 7]. Так, Palacin и соавторы обнаружили, что принадлежность к гаплогруппе Н ассоциирована с ранним инфарктом миокарда в популяции Астурии (север Испании) [8]. Также выявлена повышенная встречаемость гаплогруппы Т у лиц, страдающих ишемической болезнью сердца, в популяции Австрии [9]. Ассоциация митохондриальных гаплогрупп с сердечно-сосудистыми заболеваниями атеросклеротического генеза позволяет предположить наличие взаимосвязи однонуклеотидных замен мтДНК, определяющих гаплогруппы, с развитием атеросклероза.

#### **Материалы и методы**

Обследованная выборка составила 77 человек (34 мужчины [м] и 43 женщины [ж]) из Москвы и Московской области, со средним возрастом 63,0 лет (м: 60,5, ж: 64,9). 45 участников исследования (м: 23, ж: 22) характеризовались наличием атеросклеротических поражений сонных артерий по результатам ультразвукографического исследования (средний возраст 63,2 лет, м: 60,0, ж: 66,5). Количество условно здоровых доноров составило 32 (м: 11, ж: 21) со средним возрастом 62,7 лет (м: 61,6, ж: 63,2). Артериальная гипертензия, сахарный диабет и перенесенный инфаркт миокарда были критериями исключения при формировании выборки.

#### **Ультрасонография сонных артерий**

Для оценки состояния стенки сонных артерий проводили ультрасонографию высокого разрешения в В-режиме с использованием линейного сосудистого датчика с частотой 7,5 МГц на ультразвуковом сканере SonoScape SSI-1000 (Китай). Результаты ультрасонографического исследования - значения средней толщины интимо-медиального слоя (ТИМС) и наличие атеросклеротических бляшек в бассейне сонных артерий - приведены в табл. 2.

**Таблица 2.** Ультрасонографические характеристики сонных артерий в различных возрастных группах.

Возрастная группа	Средняя ТИМС, мкм (кол-во участников)				Доля пациентов с наличием стеноза сосудов более 20%	
	Больные атеросклерозом		Условно здоровые		Больные атеро- склерозом	Условно здоровые
	м	ж	м	ж		
До 50 лет	1,03 (4)	-	0,70 (1)	0,58 (1)	0,00	0,00
51-60 лет	1,09 (5)	0,91 (4)	0,71 (3)	0,62 (8)	0,50	0,00
61-70 лет	1,01 (13)	1,04 (13)	0,77 (5)	0,67 (9)	0,62	0,00
Старше 70 лет	0,94 (1)	1,17 (5)	0,79 (2)	0,73 (3)	0,67	0,00

Для характеристики доклинического атеросклероза сонных артерий были использованы пограничные возрастно-половые значения ТИМС для жителей Московского региона [10]. При наличии атеросклеротической бляшки со стенозом сонной артерии более 20% или при наличии утолщения интимо-медиального слоя, превышающего границу 75-й перцентили, а также при совокупности этих факторов, лицам присваивалась принадлежность к группе больных доклиническим атеросклерозом. Условно здоровые участники исследования характеризовались значениями ТИМС, не превышающими медианное значение для данной возрастной группы, а также отсутствием атеросклеротических бляшек (для ряда пациентов - наличием стеноза не более 20%).

#### **Определение липидных показателей крови и индекса атерогенности**

Забор крови производили натошак из локтевой вены, в качестве антикоагулянта использовали 0,1 М Na-ЭДТА (pH=8,0). Содержание общего холестерина и триглицеридов определяли ферментативным методом с помощью наборов Fluitest (Analyticon Biotechnologies AG, Германия). Содержание холестерина липопротеидов высокой плотности определяли также ферментативным методом после осаждения липопротеидов других классов с помощью преципитирующего реагента Fluitest (Analyticon Biotechnologies AG, Германия). Содержание холестерина липопротеидов низкой плотности определяли по формуле Фридевальда. Липидный индекс атерогенности рассчитывали, как соотношение холестерина липопротеидов низкой плотности к холестерину липопротеидов высокой плотности.

#### **Выделение ДНК и обогащение мтДНК**

ДНК из замороженной цельной крови выделяли методом фенол-хлороформной экстракции с использованием протеиназы К. После выделения тотальной ДНК было проведено обогащение митохондриальной ДНК с использованием набора Qiagen™ REPLI-g Mitochondrial Kit. В 50 мл реакционной смеси было внесено около 50 нг исходной ДНК. Полученная обогащенная фракция ДНК содержала фрагменты размером 10-15 тыс. пар нуклеотидов.

#### **Секвенирование**

Для проведения высокоэффективного секвенирования митохондриального генома была использована система Roche 454 GS Junior Titanium. Из обогащенной мтДНК фракции отбирали 500 нг - количество, необходимое для создания библиотеки фрагментов ДНК и дальнейшего секвенирования. Пробоподготовка для секвенирования была проведена в соответствии с рекомендациями производителя и с использованием соответствующих реагентов. Запуск прибора и анализ качества секвенирования проводились посредством программ GS Sequencer и GS Run Browser.

#### **Анализ и статистическая обработка результатов**

Анализ последовательностей митохондриальных ДНК производился с использованием программы GS Reference Mapper. Для картирования использовалась Кембриджская эталонная последовательность митохондриального генома человека NC\_012920.1 [11].

Статистический анализ данных проводился с использованием программных пакетов Microsoft Excel 2010 и IBM SPSS Statistics v.21.0. Для определения митохондриальных гаплогрупп использовалась программа MitoTool, а также интернет-ресурсы <http://www.mitomap.org/> и <http://www.phylotree.org/>.

## Результаты и обсуждение

### Эффективность секвенирования

Основные параметры, по которым можно определить качество секвенирования, представлены в таблице 2. Исходя из этих параметров, несмотря на относительно низкий процент картируемых прочтений от их общего количества, можно сделать вывод о том, что при секвенировании было обеспечено в среднем 70-кратное покрытие митохондриального генома, достаточное для высокоточной детекции однонуклеотидных замен.

**Таблица 2.** Эффективность секвенирования митохондриального генома человека с использованием системы 454 Roche GS Junior Titanium.

Средняя длина прочтения, п.н.	Среднее количество прочтений	Среднее количество нуклеотидов, млн п.н.	Средний процент картируемых прочтений от общего количества, %
432,8 ± 4,3	2653 ± 317	1,15 ± 0,14	16,4 ± 1,8

### Митохондриальные гаплогруппы и повышенный риск атеросклероза

Возможности секвенирования с использованием технологии Roche 454 позволили максимально точно определить гаплогруппу митохондриального генома, учитывая совокупность всех однонуклеотидных замен на протяжении мтДНК. Среди здоровых лиц были представлены следующие гаплогруппы: H1, H11a1, H15a1, H1a, H1a1, H2a2a1, H49, H4a1a1a, HV5, J1c2r, J1c4, J1c4b, J2a1a1, K1a9, M10a1a2, N1b1a2a, T1a1, T2a1a, T2b, T2b25, T2b3, U2e1b1, U3b, U4a2b, U4d2, U5a2a1, U5a2b1, U7b, U8a1a1b, V1a1; среди лиц с доклиническим атеросклерозом: D4e4, H1, H13a1a1, H1b2, H1b3, H1c, H1e4, H2a1a, H2a1c, H2b, H3h, H4, H46b, H5a1a, H5a1q, H5a2, H6a1a, H85, HV0a1, HV5, I1a1a, I3a, J1b1a1, J1c4, J1c4b, J1d3b, J2a1a1a3, K1c, R1a1a1, T1a1, T2b4, T2e2, U2e1, U2e1b1, U4a1, U5a1b1, U5a2a1b, U5b2b, U8a1a1, W1e, W3a1.

В исследованной выборке гаплогруппы H, U, T и J были наиболее распространенными (85,7% случаев), что соответствует общим данным по российской популяции [12]. Гаплогруппы I, W, R и D были представлены только среди лиц с доклиническим атеросклерозом; в свою очередь, гаплогруппы N, V и M были обнаружены только среди условно здоровых лиц (табл. 3). При подсчете соотношения шансов для доклинического атеросклероза установлено, что среди наиболее распространенных гаплогрупп принадлежность к гаплогруппе H ассоциирована с повышенным риском атеросклероза ( $\chi^2=3,97$ ,  $p=0,046$ ; OR=2,76, 95%CI 1,01–7,58), а принадлежность к гаплогруппам T и U – со сниженным риском (OR=0,31 и OR=0,57, соответственно). Полученные данные по гаплогруппе H согласуются с исследованием раннего инфаркта миокарда, проведенным Palacin и соавторами на популяции Астурии [8]. Однако следует учитывать, что в астурийской популяции гаплогруппа H встречается заметно чаще, чем в российской (54,1% против 41,2%), а гаплогруппа T – заметно реже (1,1% против 9,2%). Результаты данного исследования расходятся с данными, полученными на популяции Австрии, где наблюдается тенденция к повышенному риску ИБС у лиц с гаплогруппой T. Это может быть объяснено недостаточным размером исследованной выборки, а также тем, что бессимптомный атеросклероз не имеет клинических проявлений ИБС.

**Таблица 3.** Распространенность основных гаплогрупп митохондриального генома в исследованной выборке, %.

Гаплогруппа	H	U	T	J	I	W	K	M	N	V	D	R
Условно здоровые	31,3	25,0	18,8	12,5	0,0	0,0	3,1	3,1	3,1	3,1	0,0	0,0
Больные атеросклерозом	51,1	15,6	6,7	11,1	4,4	4,4	2,2	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2

Не было обнаружено достоверных различий между значениями липидных характеристик крови, в частности липидного индекса атерогенности, как между лицами, принадлежащими к различным гаплогруппам, так и между группами с наличием и отсутствием доклинического атеросклероза. Тем не менее, среднее значение индекса атерогенности в группе больных доклиническим атеросклерозом было несколько повышено по сравнению с контрольной группой ( $3,02 \pm 1,65$ , против  $2,7 \pm 1,10$ ).

Таким образом, результаты данного пилотного исследования говорят о том, что принадлежность к митохондриальной гаплогруппе H ассоциирована с повышенным риском доклинического атеросклероза. В целом, повышенный риск атеросклероза и его клинических проявлений (например, инфаркта миокарда) у представителей гаплогруппы H может быть связан с различиями в функциональной активности митохондрий. Известно, что повышенный окислительный стресс играет немаловажную роль в патогенезе атеросклероза и его клинических последствий [13]. Для митохондрий, принадлежащих к гаплогруппе H, была обнаружена повышенная функциональная активность по сравнению с другими гаплогруппами на основании анализа интенсивности окислительного фосфорилирования и активности цитрат-синтазы [14].

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

### Литература

- Шальнова С. А., Деев А. Д. Ишемическая болезнь сердца в России: распространенность и лечение (по данным клинико-эпидемиологических исследований) // Терапевтический архив. – 2011. – №1. – С. 7–12.
- Sobenin I.A., Sazonova M.A., Postnov A.Y., Salonen J.T., Bobryshev Y.V., Orekhov A.N. Association of mitochondrial genetic variation with carotid atherosclerosis // PLoS One. – 2013. – Vol.8. – №7. - doi: 10.1371/journal.pone.0068070.
- Sazonova M., Budnikov E., Khasanova Z., Sobenin I., Postnov A., Orekhov A. Studies of the human aortic intima by a direct quantitative assay of mutant alleles in the mitochondrial genome // Atherosclerosis. – 2009. – Vol. 204. – №1. – P. 184-190.
- Castro M.G., Huerta C., Reguero J.R., Soto M.I., Doménech E., Alvarez V., Gómez-Zaera M., Nunes V., González P., Corao A., Coto E. Mitochondrial DNA haplogroups in Spanish patients with hypertrophic cardiomyopathy // Int J Cardiol. – 2006. – Vol. 112. – №2. – P. 202-206.
- van der Walt J.M., Dementieva Y.A., Martin E.R., et al. Analysis of European mitochondrial haplogroups with Alzheimer disease risk // Neuroscience Letters. – 2004. – Vol. 365. – №1. – P. 28-32.

6. Li X.Y., Guo Y.B., Su M., Cheng L., Lu Z.H., Tian D.P. Association of mitochondrial haplogroup D and risk of esophageal cancer in Taihang Mountain and Chaoshan areas in China // *Mitochondrion*. – 2011. – Vol. 11. – №1. – P. 27-32.
7. Feder J., Ovadia O., Blech I., Cohen J., Wainstein J., Harman-Boehm I., Glaser B., Mishmar D. Parental diabetes status reveals association of mitochondrial DNA haplogroup J1 with type 2 diabetes // *BMC Medical Genetics*. – 2009. – Vol. 10. – №60. – doi: 10.1186/1471-2350-10-60.
8. Palacin M., Alvarez V., Martin M., Diaz M., Corao A.I., Alonso B., Diaz-Molina B., Lozano I., Avanzas P., Moris C., Reguero J.R., Rodriguez I., López-Larrea C., Cannata-Andia J., Batalla A., Ruiz-Ortega M., Martinez-Cambor P., Coto E. Mitochondrial DNA and TFAM gene variation in early-onset myocardial infarction: evidence for an association to haplogroup H // *Mitochondrion*. – 2011. – Vol. 11. – №1. – P. 176-181.
9. Kofler B., Mueller E.E., Eder W., Stanger O., Maier R., Weger M., Haas A., Winker R., Schmut O., Paulweber B., Iglseder B., Renner W., Wiesbauer M., Aigner I., Santic D., Zimmermann F.A., Mayr J.A., Sperl W. Mitochondrial DNA haplogroup T is associated with coronary artery disease and diabetic retinopathy: a case control study // *BMC Medical Genetics*. – 2009. – Vol. 10 – № 35. – doi: 10.1186/1471-2350-10-35.
10. Собенин И.А., Сурнин С.А., Карагодин В.П., Мясоедова В.А., Кириченко Т.В., Чупракова О.В., Кожевникова Ю.А., Ковалевская Л.О., Орехов А.Н. Вариативность показателя толщины комплекса интима-медиа общих сонных артерий в московской городской популяции среди лиц без клинических проявлений атеросклероза // *Терапевтический архив*. – 2011. – №12. – С. 58-62.
11. Homo sapiens mitochondrion, complete genome. NCBI Reference Sequence: NC\_012920.1. URL: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/NC\\_012920](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/NC_012920) (дата обращения: 15.12.2013).
12. Distribution of European mitochondrial DNA (mtDNA) haplogroups by region in percentage. URL: <http://www.mtdna.eu/> (дата обращения 15.12.2013).
13. Madamanchi N.R., Runge M.S. Mitochondrial dysfunction in atherosclerosis // *Circ Res*. – 2007. – Vol. 100. – № 4. – P. 460-73.
14. Larsen S., Diez-Sánchez C., Rabøl R., Ara I., Dela F., Helge J.W. Increased intrinsic mitochondrial function in humans with mitochondrial haplogroup H // *Biochim Biophys Acta*. – 2013. – Vol. 1837. – № 2. – P. 226-231.

**Опарина О.Н.<sup>1</sup>, Кочеткова Е.Ф.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доцент, доктор биологических наук; <sup>2</sup>доцент, кандидат биологических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет»

### ПРОБЛЕМА АДАПТАЦИИ В ФИЗИОЛОГИИ СПОРТА

*Аннотация*

*В статье показана значимость исследования механизмов адаптации и компенсации у спортсменов для разработки теоретических основ системного обоснования адаптации организма в процессе достижения высшего спортивного мастерства.*

**Ключевые слова:** адаптация, дизадаптация, физическая нагрузка.

**Oparina O.N.<sup>1</sup>, Kochetkova E.F.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate Professor, Dr. Sc. (Biol.); <sup>2</sup>Associate Professor, Cand. Sc. (Biol.), Federal State Government-financed Establishment  
“Penza State University”

### A PROBLEM OF ADAPTATION IN EXERCISE PHYSIOLOGY

*Abstract*

*This paper points out the significance of investigating the adaptive and compensatory mechanisms in athletes with a view of further formulation of theoretical foundations of systems rationale for a body adaptation in pursuing the high-performance sportsmanship.*

**Keywords:** adaptation, dysadaptation, muscle loading.

Значение проблемы адаптации в спорте связано с тем, что организм спортсмена должен приспосабливаться к физическим нагрузкам на относительно короткое время. Скорость наступления адаптации и ее длительность определяют состояние здоровья и тренированность спортсмена. В этой связи значительный научный интерес для практики спорта представляет разработка системного обоснования адаптации организма в процессе достижения высшего спортивного мастерства. Морфофункциональные особенности организма человека, сформировавшиеся в течение длительного периода эволюции, не могут изменяться с такой же быстротой, с какой изменяются структура и характер тренировочных и соревновательных нагрузок в спорте [6].

Несоответствие во времени между этими процессами может приводить к возникновению дизадаптационных расстройств, которые проявляются различными патологическими нарушениями. Такое состояние может привести к развитию переутомления, перенапряжения и перетренированности, значительному снижению работоспособности и к возникновению некоторых заболеваний [1, 5].

Применительно к целям и задачам физиологии спорта заслуживает внимания дифференциация людей на различные типы по способности адаптироваться к физическим нагрузкам, что имеет конституционально-генетическую обусловленность, это необходимо учитывать при отборе перспективных спортсменов для занятия соответствующими видами спорта. Показано, что адаптация к условиям тренировок на выносливость быстрее и легче протекает у спортсменов стайерской конституции. У людей этой группы на протяжении длительного времени будет высокая работоспособность, хорошее самочувствие, реже будут возникать невротические реакции, предболезненные состояния и различные заболевания. Для тренировки и развития силовых и скоростных качеств предпочтительнее привлекать лиц со спринтерской конституцией. Установлено, что среди спортсменов высокого класса, длительное время активно занимающихся спортом, преобладают люди со стайерской конституцией [2].

Специально выполненными исследованиями показано принципиальное значение типологических особенностей нервной системы при адаптации к различным условиям деятельности. Процесс формирования и совершенствования двигательных навыков быстрее протекает у людей с сильным, подвижным и уравновешенным типом нервной системы (сангвиники). Спортсмены с сильным, но неуравновешенным типом нервной системы (холерики) быстро осваивают новые двигательные навыки, но никогда не достигают чистоты координации, так как полной дифференцировки в центральной нервной системе у них не вырабатывается. Лица с сильными, уравновешенными, но мало подвижными нервными процессами (флегматики) медленно, но прочно овладевают двигательными навыками и очень трудно их переделывают. Люди со слабым типом нервной системы (меланхолики) высоких спортивных результатов, связанных с формированием сложных двигательных навыков не достигают [7].

Общей закономерностью физиологической адаптации у спортсменов являются неплавность динамики приспособления, возникновение фаз постадаптационного снижения устойчивости и дизадаптационное расслабление.

Адаптация развивается при условии систематического воздействия тренирующих нагрузок и носит комплексный характер, поэтому защитно-приспособительные механизмы у спортсменов отличаются большой сложностью [4].

При повторных, после длительного перерыва, физических нагрузках, процесс приспособления организма протекает легче и быстрее. Это связано с тем, что после первого воздействия доля информации о приспособительных регуляциях сохраняется в общей несигнальной памяти биосистемы и облегчает повторное гомеостатическое приспособление. Важной причиной повторной адаптированности человека к физическим нагрузкам является сохранение нейродинамических изменений, обеспечивающих

поведенческую адаптацию, – фиксация в энграммах нервной сигнальной памяти образов обстановки, двигательных навыков, взаимоотношений. Повторное приспособление спортсменов к физическим нагрузкам может протекать с меньшим понижением устойчивости при условии, что с момента прекращения регулярных тренировочных нагрузок прошел продолжительный срок, необходимый для завершения фазы постадаптационного снижения устойчивости [3].

В последние годы исследованиями многих ученых показано, что физиологические механизмы адаптации к действию на человека различных экстремальных факторов являются сходными. При этом ведущее место занимают неспецифические реакции, в результате которых поддержание гомеостаза и выработка повышенной сопротивляемости к какому-либо одному фактору внешней среды влекут за собой и одновременное возрастание устойчивости организма к некоторым другим неблагоприятным воздействиям. Установлено, что физиологические изменения оказываются сходными при гипоксической тренировке, физических нагрузках, закаливании и в других случаях. В результате в организме возникают приспособительные реакции, направленные на повышение неспецифической резистентности [6].

В ускорении адаптации спортсменов к физическим нагрузкам, достижении высшего спортивного мастерства и предупреждении дизадаптационных расстройств ведущая роль принадлежит методам и средствам повышения общей неспецифической реактивности организма. К ним относят рациональный режим тренировок и отдыха, сбалансированное питание, общеукрепляющие физические упражнения, гипербарическую оксигенацию, закаливание, гипоксическую тренировку, водные процедуры, ультрафиолетовое облучение, биологические стимуляторы и другие. В настоящее время уже доказана высокая эффективность ряда мероприятий, и они должны более широко внедряться в практику спортивной физиологии и медицины.

Учение об адаптации человека к физическим нагрузкам составляет одну из важнейших теоретических основ физиологии спорта, оно поможет решить конкретные медико-биологические задачи, связанные с сохранением здоровья и повышением работоспособности в процессе систематических физических нагрузок.

#### Литература

1. Иорданская Ф.А. О норме и патологии у ведущих спортсменов // Донозологические состояния у спортсменов и слабые звенья адаптации к мышечной деятельности. – М. – 1982. – С. 10-18.
2. Казначеев В.П. Два типа реагирования на стрессовые воздействия // Адаптация и адаптогены. Владивосток. – 1977. – С. 15-18.
3. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988.
4. Опарина О.Н. Адаптогенез и адаптивная саморегуляция функций организма на физическую нагрузку // Стратегические направления развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии: материалы Всерос. научн.-практ. конф. (Саранск, 2012 г.) – Саранск: Мордов. гос. пед. ин-т, 2012. – С. 167-173.
5. Опарина О.Н. Дизадаптация при физических нагрузках // Современные проблемы и перспективы развития физической культуры, спорта, туризма и социально-культурного сервиса: Материалы I Всерос. научн.-практ. конф. (Набережные Челны, 2013 г.) – Набережные Челны: НФ Поволжской ГАФКСиТ, 2013. – Т.2. – С. 95-97.
6. Павлов С.Е. Основы теории адаптации и спортивная тренировка // Теория и практика физической культуры. – 2001. – №1. – С.32-38.
7. Царегородцев Г.И. Философские проблемы теории адаптации – М.: Мысль. – 1975. – 178 с.

Опарина О.Н.<sup>1</sup>, Кочеткова Е.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доцент, доктор биологических наук; <sup>2</sup>доцент, кандидат биологических наук; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»

#### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ АДАПТАЦИИ

#### Аннотация

В статье показана роль физиологических резервов в развитии адаптации, необходимость расширения резервных возможностей организма для повышения его резистентности к действию экстремальных факторов при выполнении интенсивных физических нагрузок.

**Ключевые слова:** адаптация, функциональные резервы, компенсаторная реакция.

Опарина О.Н.<sup>1</sup>, Кочеткова Е.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, Dr. Sc. (Biol.); <sup>2</sup>Associate Professor, Cand. Sc. (Biol.); Federal State Government-financed Establishment “Penza State University”

#### FUNCTIONAL RESERVES OF ADAPTATION

#### Abstract

In the study, the role of physiologic reserves in adaptation development is shown and the need for enhancement of body spare capacities is stressed which contributes to improvement of body resistance to the influence of the critical factors acting during vigorous exercise.

**Keywords:** adaptation, functional reserves, compensatory response.

Способность организма к адаптации, ее физиологические механизмы и адаптивные возможности связаны с эволюцией человека, представляющей собой длительный процесс целенаправленного изменения его функциональных систем. С физиологической точки зрения успешность адаптации определяется диапазоном приспособительных и компенсаторных возможностей, уровнем физиологических резервов организма.

Процесс адаптации, определяющийся уровнем развития и эффективностью мобилизации физиологических резервов, связан с неодинаковой биологической значимостью различных функциональных систем организма. При экстремальных воздействиях на организм человека они изменяются различным образом, в зависимости от того, какую роль каждая из них играет в общей приспособительной или компенсаторной реакции. Адаптация с использованием резервных возможностей основана на согласованных реакциях отдельных органов и систем, которые изменяются не одинаково, но обеспечивают оптимальное функционирование целостного организма. Адаптация представляет собой сложный процесс адекватного приспособления органов и систем организма к изменяющимся условиям среды с обязательным использованием его физиологических резервов. В настоящее время под физиологическими резервами организма понимают выработанную в процессе эволюции адаптационную и компенсаторную способность органа, системы и организма в целом усиливать во много раз интенсивность своей деятельности по сравнению с состоянием относительного покоя.

Физиологическим резервам принадлежит важная роль в сложной структуре приспособительных реакций, особенно при интенсивных физических нагрузках. Стабильность гомеостаза при физиологической адаптации или биологически целесообразная его инертность должны сочетаться со способностью организма к использованию своих физиологических резервов. Этим определяется скорость наступления адаптированности или развития дизадаптации в тех случаях, когда резко изменяется длительность или напряженность физических нагрузок [1].

Основное условие, обеспечивающее сохранение гомеостаза, состоит в том, чтобы возникшие при тренировках адаптационные сдвиги не выходили за пределы резервных возможностей организма [3, 4].

Процесс адаптации спортсменов к физическим нагрузкам – один из практически важных результатов мобилизации и использования их физиологических резервов. Все адаптационные процессы протекают с перестройкой регуляторных механизмов и использованием физиологических резервов организма. Адаптацию спортсменов можно рассматривать как комплекс физиологических реакций организма в ответ на воздействие физических нагрузок в течение длительного времени. Компенсаторные сдвиги осуществляются за счет физиологических резервов, при их истощении может развиваться предпатологическое и патологическое состояние организма. В этих случаях устранение причин, вызывающих компенсаторные изменения, приводит к восстановлению функций организма и его работоспособности [6].

В достижении устойчивой адаптации большую роль играет фактор скорости мобилизации физиологических резервов и приспособительных механизмов, а также последовательность их включения на разных функциональных уровнях. Вначале включаются обычные физиологические реакции, затем – реакции напряжения механизмов адаптации, требующие использования резервных возможностей организма, значительных энергетических затрат и вызывающие перестройку функциональных систем; чем медленнее происходит нарастание тренировочных нагрузок, тем легче организму приспособиться к ним. Это обстоятельство необходимо учитывать при обосновании режима тренировок [5].

Напряжение адаптационных механизмов при физических нагрузках резко повышает активность гипоталамо-адреналовой системы, что значительно увеличивает расход витаминов и может привести к развитию эндогенных гиповитаминозов. Наряду с гормональными сдвигами в организме спортсменов возникают сложные рефлекторные реакции, направленные на сохранение гомеостаза. В зависимости от деятельности и интенсивности физических нагрузок у спортсменов можно выделить два типа реакций: с одной стороны, адаптационные сдвиги, связанные с выработкой нового, относительно устойчивого состояния и, с другой – патологические реакции, обусловленные неспособностью организма поддерживать гомеостаз в создавшихся условиях [2].

Важным подходом в исследовании индивидуальной типологии адаптационных реакций является оценка способности организма быстро перестраиваться на новый уровень функционирования, адекватный конкретным условиям деятельности. Эта способность определяется пластичностью регуляторных систем, которая зависит от конституциональных особенностей организма, его тренированности и физиологических резервов. Одним из наиболее эффективных путей исследования в этом плане является применение функциональных проб со значительной физической нагрузкой, которые позволяют выявить скрытые, хорошо компенсированные нарушения в организме. В качестве таких проб применяют Гарвардский степ-тест и PWC<sub>170</sub>, которые характеризуют максимальную аэробную способность организма.

Дальнейшие исследования механизмов адаптации и компенсации у спортсменов позволяют построить теоретические концепции системного обоснования адаптации организма в процессе достижения высшего спортивного мастерства, выявить специфические и неспецифические изменения при избытке или дефиците физиологической активности. Медико-биологические исследования должны быть направлены на то, чтобы мобилизовать и использовать физиологические резервы для оптимальной адаптации к тренировочным нагрузкам, расширить резервные возможности организма для повышения его резистентности к действию экстремальных факторов во время тренировок и соревнований.

#### Литература

1. Давиденко Д.М., Мозжухин А.С. Функциональные резервы адаптации организма спортсмена // ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта. Л. – 1985. – 21 с.
2. Меерсон Ф.З. Основные закономерности индивидуальной адаптации // Физиология адаптационных процессов. М.: Наука. – 1986. – С. 10-76.
3. Опарина О.Н. Адаптогенез и адаптивная саморегуляция функций организма на физическую нагрузку // Стратегические направления развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии: материалы Всерос. научн.-практ. конф. (Саранск, 2012 г.) – Саранск: Мордов. гос. пед. ин-т, 2012. – С. 167-173.
4. Опарина О.Н. Дизадаптация при физических нагрузках // Современные проблемы и перспективы развития физической культуры, спорта, туризма и социально-культурного сервиса: Материалы I Всерос. научн.-практ. конф. (Набережные Челны, 2013 г.) – Набережные Челны: НФ Поволжской ГАФКСиТ, 2013. – Т.2. – С. 95-97.
5. Пшенинкова М.Г. Адаптация к физическим нагрузкам // Физиология адаптационных процессов. – М.: Наука. – 1986. – С.124-221.
6. Солодков А.С. Адаптивные возможности человека // Физиология человека. – 1988. – №3. – С.445-449.

Сафонова О.Н.<sup>1</sup>, Воронина В.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ведущий биолог; <sup>2</sup>лаборант, ботанический сад Воронежского госуниверситета

#### РОЛЬ СЕМЕННОГО ОБМЕНА В ПОПОЛНЕНИИ РАЗНООБРАЗИЯ ИНТРОДУЦЕНТОВ В КОЛЛЕКЦИОННОМ ФОНДЕ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА.

#### Аннотация

В статье говорится о ведущей роли семенного обмена между ботаническими садами для развития коллекционных фондов. Проведен анализ состояния коллекции редких декоративных травянистых многолетних интродуцентов в ботаническом саду Воронежского госуниверситета.

**Ключевые слова:** семенной обмен, коллекционный фонд, редкие травянистые многолетние интродуценты.

Safonova O.N.<sup>1</sup>, Voronina V.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Leading is biologist; <sup>2</sup>laboratory assistant, the botanical garden of Voronezh State University

#### ROLLE SEED EXCHANGE IN THE COMPLETION OF THE VARIETY OF INTRO-DUCENTS IN THE COLLECTION FUND FOR THE BOTANICAL GARDEN OF VORONEZH STATE UNIVERSITY.

#### Abstract

In the article it is discussed the leading part of the seed exchange between the botanical gardens for the development of collection funds. Is carried out the analysis of the state of the collection of rare decorative grassy longstanding introducents in the botanical garden of Voronezh State University.

**Keywords:** seed exchange, collection fund, the rare grassy longstanding introducents.

Обмен семенами между ботаническими садами представляет огромные возможности для расширения интродукционных исследований и сохранения генофонда растений, в том числе редких видов, внесенных в Красные книги.

За время существования ботанического сада издано 65 номеров каталогов, первый из которых включал 230 образцов семян, в последние годы их число значительно увеличилось, в 2013 году составило 946 таксонов. Количество образцов семян, включаемых в каталог, зависит от погодных условий вегетационного периода и от человеческого фактора.

В настоящее время ботанический сад Воронежского госуниверситета поддерживает связь с 70 зарубежными и почти со всеми ботаническими садами России. В интродукционных исследованиях за вновь поступившими растениями из различных

районов Земного шара в условиях Центрального Черноземья наибольший интерес представляют работы по биодиагностике и экологическому мониторингу [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8], интродукции и размножению растений [1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Важная роль в пополнении коллекционных фондов редких и исчезающих видов; видов, внесенных в Красные книги, также отводится семенному обмену. Число редких видов, культивируемых в коллекции ботанического сада Воронежского госуниверситета, варьирует по годам. Их много среди луковичных, корневищных многолетников и других групп.

Специально для пополнения обменного семенного фонда и массового размножения редких декоративных травянистых интродуцентов в ботаническом саду создан питомник. Наиболее декоративные из них описаны Л.М. Карташевой [16]: Пион белоцветковый - *Paeonia lactiflora* Pall. Статус 3(R). Редкий вид. Пион кавказский - *Paeonia kavachensis* Aznav. Статус 3(R). Редкий вид. Пион Млокосевича - *Paeonia mlokosewitschii* Lomakin. Статус 2(V). Уязвимый вид. Мак восточный - *Papaver orientalis* L. Статус 3(R). Редкий вид. Инкарвиллея Ольги - *Incarvillea olgae* Regel, эндем Памиро-Алтая. Колхикум великолепный - *Colchicum speciosum* Steven, вид с неопределенным статусом. Колхикум осенний - *Colchicum autumnale* L. Статус 3(R). Редкий вид. Иридиодиктиум сетчатый - *Iridiodictyum reticulatum* (M. Bieb.) Rodion. Статус 3(R). Редкий вид. Беламканда китайская - *Belamcanda chinensis* (L.) DC. in Redoute. Вид, находящийся под угрозой исчезновения. Шафран прекрасный - *Crocus speciosus* Bieb. Статус 2(V). Уязвимый вид с дизъюнктивным ареалом. Занесен в «Красную книгу СССР». Тюльпан Альберта - *Tulipa alberti* Regel. Статус 3(R). Редкий вид. Эндемик Южного Казахстана. Тюльпан Введенского - *Tulipa vvedenskii* Z. Botsch. Статус 2(V). Уязвимый вид. Узкий эндемик Узбекистана (бассейн реки Ангрен). Тюльпан Грейга - *Tulipa greigii* Regel. Статус 3(R). Редкий вид. Эндемичный вид Западного Тянь-Шаня. Тюльпан двухцветковый - *Tulipa biflora* Pall. Вид, находящийся под угрозой исчезновения. Тюльпан Кауфмана - *Tulipa kaufmanniana* Regel. Статус 3(R). Редкий вид. Тюльпан кушкинский - *Tulipa kuschensis* B. Fedtsch. Вид, находящийся под угрозой исчезновения. Эндемик Бадхыза (Туркмения). Тюльпан Максимовича - *Tulipa maximowiczii* Regel. Уязвимый вид. Эндемик Южного Памиро-Алтая. Тюльпан Микели - *Tulipa micheliana* Th. Hoog. Статус 3(R). Редкий вид. Тюльпан моголтавский - *Tulipa mogoltavica* M. Pop. et Vved. Вид находится под угрозой исчезновения. Эндемик Узбекистана и Таджикистана. Тюльпан Островского - *Tulipa ostrowskiana* Regel. Уязвимый вид. Эндемик Заилийского Алатау (Казахстан). Тюльпан превосходнейший - *Tulipa praestans* Th. Hoog. Статус 3(R). Редкий вид. Эндем юго-восточной части Памиро-Алая. Тюльпан поздний - *Tulipa farda* Stapf. Уязвимый вид. Эндем Северного Тянь-Шаня. Тюльпан родственный - *Tulipa affinis* Z. Botsch. Вид, находящийся под угрозой исчезновения. Эндем Северного Памиро-Алая. Тюльпан Фостера - *Tulipa fosteriana* Irving. Вид, находящийся под угрозой исчезновения. Эндемик западного Памиро-Алая (Узбекистан). Тюльпан Эйхлера - *Tulipa eichleri* Regel. Уязвимый вид. Эндемик Восточного Закавказья. Кандык сибирский - *Erythronium sibiricum* (Fisch. et Mey.) Kryl. Уязвимый вид, распространен, главным образом, в Северной Америке. Эремурус представительный - *Eremurus spectabilis* Bieb. Статус 3(R). Редкий вид. Относится к третичным реликтам. Эремурус белый - *Eremurus candidus* Vved. Вид, находящийся под угрозой исчезновения. Узколокальный эндем южного Памиро-Алая. Эремурус Эчисона - *Eremurus aitchisonii* Baker. Уязвимый вид. Эндем Средней Азии. Пролеска Мищенко - *Scilla misczchenkoana* Grossh. Вид с неопределенным статусом. Пролеска Розена - *Scilla rosenii* C. Koch. Уязвимый вид. Птицемлечник дугообразный - *Ornithogalum arcuatum* Steven. Вид, находящийся под угрозой исчезновения. Узколокальный эндем Ставропольской возвышенности. Лук афлатунский - *Allium aflatunense* B. Fedtsch. Уязвимый вид. Эндем Тянь-Шаня. Лук гигантский - *Allium giganteum* Regel. Статус 3(R). Редкий вид. Лук каратавский - *Allium carataviense* Regel. Статус 3(R). Редкий вид. Лук Розенбаха - *Allium rosenbachianum* Regel. Статус 3(R). Редкий вид. Эндем Юго-Западного Памиро-Алая. Лук Христофа - *Allium chrystophii* Trautv. Уязвимый вид. Эндем Горной Туркмении. Лук алтайский - *Allium altaicum* Pall. Статус 3(R). Редкий вид. Подснежник складчатый - *Galanthus plicatus* M. Bieb. Статус 3(R). Редкий вид. Подснежник белоснежный - *Galanthus nivalis* L. Статус 3(R). Редкий вид. Подснежник Воронова - *Galanthus woronowii* Losinsk. Статус 3(R). Редкий вид. Эндем Западного Закавказья. Белоцветник весенний - *Leucoium vernum* L. Статус 3(R). Редкий вид.

Перечисленные многолетники характеризуются устойчивостью в наших природно-климатических условиях и высокой декоративностью, что позволяет эффективно использовать их для цветочного оформления урбанизированных ландшафтов данного района [17].

Дальнейшая работа ботанического сада по обмену каталогами и семенами между ботаническими садами будет способствовать продолжению исследований в области интродукции и акклиматизации растений и экологическому мониторингу как в условиях Центрального Черноземья, так и в других регионах России, ближнего и дальнего зарубежья [18, 19].

#### Литература

1. Воронин А.А. Ботанический сад имени профессора Б.М. Козо-Полянского Воронежского государственного университета - центр интродукции и сохранения биоразнообразия растений / А.А. Воронин, Е.А. Николаев, А.В. Комова // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Проблемы высшего образования. - Воронеж, 2013. - № 1. - С. 185-191.
2. Влияние фосфогипса и минеральных удобрений на основные показатели плодородия и ферментативную активность чернозема обыкновенного Каменной степи Воронин А.А. диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева. Воронеж, 2007. - 185 с.
3. Влияние фосфогипса и минеральных удобрений на основные показатели плодородия и ферментативную активность чернозема обыкновенного Каменной степи Воронин А.А. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева. Каменная степь, 2007. - 19 с.
4. Воронин А.А., Протасова Н.А., Беспалова Н.С. Динамика ферментативной активности чернозема обыкновенного в условиях полевого стационарного опыта федерального полигона "Каменная степь" // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Химия. Биология. Фармация. Воронеж, 2006. № 2. С. 122-127.
5. Лепешкина Л.А., Воронин А.А., Муковнина З.П., Серикова В.И. Рекреационный мониторинг экосистем ботанического сада Воронежского госуниверситета // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. - 2012. - Т. 35. - № 3. - С. 3-6.
6. Ландшафтно-экологическая оценка рекреационного потенциала ландшафтов ботанического сада Воронежского госуниверситета / Воронин А.А., Лепешкина Л.А., Кузнецов Б.И., Николаев Е.А., Серикова В.И., Воронина В.С. // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. - 2013. - № 7-1. - С. 132-134.
7. Девятова Т.А., Воронин А.А., Румянцева И.В. Теоретическая и информационная основы биологической диагностики антропогенной деградации черноземов в ЦЧР // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. Воронеж, 2010. № 2. С. 98 -101.
8. Вострикова Т.В. Эколого-биологические особенности лобелии эринус из разных климатических зон в условиях Центрального Черноземья / Т. В. Вострикова, А.А. Воронин // Проблемы региональной экологии. 2012. № 2. С. 153-156.
9. Сафонова О.Н. Черенкование роз в условиях защищенного грунта / О.Н. Сафонова, А.А. Воронин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2011. № 1. С. 36-38.
10. Особенности семенного размножения представителей рода рододендрон (*Rhododendron* L.) / Е.В. Моисеева, Т.В. Баранова, А.А. Воронин, Б.И. Кузнецов // Проблемы региональной экологии. - Москва, 2012. - № 4. - С. 100-103.

11. Сафонова О.Н., Воронин А.А., Баранова Т.В. Семеноводство эспарцета сибирского // Пчеловодство. 2013. № 6. С. 24-26.
12. Методы черенкования роз в условиях защищенного грунта /Сафонова О.Н., Воронин А.А., Симонова Л.И., Болдырева Т.М. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. Воронеж, 2011. № 2. С. 72-74.
13. Оптимизация методики отбора перспективных интродуцентов в условиях Центрального Черноземья Баранова Т.В., Моисеева Е.В., Воронин А.А. // Фундаментальные исследования. 2012. № 3-2. С. 237-240.
14. Адаптационная способность интродуцентов в Центральном Черноземье к глобальному потеплению Баранова Т.В., Воронин А.А., Кузнецов Б.И. // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. 2013. № 7-1 (14). С. 71-72.
15. Экологические аспекты интродукции видов рода *Astragalus* в условиях Центрального Черноземья Воронин А.А., Сафонова О.Н., Воронина В.С. // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. 2013. № 7-1 (14). С. 72-74.
16. Интродукция редких и исчезающих растений в Центральном Черноземье: монография / Л.М. Карташева, З.П. Муковнина, В.Ф. Шипилова, А.В. Комова, Б.И. Кузнецов, О.Н. Сафонова, Е.А. Николаев. - Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2010. - 212 с.
17. Сафонова О.Н. Методический подход к выделению устойчивых к антропогенному загрязнению растений для использования их в селекции / О.Н. Сафонова, В.С. Воронина // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. 2013. № 11-1 (18). С. 57-58.
18. Ботанический сад Воронежского госуниверситета – центр сохранения биологического разнообразия мировой флоры / Т.А. Девятова, В.Н. Калаев, А.А. Воронин, О.Н. Сафонова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. Воронеж, 2011. № 1. С. 194-197.
19. Каталог растений Ботанического сада им. проф. Б.М. Козо-Полянского Воронежского госуниверситета / Л.М. Карташева, А.В. Комова, Б.И. Кузнецов, З.П. Муковнина, Е.А. Николаев, О.Н. Сафонова, В.В. Шестопалова, В.Ф. Шипилова, Д.И. Щеглов // - Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского госуниверситета, 2008. – 183 с.

**Старосельская А.Н.<sup>1</sup>, Романовская В.Н.<sup>2</sup>, Жаворонков Л.П.<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>Кандидат биологических наук, <sup>2</sup>Кандидат биологических наук, <sup>3</sup>Доктор медицинских наук, Федеральное Государственное бюджетное учреждение «Медицинский радиологический научный центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Обнинск, Россия.

### **ВЛИЯНИЕ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ НА СИСТЕМУ ГЕМОСТАЗА**

*Аннотация*

*Гипербарическая оксигенация находит весьма широкое применение при травматическом, ожоговом шоке, острой окклюзии артериальных стволов и других состояниях. Она усиливает перекисное окисление липидов, может не только повышать активность тромбоцитов, но и снижать ее, так как она оказывает β-адренолитическое действие (3). Показано, что окислительный стресс воздействует через модифицированные белки и липиды (6) и может вызывать изменения в системе гемостаза.*

*Целью исследования явилось изучение влияния гипербарической оксигенации на состояние системы гемостаза.*

*Задачей исследования - выяснение точек приложения действия оксидантного стресса на различные звенья системы гемостаза.*

*В опытах на крысах-самцах Вистар массой 230-250 г показано, что гипероксия в течение трех часов при избыточном давлении до 1,15 ата (однократно) вызывает укорочение тромбинового времени, повышение концентрации фибриногена, снижение фибринолитической активности крови и появление РФМК. Установлено, что повышение гемостатического потенциала крови обусловлено торможением противосвертывающей системы, поэтому при терапии кислородом необходим контроль за системой гемостаза.*

**Ключевые слова:** гипербарическая оксигенация, гемостатический потенциал, противосвертывающая система, растворимые фибринмономерные комплексы (РФМК).

**Staroselskaya A.N.<sup>1</sup>, Romanovskaya V.N.<sup>2</sup>, Zhavoronkov L.P.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Candidate of Biological Sciences, <sup>2</sup> Candidate of Biological Sciences, <sup>3</sup> Doctor of Medical Sciences, Federal State Institution "Medical Radiological Research Center" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Russia

### **EFFECT OF HYPERBARIC OXYGENATION ON HEMOSTATIC SYSTEM**

*Abstract*

*Hyperbaric oxygenation is widely used for reduction of traumatic and burn shock, acute artery trunk occlusion and other conditions. It enhances lipid peroxidation, and can both enhance and reduce platelets activity due to its β-adrenolytic activity (3). Oxidative stress was shown to effect on hemostasis by means of modified proteins and lipids (6) and can induce changes in hemostatic system.*

*The purposes of the study was to research effect of hyperbaric oxygenation on hemostatic system.*

*The aim of the study was to explore effect of oxidative stress on components of hemostatic system.*

*In experiments made on male Wistar rats with mass of 230-250g it was shown that single session of hyperoxygenation lasted for 3 hours at an excessive pressure of 1.15 ATA, reduced thrombin time, increased fibrinogen concentration, reduced blood fibrinolytic activity and caused formation of fibrin monomer complexes. It was established that enhancement of hemostatic potential of the blood is caused by suppression of anticoagulation system activity, therefore during oxygenation therapy hemostatic system should be monitored.*

**Keywords:** hyperbaric oxygenation; hemostatic potential, anticoagulation system, soluble fibrin monomer complexes.

В работе использовали крыс-самцов Вистар массой 230-250г. Гипербарическую оксигенацию проводили однократно в течение трех часов при помощи баллонов с кислородом, создавая избыточное давление до 1,15 ата. Контролем служили клинически здоровые животные, содержащиеся в стандартных условиях вивария. По окончании воздействия забирали кровь из брюшного отдела аорты, стабилизируя ее 3,8% раствором лимонно-кислого натрия в соотношении 9:1. Крыс наркотизировали тиопенталом натрия (35 мг/кг).

Тесты на протромбиновое, тромбиновое и активированное частично тромбопластиновое время (АЧТВ) выполнялись на турбидиметрическом гемокоагулометре CGL-2110 «SOLAR» (Беларусь) в соответствии с инструкцией фирмы-производителя наборов реагентов (НПО «Ренам»). Концентрацию фибриногена, содержание растворимых фибрин-мономерных комплексов, фибринолитическую активность крови эуглобулиновым методом и АДФ-индуцированную агрегацию тромбоцитов определяли общепринятыми методами, согласно описанию (1). Статистический анализ полученных данных проводили с помощью t-критерия Стьюдента.

Как видно из данных таблицы 1, при трехчасовом воздействии гипербарической оксигенации нарушений во внешнем и внутреннем пути свертывания крови зафиксировано не было. Вместе с тем, отмечалось повышение концентрации фибриногена, ускорение образования фибрина (тромбиновое время было укорочено) и появление растворимых фибрин-мономерных комплексов, а также одновременное снижение фибринолитической активности эуглобулиновой фракции плазмы. Такое

состояние системы гемостаза может рассматриваться как фактор риска внутрисосудистого свертывания крови и тромбообразования.

Табл.1 Показатели системы гемостаза у крыс Вистар после 3-х часовой гипероксии ( $M \pm m$ ).

№ п/п	Исследуемые параметры	контроль	гипероксия
1	Протромбиновое время, с	$13,9 \pm 0,2$	$14,0 \pm 0,6$
2	АЧТВ, с	$31,3 \pm 0,5$	$31,6 \pm 1,0$
3	Тромбиновое время, с	$16,9 \pm 0,2$	$15,8 \pm 0,2^*$
4	Концентрация фибриногена, г/л	$1,31 \pm 0,01$	$1,7 \pm 0,05^*$
5	Фибринолитическая активность, мин	$303 \pm 6,1$	$330 \pm 7,1^*$
6	АДФ – индуцированная агрегация тромбоцитов, %	$34,4 \pm 0,5$	$33,7 \pm 1,2$
7	Фибрин-мономерные комплексы (степень)	3/21 (I)	3/7 (II)** 4/7 (III)**

Примечание: \* - достоверное различие с интактным контролем по t- критерию Стьюдента ( $P \leq 0,05$ ).

Изменения гемостатического потенциала, возможно, связаны с воздействием кислорода под повышенным давлением на печень, в которой происходит синтез ряда факторов свертывания. Установлено, что кислород под повышенным давлением увеличивает скорость ферментативных реакций, принимающих участие в синтезе К-зависимых факторов свертывания крови в печени, наблюдается усиленное образование фибриногена и других коагуляционных факторов (2). Повышенный уровень фибриногена создает условия для увеличения вязкости крови. Возникающий в результате дисбаланс между активацией свертывания и ослаблением фибринолиза может приводить к тому, что образовавшийся фибрин нарушает микроциркуляцию.

Наряду с липопротеидами фибриноген крови подвержен свободнорадикальному окислению и является наиболее окисляемым белком плазмы крови. Окисленный фибриноген способен удерживать во взвешенном состоянии комплексы тромбоцитов с лейкоцитами (6, 4). Подобное явление может приводить к широкому распространению таких комплексов по кровеносной системе, повышая риск окклюзии кровеносных сосудов.

Из литературных данных известно, что встраивание свободных радикалов в процесс фибринообразования осуществляется по двум путям: через активацию синтеза тканевого фактора в эндотелиальных клетках и посредством прямой блокады ингибитора внешнего пути свертывания крови (7).

В ряде случаев сдвиги в системе свертывания крови в сторону гиперкоагуляции и развития тромбофилического состояния обусловлены относительной слабостью антикоагуляционного звена вследствие повышенного уровня факторов свертывания крови. Известно, что уровень прокоагулянтов в периферической крови в 5-10 раз превышает их минимальное количество, необходимое для нормального процесса гемокоагуляции. Особо важная роль в этом отношении принадлежит повышению уровня факторов: I(фибриногена), VII и VIII (5).

Таким образом, дисрегуляция системы гемостаза, наблюдаемая нами при воздействии гипербарической оксигенации, связана с относительно большей уязвимостью антикоагуляционного звена по сравнению с коагуляционным звеном системы свертывания крови. Можно считать, что повышение гемостатического потенциала под влиянием гипербарической оксигенации обусловлено угнетением активности противосвертывающей системы. Поэтому при терапии кислородом под давлением необходимо проводить динамическое наблюдение за свертывающей системой крови.

#### Литература

1. Балуда В.П., Баркаган З.С., Гольдберг Б.И. и др. Лабораторные методы исследования системы гемостаза.- Томск. – 1980.- 304 с.
2. Екимов В.А. Влияние гипербарической оксигенации на структурно-функциональное состояние тромбоцитов при синдроме ДВС //Механизмы гипербарической оксигенации. – Воронеж.- 1986. – С.123-125.
3. Мухин Е.А., Кептя Э.Б., Николай С.А. и др. Гипербарическая фармакология. – Кишинев. – 1985.
4. Ройтман Е.В., Азизова О.А., Морозов Ю.А., Асейчев А.В. //Бюл. exper.биол. -2004. -Т.138. - №5. – С.467-469.
5. Сушкевич Г.Н. Патологические системы гемостаза и принципы их коррекции при тромбофилиях различного генеза. – Краснодар: Совет. Кубань. – 2010. – С. 63-66.
6. Shoter E., Williams J.A., Lim M., Levine R. L. // Free Radic. Med. – 1994. – Vol. 17. –P.429-437.
7. Muller G., Gottsch C., Morawietz H. Oxidative stress and endothelial dysfunction //Haemostaseologie. - 2007.Feb; 27(1); 5-12.



## ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ ДАННЫХ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОШИБКУ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

## Аннотация

В представленной статье наведены результаты исследований влияния объема выборок данных энергопотребления на ошибку вычисления математической модели, которая вычисляется для ее описания. При анализе выборок учетных данных разного объема были определены методы максимально точного восстановления утерянных значений с обоснованием условий их применения.

**Ключевые слова:** парный коэффициент корреляции, выбор математической модели, энергопотребление.

**Bederak Ya.S.<sup>1</sup>, Lutchyn T.M.<sup>2</sup>, Kudritskiy M.Yu.<sup>3</sup>**

<sup>2</sup>PhD st., <sup>3</sup>undergraduate, Institute for Energy Saving and Energy Management, National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", Kiev, <sup>1</sup>engineer, PJSC "AZOT", Cherkassy

## EFFECT OF THE SAMPLE SIZE OF ENERGY CONSUMPTION DATA FOR ERRORS MATHEMATICAL MODEL

## Abstract

In this paper the results of the effect by the volume of data samples of energy consumption for calculation error of the mathematical model are presented for its depicting. Analyzing samples of accounting data of different volume were determined as accurately as possible with the usage of recovering methods for the lost values with their substantiation.

**Keywords:** pair correlation coefficient, choice of the mathematical model, energy consumption.

Согласно ПУЭ все предприятия должны быть оборудованы приборами учета электроэнергии. Учетные данные электропотребления могут быть утеряны вследствие ошибок персонала, сбоя оборудования, повреждения линий связи или программного обеспечения. Актуальность указанной проблемы была представлена ранее авторами в работе [1]. Утерянные данные рациональнее и проще всего восстанавливать регрессионным методом восстановления [2], но для этого необходимо знать оптимальный объем выборки данных, при котором их восстановление будет наиболее точным.

С одной стороны, чем больше объем выборки, тем лучше учтены будут в математической модели особенности ведения технологического процесса. А с другой стороны, чем меньше объем выборки, то тем меньше влияние сезонных составляющих, изменения температуры окружающей среды.

Пропуски как зависимых, так и независимых переменных ставят задачу определения определенного вида математической модели, которую можно использовать для восстановления данных. Для однофакторной модели  $y = f(x)$  это может достигаться путем построения моделей вида  $y = f(x)$  и  $x = f(y)$  с помощью парной регрессии.

Для двухфакторной зависимости при парном коэффициенте корреляции между зависимой и независимыми переменными более 0,75 целесообразно строить три однофакторные модели при помощи парной регрессии вместо множественной регрессии. Это проще и более эффективно, чем построение множественной линейной регрессии и не требует специального программного обеспечения, как у метода группового учета аргументов [3].

Модели строятся по различным объемам начальных выборок. Выбирается модель, которая имеет оптимальное соотношение ошибок моделей для трех зависимостей. Способ выбора лучшей математической модели описан в работе [1].

Для доказательства того, что выборка объемом  $n$  при общем количестве  $N$  значений достаточна для качественного восстановления данных, необходимо проверить это путем расчета ошибки моделей нескольких выборок того же объема. Количество выборок объемом  $n$  зависит от отношения  $N/n$  и определяется по формуле Стерджесса (Штьоргеса) [4]. Номера выборок получают с помощью генератора случайных чисел.

Для примера рассмотрим потребление и производство на промышленном заводе, а именно по производству аммиака. Так, если электропотребление  $E$  цеха зависит от объема выпуска аммиака  $A$  и от потребления природного газа  $G$ , то при наличии пропусков данных и в зависимых, и в независимых переменных и при тесной связи между этими переменными необходимо для восстановления данных строить 3 модели:  $E = f(A)$ ,  $A = f(G)$ ,  $G = f(E)$ .

Фрагмент исходных данных приведен на рис. 1. Пробелы данных показаны разрывами графика. Исходные значения выработки аммиака  $A = 40,29$  т, расхода электроэнергии  $E = 31,91$  МВт·ч, расхода природного газа  $G = 45,21$  тыс. м<sup>3</sup>.

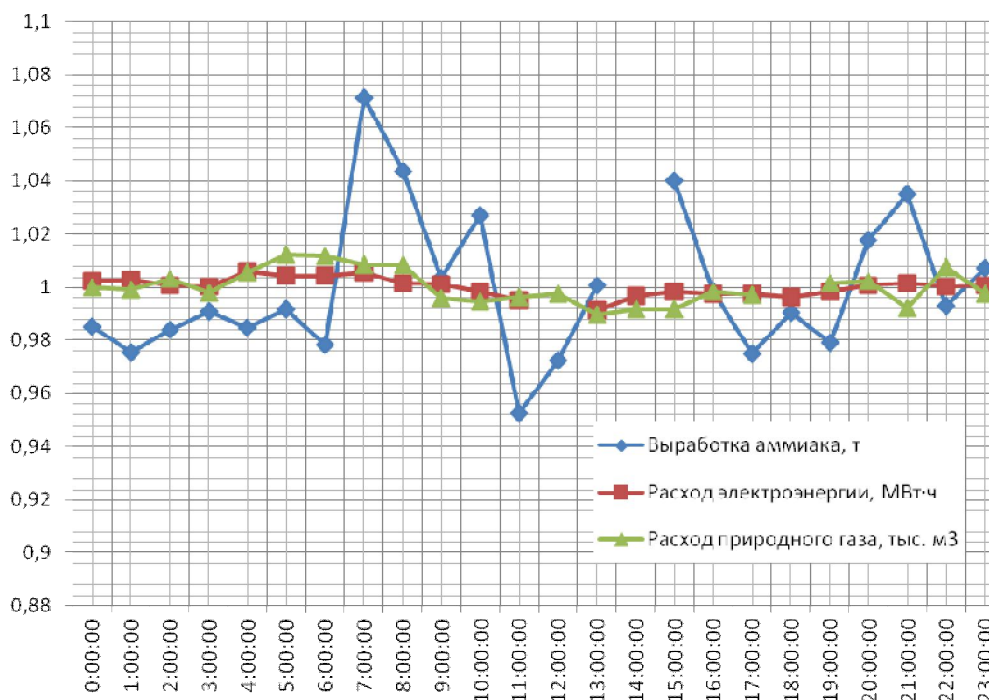


Рис. 1 – Исходные значения выработки аммиака, расхода электроэнергии и природного газа

Напомним, что для качественного восстановления данных необходимо перед использованием их проверить их на грубые ошибки критерием Ирвина [5]. Ошибки математических моделей рассчитывались в программном комплексе Matlab 7.0 (пакет Curve Fitting Tools) [6]. Исследовались выборки с комплектами рядками длительностью 24, 48, 168, 350, 700, 1050 часов. Методом перебора определялась средняя абсолютная процентная ошибка моделей *MAPE* [7] среди функций экспоненциальных Exp, Фурье Fourier, полиномиальных Polynom, степенных Power, рациональных RAT, синусоидальных SumSin, математическое описание которых было представлено ранее в работе [7].

Наилучшая модель выбирается из более, чем 50 моделей. Расчет занимает для каждого объема выборки около 3 часов. Поэтому, необходимо выбрать вид функции, обеспечивающей наилучшее качество восстановления данных, и использовать не все функции, а только 8÷10 шт. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты расчета ошибки моделей математических моделей зависимостей  $E=f(A)$ ,  $A=f(G)$ ,  $G=f(E)$

Объем выборки	Вид модели для $A=f(G)$	Ошибка модели $A=f(G)$ , %	Вид модели для $E=f(A)$	Ошибка модели $E=f(A)$ , %	Вид модели для $G=f(E)$	Ошибка модели $G=f(E)$ , %
24	Exp1	2,23	Exp2	0,26	Exp1	0,38
	Fourier1	1,73	Fourier4	0,27	Fourier1	0,44
	Polynomial12	3,81	Polynomial12	0,28	Polynomial11	0,38
	Power2	2,22	Power1	0,28	Power2	0,38
	RAT54	2,10	RAT32	0,28	RAT24	0,37
	SumSin8	1,25	SumSin3	0,27	SumSin7	1,34
	Среднее значение	2,22	Среднее значение	0,27	Среднее значение	0,55
Объем выборки	Вид модели для $A=f(G)$	Ошибка модели $A=f(G)$ , %	Вид модели для $E=f(A)$	Ошибка модели $E=f(A)$ , %	Вид модели для $G=f(E)$	Ошибка модели $G=f(E)$ , %
48	Exp2	3,03	Exp2	1,13	Exp1	3,71
	Fourier2	11,58	Fourier2	3,13	Fourier1	2,99
	Polynomial12	3,50	Polynomial12	1,12	Polynomial11	3,73
	Power2	3,97	Power2	1,39	Power2	3,74
	RAT41	3,25	RAT42	1,11	RAT42	2,48
	SumSin7	2,30	SumSin6	0,87	SumSin3	2,06
	Среднее значение	4,61	Среднее значение	1,46	Среднее значение	3,12
168	Exp2	2,42	Exp2	0,97	Exp1	1,55
	Fourier1	2,43	Fourier1	0,75	Fourier1	1,39
	Polynomial12	2,47	Polynomial14	0,83	Polynomial12	1,42
	Power2	2,70	Power2	1,21	Power2	1,46
	RAT43	2,29	RAT51	0,90	RAT43	1,22
	SumSin8	2,10	SumSin6	0,53	SumSin5	1,03
	Среднее значение	2,40	Среднее значение	0,87	Среднее значение	1,34

350	Exp2	2,46	Exp2	1,18	Exp2	1,48
	Fourier1	30,26	Fourier1	1,14	Fourier1	1,04
	Polynomial2	2,45	Polynomial3	1,14	Polynomial3	1,54
	Power2	2,44	Power2	1,31	Power1	1,74
	RAT42	2,48	RAT31	1,11	RAT42	1,19
	SumSin6	2,25	SumSin1	1,24	SumSin2	1,04
	Среднее значение	7,06	Среднее значение	1,19	Среднее значение	1,34
700	Exp1	2,31	Exp1	1,66	Exp2	1,82
	Fourier1	2,19	Fourier1	1,50	Fourier1	1,70
	Polynomial4	2,07	Polynomial3	1,51	Polynomial4	1,71
	Power2	2,20	Power1	1,63	Power2	2,14
	RAT43	2,14	RAT53	1,47	RAT32	1,75
	SumSin1	2,19	SumSin7	1,41	SumSin	1,53
	Среднее значение	2,18	Среднее значение	1,53	Среднее значение	1,78
Объем выборки	Вид модели для $A = f(G)$	Ошибка модели $A = f(G)$ , %	Вид модели для $E = f(A)$	Ошибка модели $E = f(A)$ , %	Вид модели для $G = f(E)$	Ошибка модели $G = f(E)$ , %
1050	Exp1	2,31	Exp1	1,46	Exp2	1,84
	Fourier1	2,00	Fourier1	1,33	Fourier1	1,67
	Polynomial5	2,00	Polynomial3	1,33	Polynomial3	1,71
	Power2	2,09	Power1	1,42	Power2	2,07
	RAT43	1,97	RAT55	1,36	RAT54	1,65
	SumSin7	2,00	SumSin3	1,26	SumSin6	1,61
	Среднее значение	2,06	Среднее значение	1,36	Среднее значение	1,76

Способом, предложенным в работе [1], найдены математические методы, обеспечивающие оптимальное соотношение ошибок моделей для каждого объема выборки для трех зависимостей.

В полярных координатах круговая диаграмма разбивается на три сектора, которые содержат столько лучей, сколько математических моделей применяется (все вышеперечисленные в табл. 1). В масштабе отмечаются значения  $MAPE$  на каждом луче. Вершины векторов на лучах соединяются в треугольники. Треугольник с минимальной площадью определяет оптимальную модель. Результаты расчета площади треугольников по каждой зависимости приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты расчета метода с минимальной ошибкой модели для каждого объема выборки трех зависимостей между разными потребленными ресурсами и выпущенной продукцией, ед. кв.

Вид математической модели	Объем выборки, ч					
	24	48	168	350	700	1050
Exp	0,716	8,144	3,297	3,582	4,792	4,463
Fourier	0,637	34,728	2,697	29,111	4,135	3,565
Polynomial	1,179	9,165	2,917	3,602	4,007	3,618
Power	0,737	11,055	3,882	4,216	5,097	4,437
RAT	<b>0,630</b>	6,235	2,596	3,047	4,084	3,543
SumSin	1,176	<b>3,689</b>	<b>1,650</b>	<b>2,765</b>	<b>3,704</b>	<b>3,215</b>
Минимальное значение	0,630	3,689	1,650	2,765	3,704	3,215

Значение вида математической модели в табл. 3 и далее, при котором наблюдается оптимальное сочетание ошибок модели, выделено полужирным шрифтом.

Наилучший метод восстановления данных для выборок объемом 48 часов и более – метод суммы синусоидальных функций. А для выборки объемом 24 часа – лучший метод – соотношения полиномов. Но если для анализа применяются выборки с разным объемом данных, то учитывая меру соизмеримости погрешности при помощи суммы синусоидальных функций, с целью унифицирования расчетов можно применять указанный метод во всех случаях.

Рассмотрим более детально вариант, когда выборки данных сформированы по часовым суточным значениям. Согласно представленной таблице проанализируем правильность выбора математической модели с наименьшей ошибкой. Это

утверждение проверено при помощи генератора случайных чисел. В качестве репрезентативных согласно теории случайного распределения им из 45 суточных значений выбрано 6 суток под номерами 1, 5, 17, 32, 37, 39. Для массивов суточных значений определена ошибка модели (табл. 3).

Таблица 3 - Результаты расчета метода с минимальной ошибкой модели для различных суточных объемов выборки для зависимостей  $E = f(A)$ ,  $A = f(G)$ ,  $G = f(E)$ , кв. ед.

Вид математической модели	Номер суток					
	№1	№5	№17	№32	№37	№39
Exp	0,716	0,365	0,164	0,446	0,158	0,196
Fourier	0,637	0,425	0,161	0,401	0,148	0,192
Polynomial	1,179	0,370	0,156	0,472	0,155	0,214
Power	0,737	0,357	0,163	0,451	0,156	0,225
RAT	<b>0,630</b>	<b>0,324</b>	<b>0,157</b>	<b>0,397</b>	<b>0,143</b>	<b>0,208</b>
SumSin	1,176	2,834	0,162	0,436	0,144	1,319
Минимальное значение ошибки	0,630	0,324	0,157	0,397	0,143	0,192

Таким образом, для всех суточных массивов целесообразно использовать отношение полиномиальных функций. Доказано, что для восстановления данных электропотребления в цехе аммиака достаточно использовать суточную выборку значений среднечасового расхода электроэнергии, газа и объема выпуска аммиака.

Рассчитывался парный коэффициент корреляции и определялась зависимость среднего значения ошибки модели от парного коэффициента корреляции зависимостей  $E = f(A)$ ,  $A = f(G)$ ,  $G = f(E)$  и от объема выборки. Результаты расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 4 - Среднее значение ошибки модели (MAPE) и парный коэффициент корреляции (ПКК) для трех зависимостей между разными потребленными ресурсами и выпущенной продукцией с учетом объема выборки

Объем выборки	MAPE для $A = f(G)$ , %	ПКК	MAPE для $E = f(A)$ , %	ПКК	MAPE для $G = f(E)$ , %	ПКК
24	2,223	-0,088	0,271	0,190	0,546	0,716
48	4,605	0,762	1,457	0,890	3,117	0,787
168	2,401	0,886	0,867	0,947	1,343	0,923
350	7,059	0,871	1,186	0,786	1,337	0,790
700	2,180	0,924	1,528	0,802	1,775	0,789
1050	2,063	0,910	1,360	0,813	1,759	0,778

Из табл. 4 следует, что парный коэффициент корреляции не влияет на ошибку математической модели.

#### Выводы

В результате исследований были сделаны следующие выводы:

1. Предложен способ определения оптимального объема выборки данных, при котором восстановление их будет наиболее точным.
2. Для сокращения времени выбора оптимальной математической модели необходимо выбрать такой вид функции, который обеспечивал бы наилучшее качество восстановления данных.
3. Среднее значение ошибки модели не зависит от парного коэффициента корреляции однофакторных зависимостей между разными потребленными ресурсами и выпущенной продукцией.

#### Литература

1. Волошко А.В. Відновлення втрачених облікових даних / А.В. Волошко, Т.М. Лугчин, Д.К. Міщенко [та ін.] // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2012. – Вип. 2 (73) – С. 40 – 44.
2. Злоба Е. А. Статистические методы восстановления пропущенных данных / Е. А. Злоба, И. Р. Яцкив // Computer Modelling & New Technologies. – Vol. 6 – 2004. – С. 51– 61.
3. Находов В.Ф. Застосування методів самоорганізації математичних моделей енергоспоживання для встановлення «стандартів» в системах оперативного контролю енергоефективності / В.Ф. Находов, І.В. Стеценко, Я.С. Бедерак // Енергосбереження, енергетика, енергоаудит. – 2010. – № 5. – С.23-33.
4. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул // М.: Высш. школа, 1988. – 239 с.
5. Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели : учеб. пособие для вузов / В.В. Федосеев [и др.]. – М. : ЮНИТИ. – 2002. – 391 с.
6. Дьяконов В. Математические пакеты расширения Matlab. Специальный справочник / В. Дьяконов, В.Круглов. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
7. Волошко А.В. Восстановление учетных данных энергопотребления на промышленных предприятиях / А.В. Волошко, Т.Н. Лугчин, Я.С. Бедерак // Материалы VII Международной научно-практической конф. «Техника и технология: Новые перспективы развития», Москва, 2012. – С. 179 – 188.

**Березин А.В.**

Аспирант, Нижегородский государственный технический университет  
**МУЛЬТИАГЕНТНОСТЬ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА**

*Аннотация*

Статья посвящена созданию мультиагентной системы мониторинга компьютерной сети, описаны методы и подходы, использованные при работе над системой мониторинга, представлено описание создаваемой системы.

**Ключевые слова:** мультиагентный, мониторинг, сеть, гетерогенный.

**Berezin A.V.**

Postgraduate student, Nizhny Novgorod state technical university  
**MULTIAGENCY MONITORING SYSTEM**

*Abstract*

The article deals with designing multiagent network monitoring system. Methods and approaches are described in article. The description of created system is presented.

**Keywords:** multiagent, monitoring, network, heterogeneous.

Вендоры сетевого оборудования стараются сделать свой продукт уникальным, даже если функционал у устройств разных производителей один и тот же, у них различается система команд и идентификаторы OID. Развитие информационных технологий подразумевает под собой не только возможность собирать и накапливать информацию, но и осуществлять ее анализ, делая на основании его результатов конкретные выводы, полезные для соответствующей отрасли, чего не могут дать большинство из существующих сейчас на рынке систем мониторинга [1], что, в свою очередь, переходит в обязанности сетевых инженеров и системных администраторов, делая их труд напряженным, однообразным и утомительным.

Гетерогенная сеть, т.е. сеть, где используется оборудование различных вендоров, является типичной для среднего и крупного бизнеса в России. Проблемой является то, что ни одна из существующих сегодня систем мониторинга (NMS) не может дать рекомендаций по возможной проблемной ситуации, поэтому требуется их интеллектуализировать.

Типовые задачи, решаемые системой мониторинга:

- сбор информации с сетевого оборудования;
- обработка и хранение собранных данных;
- анализ данных на наличие отклонений;
- выдача рекомендаций при наличии зафиксированных отклонений.

Для их решения предлагается использовать средства интеллектуальной поддержки принятия решения, а для описания предметной области - универсальный аппарат фреймов, который совместно с протоколом SNMP позволяет автоматизировать синтез средств интеллектуальной поддержки.

Фреймовая модель для системы мониторинга имеет следующий вид (рисунок 1):

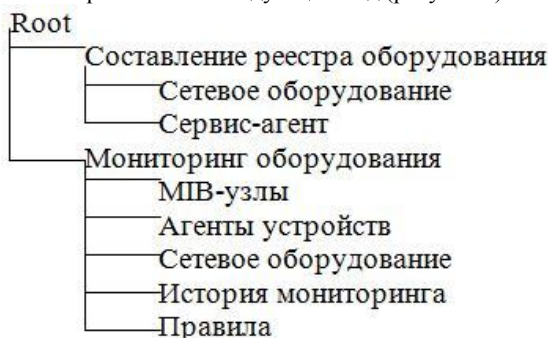


Рисунок 1 – Иерархия фреймов

В таблице 1 представлен пример структуры фрейма.

Таблица 1 – Структура фрейма «Опрос оборудования»

Имя слота	Значение слота	Демон	Дескриптор
Имя фрейма: <b>Опрос оборудования</b>			
<b>Слот 1:</b> IP адрес устройства	сетевой адрес устройства	автоматический опрос устройства на предмет наличия его IP адреса	при выполнении этого условия передается управление в 2 слот
<b>Слот 2:</b> DNS имя устройств	имя, присвоенное устройству	автоматический опрос устройства на предмет наличия его DNS имени	при получении данного значения выполняется слот 3
<b>Слот 3:</b> ID устройства	идентификатор устройства	автоматические назначение идентификатора	после выполнения этого условия передается управление слоту 4
<b>Слот 4:</b> ID модели устройства	идентификатор модели устройства	автоматическое присвоение сетевому оборудованию идентификатора модели	
<b>Дескриптор:</b> собрать информацию об устройстве			

При возникновении ситуации, когда невозможно получить данные по слоту 1, управление передается другому фрейму – поиск оборудования.

Фреймовая модель описывает типовые ситуации, возникающие при решении типовых задач мониторинга, которые описаны с помощью сценариев.

**Противоречия, характерные для систем мониторинга сети:**

- не универсальность систем мониторинга: каждая компания создает свой собственный программный продукт, который не может быть перенесен в другую корпоративную среду [2];
- отсутствие стандарта в контролируемых параметрах: есть некоторый небольшой повторяющийся во всех системах мониторинга набор параметров, который дополнительно расширяется другими параметрами, которые добавляются по желанию разработчиков или заказчиков [3];
- пассивный сбор данных: система мониторинга формирует определенную статистику, но не может указать на причину, по которой возникают сбои, а также не может дать рекомендаций по их устранению.

Данная работа посвящена проблеме создания основы, базы для интеллектуализации систем мониторинга сетей.

Система мониторинга подразумевает зависимость от человека, который может не только следить за ней, но и вмешиваться в ее работу. Такое вмешательство не всегда производится квалифицированным или уполномоченным на то персоналом, что может нарушить работу самой системы. Чтобы этого избежать, необходимо, чтобы система мониторинга могла работать в полуавтономном режиме как экспертная система, могла сама давать необходимые рекомендации.

При построении систем управления и мониторинга в режиме реального времени, каждый практик неизбежно сталкивается с проблемой построения аппарата ситуационного описания [4] и интерфейса, который наглядно отображает ситуации в предметной области функционирования АС.

**Свойства корпоративных компьютерных сетей:**

1. Гетерогенность [5];
2. Изменчивость параметров во времени;

3. Изменчивость каталога установленных устройств;
4. Модифицируемость и расширяемость.

В данной работе предложена модель фреймового представления объектов при проектировании информационного обеспечения системы мониторинга процессов корпоративной IP сети, отличающаяся легкой расширяемостью и модифицируемостью, подстраиваясь, таким образом, под различные условия использования.

Как показали исследования, данная модель характеризуется высоким уровнем универсальности и легко переносима с одной предметной области на другую. Система мониторинга состоит из двух частей: статическое ядро, переносимое с одной NMS на другую и подсистемы взаимодействия с окружающей средой, которая требует адаптации для каждой конкретной сетевой структуры. Такого типа адаптация заключается в том, что система мониторинга настраивается на конкретные модели и параметры оборудования. В ядро входит вся логика работы программы: экспертная система, система управления агентами, база знаний, база данных, фреймовая подсистема, «скелеты» агентов.

Фрейм любого вида – это та минимально необходимая структурированная информация, которая однозначно определяет данный класс объектов. Наличие фрейма позволяет относить объект к тому классу, который им определяется. [6]

Фрейм является структурой данных для представления стереотипной ситуации. С каждым фреймом ассоциирована информация разных видов. Одна ее часть указывает, каким образом следует использовать данный фрейм, другая – что предположительно может повлечь за собой его выполнение, третья – что следует предпринять, если эти ожидания не подтверждаются. [6]

Фреймовая модель – инструментальный концептуальный проектирования БД – информационного обеспечения: фрейм с именем «Опрос оборудования» определяет состав таблицы «Устройство»; «Сбор csv лог-файлов» – «Правила csv агента», «SNMP» – «Модель устройства», «Конкретизация вендора» – «MIB устройства», «Настройка агента» – «Агент устройства», «Выделение необходимой информации» – «MIB модели устройства», «Анализ значений» – «История параметров устройства», «Обращение к БЗ для поиска соответствующего решения» – «Правила для агентов», «Запись истории мониторинга» – история мониторинга.

Для мониторинга и управления сетями для стека TCP/IP создано два протокола: SNMP (Simple Network Management Protocol) [7, 8, 9, 10] и CMOT (Common Management information protocol Over TCP) [11]. В последнее время применение протокола CMOT ограничено [12]. Обычно управляющая прикладная программа воздействует на сеть по цепочке SNMP-UDP-IP-Ethernet [12].

Основной концепцией протокола SNMP является то, что вся необходимая для управления устройством информация хранится на самом устройстве – коммутаторе, маршрутизаторе и т.п. – в так называемой базе данных информации управления (MIB – Management Information Base).

Существует несколько стандартов на базы данных управляющей информации для протокола SNMP. Основные – стандарты MIB-I [13], MIB-II [14] и версия базы данных для удаленного управления RMON MIB [15]. Кроме этого существуют стандарты для специальных устройств MIB конкретного типа (например, MIB для концентраторов или MIB для модемов), а также частные MIB конкретных фирм-производителей оборудования.

Спецификация MIB-I определяла только операции чтения значений переменных. Операции изменения или установки значений объекта являются частью спецификаций MIB-II. Версия MIB-I определяет 114 объектов, которые подразделяются на 8 групп.

В версии MIB-II был существенно (до 185) расширен набор стандартных объектов, а число групп увеличилось до десяти.

База данных MIB-II не дает легальной статистики по характерным ошибкам кадров Ethernet, что впоследствии было реализовано в новом стандарте RMON MIB [15], который специально ориентирован на сбор детальной статистики по протоколу Ethernet.

Основной элемент любой системы управления сетью – схема взаимодействия «менеджер–агент–управляемый объект» [16]. Агент наполняет MIB управляемого объекта текущими значениями его характеристик, а менеджер извлекает данные из MIB. Таким образом, агент является посредником между управляемым объектом и менеджером располагающимся, обычно, на отдельной станции сетевого управления (NMS – Network Management Station). Агент предоставляет менеджеру только те данные, которые предусматриваются MIB. Узнать MIB, поддерживаемые устройством, можно из его документации.

SNMP, как непосредственно сетевой протокол, предоставляет только набор команд для работы с переменными MIB.

Для именования переменных базы MIB и однозначного определения их форматов используется дополнительная спецификация, называемая SMI – Structure of Management Information.

При описании переменных MIB и форматов протокола SNMP спецификация SMI опирается на формальный язык ASN.1, принятый ISO в качестве нотации для описания терминов коммуникационных протоколов.

Имена переменных MIB могут быть записаны как в символьном, так и в числовом форматах. Символьный формат используется для представления переменных в текстовых документах и на экране дисплея, а числовые имена – в сообщениях протокола SNMP.

Составное числовое имя объекта SNMP MIB соответствует полному имени этого объекта в дереве регистрации объектов стандартизации ISO (объекты баз MIB SNMP зарегистрированы во всемирном дереве регистрации стандартов ISO).

Пространство имен объектов ISO имеет древовидную иерархическую структуру. От корня этого дерева отходят три ветви, соответствующие стандартам, контролируемым ISO, ITU и совместно ISO-ITU. В свою очередь, организация ISO создала ветвь для стандартов, создаваемых национальными и международными организациями (ветвь org). Стандарты Internet создавались под эгидой Министерства обороны США (Department of Defense, DoD), поэтому стандарты MIB попали в поддерево dod-internet, а далее – в группу стандартов управления сетью – ветвь mgmt.

Объекты любых стандартов, создаваемых под эгидой ISO, однозначно идентифицируются составными символьными именами, начинающимися от корня этого дерева. В сообщениях протоколов применяются однозначно соответствующие им составные числовые имена (Object Identifier – OID). Каждая ветвь дерева имен объектов нумеруется в дереве целыми числами слева направо, начиная с единицы; эти числа и заменяют символьные имена. Поэтому полное символьное имя объекта MIB имеет вид: iso.org.dod.internet.mgmt.mib, а полное числовое имя: 1.3.6.1.2.1.

Как видно, базы MIB в сочетании с протоколом SNMP представляют собой основу для мониторинга и управления сетями, позволяющую оперировать параметрами сетевых устройств на различных уровнях модели OSI/ISO. Именно значения MIB-переменных, получаемых непосредственно с наблюдаемых сетевых устройств с помощью протокола SNMP, предлагается использовать в данной работе для мониторинга состояния компьютерной сети.

Преимущества использования MIB-переменных заключаются в следующем:

- Охват различных уровней сетевого взаимодействия;
- Считывание данных непосредственно с наблюдаемого сетевого устройства;
- Отсутствие необходимости захвата (sniffing) и анализа трафика, что необходимо в случае использования данных, извлекаемых из пакетов, и что проблематично в случае мониторинга высокоскоростных магистралей.



Выясним, какая архитектура сети максимально упростит управление ею. В самой простой архитектуре (рисунок 2) одна станция управления отвечает за всю сеть. Когда сеть расширяется до размера, когда одна NMS больше не может всем управлять, необходимо будет переходить на более распределенную архитектуру. Ее идея: использовать две или более станций управления и расположить их максимально близко к управляемым ими узлам.

В обеих архитектурах для отправки и получения трафика управления используется Интернет. Это вызывает проблемы, связанные с безопасностью и общей надежностью. Наилучшим решением будет использование для выполнения всех функций по управлению сетью частных каналов (VPN), которые, в основном, выделены для трафика управления, хотя их можно использовать и в других целях. Использование частных каналов имеет преимущество: строки community никогда не отправляются через Интернет. Использование частных каналов также подходит для архитектуры с одной NMS. Если корпоративная сеть состоит исключительно из частных каналов, а интернет-подключения выделены только для внешнего трафика, использование частных каналов для трафика управления становится очевидным.

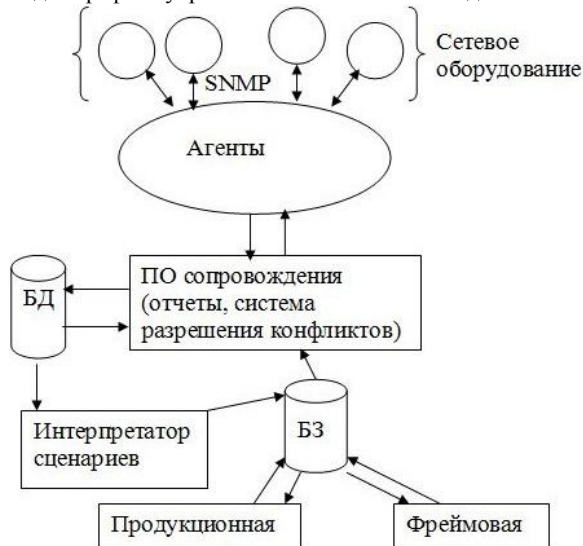


Рисунок 2 – Архитектура системы мониторинга

В ходе работы созданы модель и программный комплекс, позволяющие повысить эффективность мониторинга компьютерной сети предприятия. Это осуществляется за счет выдачи рекомендаций по сложившимся ситуациям.

В работе получены следующие основные теоретические и практические результаты:

1. Предложена модель фреймов для построения программы сетевого мониторинга;
2. Разработана структура специального программного обеспечения мониторинга компьютерной сети, позволяющего давать рекомендации по сложившейся ситуации;
3. Произведена апробация программы на данных реально действующей сети НГТУ кафедры «Менеджмент».

#### Литература

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Средства анализа и оптимизации локальных сетей. // Центр Информационных Технологий CITFORUM, 1998. [Электронный ресурс] URL: <http://citforum.ru/nets/optimize/> (дата обращения: 13.12.2013).
2. Полный мониторинг сети. Кто как мониторит свою сеть... [Электронный ресурс] URL: <http://forum.nag.ru/forum/index.php?showtopic=45571&st=80> (дата обращения: 13.12.2013).
3. Полезные SNMP MIB object (OID) для Cisco [Электронный ресурс] URL: [http://www.opennet.ru/base/net/cisco\\_snmp.txt.html](http://www.opennet.ru/base/net/cisco_snmp.txt.html) (дата обращения: 13.12.2013).
4. Мисевич П.В. Сценарно-ситуационный подход к проектированию средств интеллектуальной поддержки процесса функционирования автоматизированных систем // Системы управления и информационные технологии. 2007. N2.1(28). - С. 166-171.
5. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Транспортная подсистема неоднородных сетей. // Центр Информационных Технологий CITFORUM, 1998. [Электронный ресурс] URL: <http://citforum.ru/nets/tpns/contents.shtml> (дата обращения: 13.12.2013).
6. Минский М. Фреймы для представления знаний / М.: Мир, 1979. - 152 с.
7. Case J., Fedor M., Schoffstall M., Davin J. A Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC 1157, SNMP Research Inc., 1990.
8. Rose M. Bulk. A Convention for Defining Traps for use with the SNMP, RFC 1215, 1991.
9. Rose M., McCloghrie K., Davin J. Bulk Table Retrieval with the SNMP, RFC 1187, 1990.
10. Schoffstall M., Davin J., Fedor M., Case J. SNMP over Ethernet, RFC 1089, 1989.
11. Waldbusser S. Remote network monitoring management information base, RFC 1271, 1991.
12. Семенов Ю.А. Телекоммуникационные технологии. // ИТЭФ-МФТИ. 2013. [Электронный ресурс] URL: <http://book.itep.ru/1/intro1.htm> (дата обращения: 13.12.2013).
13. McCloghrie K. Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets. RFC 1156, 1990.
14. McCloghrie K., Rose M. Management information base for network management of TCP/IP-based internets: MIB-II, RFC 1213, 1991.
15. Thottan M. J. Anomaly detection in IP Networks // IEEE Transactions on signal processings, vol.51, no.8, 2003, University of California Berkeley.
16. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Основы компьютерных сетей / Питер, 2009. – 352 с.

Белокурова Е.В.<sup>1</sup>, Блажко А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора по учебно-методической работе, Тюменский государственный нефтегазовый университет – филиал в городе Нижневартовске; <sup>2</sup>студент, Тюменский государственный нефтегазовый университет – филиал в городе Нижневартовске  
специальность 050708 «Направление нефтегазовое дело»

**ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИЛИАЛА В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ КАЧЕСТВЕННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

В статье рассмотрено – механизм работы со студентами, аспирантами, преподавателями и сотрудниками. А так же работа с различными компаниями, в части прохождения практики. Создание инициативного центра, как самоуправляющейся модели, отличной от модели студенческого совета.

**Ключевые слова:** инициативный центр, научно-практическая деятельность, производственная практика.

**Belokurova E.V.<sup>1</sup>, Blazhko A.N.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD Economic Sciences, deputy director of educational work, Tyumen State Oil and Gas University - branch in the city of Nizhnevartovsk; <sup>2</sup>student, Tyumen State Oil and Gas University - branch in the city of Nizhnevartovsk specialty 050708 "Focus oil and gas business"

## FORMATION AND DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ACTIVITY BRANCH QUALITY TRAINING SPECIALISTS

**Abstract**

The article a mechanism to work with students, faculty and staff. As well as working with various companies in terms of practice. Creating a proactive center as self-governing model other than that of the student council.

**Keywords:** Initiative Center, scientific and practical activities, manufacturing practices.

В связи с развитием инновационной деятельностью филиала с введением новых аккредитационных показателей, одной из важнейших задач, стоящих на данный момент перед филиалом ТюмГНГУ, является подготовка качественных специалистов. В новых условиях обостряется потребность в высококвалифицированных и инициативных работниках основными работодателями и потребителями их услуг. Для решения этой задачи в Филиале

первого сентября 2012 года создан инициативный центр «Up!», далее Центр, **основными целями и задачами, которого являются:**

1. Организация тесного взаимодействия сотрудников вуза с социально активными и творческими студентами Филиала.
2. Организация досуга и отдыха студентов и сотрудников института.
3. Создание наиболее благоприятных условий для развития личности и реализации ее творческой активности.
4. Совершенствование эстетического воспитания, реализация интеллектуально-творческого потенциала студентов, аспирантов и преподавателей.
5. Развитие инновационной деятельности Филиала.
6. Интеграция научной, научно-технической и образовательной деятельности на основе различных форм участия преподавателей и студентов в научных исследованиях на базе Центра.
7. Поддержка студенческих проектов в рамках культурно-массовых, научных и общественно полезных инициатив.
8. Повышение качества образования выпускаемых специалистов.
9. Единение студенчества Филиала.
10. Развитие связей с предприятиями, организациями и центрами города.
11. Развитие научной и творческой работы со студентами других вузов города и Страны.
12. Научно-практическое, творческое и спортивное взаимодействие с предприятиями города.

Деятельность Центра руководствуется положением, направлена на развитие успешной социализации и развития научного и творческого потенциалов молодежи, развитие научно-практического потенциала студентов и преподавателей, на совместную работу и сотрудничество студентов, преподавателей Филиала с предприятиями города.

**Таких как:**

1. Совместное участие в конференциях
2. Совместное участие в творческих мероприятиях.
3. Помощь в организации мероприятий
4. Помощь в экологических акциях предприятия
5. Социальная поддержка пенсионеров предприятия.

Вовлечение студентов и преподавателей Филиала в спортивно-массовую работу. Проведение совместно с предприятиями города спортивных соревнований и мероприятий.

Сотрудничество с предприятиями города в целях проведения производственной практики студентов. Так же, взаимодействуя с предприятиями, студент набирает опыт работы, а работодатель, видя активность, амбициозность студента может взять его на работу (закрепить за ним рабочее место) а, в плане научно - общественной деятельности повышать свои знания и квалификацию), тем самым Мы повышаем качество образования и практическую деятельность выпускаемых специалистов.

**И в заключении:**

Созданный Центр позволяет работодателям действенно участвовать в формировании и оснащении программы обучения, закладывать в условиях специализации свои «фундаменты», активно и плотно контактировать с будущими выпускниками и Работодателю самому выбирать будущих сотрудников.

## Литература

1. Официальные периодические издания: Определение потребности в специалистах / А. С. Кудрявцев и др. "Экономика труда" Изд-во ВЦПС Профиздат, 1957 г. URL: <http://www.tehly.ru/trud54.html> (дата обращения: 10.02.2012).

Supervisor: Associate Professor Belokurova EV<sup>1</sup>, <sup>1</sup> PhD Economic Sciences, deputy director of educational work, Tyumen State Oil and Gas University - branch in the city of Nizhnevartovsk

Author: Blazhko AN student, Tyumen State Oil and Gas University - branch in the city of Nizhnevartovsk specialty 050708 "Focus oil and gas business"

## FORMATION AND DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ACTIVITY BRANCH QUALITY TRAINING SPECIALISTS

In connection with the development of innovation with the introduction of the new branch of accreditation indicators, one of the major challenges currently before TSOGU branch is to prepare qualified specialists. Under the new conditions exacerbated the need for highly qualified and motivated employees major employers and consumers of their services. To solve this problem in the branch first established in September 2012 Initiative Center «Up!», hereinafter the Center, the main goals and objectives, which are:

1. Organization of close interaction with university staff socially active and creative students of the branch.
2. Leisure and entertainment of students and staff of the Institute.
3. Creating favorable conditions for the development of personality and the realization of its creative activity.
4. Improving the aesthetic education, the implementation of intellectual and creative potential of students and teachers.
5. Advancing Innovation Branch.

6. Integration of scientific, technical and educational activities based on various forms of participation of teachers and students in research at the Center.

7. Support student projects within the cultural, scientific and socially useful initiatives.

8. Improve the quality of the graduates.

9. Unity students Branch.



10. Developing links with businesses , organizations and centers.

11. Development of scientific and creative work with students from other universities of the city and the country.

12. Scientific and practical , creative and sporting interaction with enterprises of the city .

The Centre's activities follow the regulations aimed at developing successful socialization and development of scientific and creative potential of young people , the development of scientific and practical potential of students and teachers to work together and co- students, teachers Branch and enterprises of the city .

**Such as:**

1.Sovmestnoe participation in conferences

2.Joint participation in creative activities .

3.Pomosch in organizing events

4.Pomosch in ecological activities of the enterprise

5.Sotsialnaya support enterprise retirees .

Involvement of students and teachers in the branch of sports activities . In collaboration with the enterprises of the town sporting events and activities.

Cooperation with enterprises of the city for the purpose of practical training of students . Just interacting with businesses , the student gains experience and the employer , seeing active, ambitious student can take it to work ( to secure for him a job), but , in terms of science - social activities to increase their knowledge and skills ), thus we improve the quality of education and practice of the graduates .

**And in conclusion:**

Established Center allows employers to participate effectively in the development and equipping of training programs in terms of specialization lay their " foundations ", actively and closely contact with future graduates and employers to choose future employees .

**References**

1. Official periodicals : Identifying the need for specialists / A. Kudryavtsev et al, " Labor Economics " Publishing House of the All Profizdat , 1957 URL: <http://www.tehly.ru/trud54.html> ( date of access : 10.02 .2012 ) .

**Бойко А.Ф.<sup>1</sup>, Блинова Т.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доктор технических наук, доцент; <sup>2</sup>кандидат технических наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

**КРАТКИЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МИКРОСВАРКИ И МИКРОПАЙКИ**

**Аннотация**

*В статье рассматриваются конструктивные особенности твердосплавного инструмента для микросварки и микропайки, анализируется проблема получения прецизионных микроотверстий, обозначены направления совершенствования технологии электроэрозионной прошивки микроотверстий.*

**Ключевые слова:** микроотверстия, инструмент, микросварка, микропайка.

**Boyko A.F.<sup>1</sup>, Blinova T.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>D.Sc. (eng.), Associate Professor; <sup>2</sup>Ph.D. (eng.), Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**THE BRIEF ANALYSIS OF FORM AND TECHNOLOGY OF MANUFACTURING TOOL FOR MICROWELDING AND MICRO SOLDERING**

**Abstract**

*The article considers features of form of tool from solid alloy for microwelding and microsoldering, analyses the problem of making microholes, , represents the directions of perfection of technology electroerosive microholes of making.*

**Keywords:** microholes, tool, microwelding, microsoldering.

Производство инструмента для микросварки и микропайки во многом осложнено проблемой получения прецизионных микроотверстий требуемого качества.

Микроотверстия – понятие условное. Многие исследователи к микроотверстиям относят отверстия диаметром менее 0,1 мм [1, 2, 3, 6]. Проведенные исследования, разработки, внедрение технологии и оборудования для обработки малых отверстий обоснованно позволяют рассматривать под понятием «микроотверстия» отверстия диаметром от нескольких микрон до нескольких десятых долей миллиметра. Иногда в литературе встречается термин-синоним «капиллярные отверстия».

Особое значение технология получения микроотверстий приобрела в электронной промышленности в массовом производстве твердосплавного инструмента для микросварки и микропайки полупроводниковых приборов, интегральных микросхем, твердых и гибридных схем. Получение высокоточных микроотверстий часто требуется при изготовлении анодных узлов видеоканалов, иконоскопов, потенциоскопов, супертиконов; фокусирующих диафрагм и анодов электронно-оптических систем, в том числе электронно-лучевых трубок, электронных микроскопов и др.; волноводов СВЧ приборов; выводов электровакуумных приборов; деталей магнитных блоков.

Наибольшим количеством наименований обрабатываемых материалов отличается электронная промышленность при производстве различных изделий электронной техники. При таком многообразии материалов значительно усложняются задачи исследований и оптимизации разнообразных процессов обработки микроотверстий. И в этом случае существенно возрастает роль методических технологических разработок, обладающих универсальностью [4].

Инструмент для микросварки и микропайки предназначен для присоединения проводников к контактным площадкам электронных схем прибора и к внешним выводам полупроводникового прибора. В качестве проводника используются золотые и алюминиевые проволоочки диаметром 0,02 – 0,05 мм. Для приварки проводников применяются следующие методы сварки: ультразвуковая, термокомпрессионная, электроимпульсная и комбинированные методы. Качество сварного соединения во многом зависит от сварочного микроинструмента, который фактически проводит сварку, передавая энергию к поверхности контакта проволоки с металлом. Рост выпуска изделий электронной техники, автоматизация процессов их сборки (сварка, пайка) вызывает увеличение потребности в микроинструменте, повышение его качества и надёжности.

В настоящее время разработано и изготавливается более 20 наименований микроинструмента. Только по ОСТ 11 ПО.409.000 – ОСТ 11 ПО.409.009 предусмотрено 29 типов микроинструментов, 345 типоразмеров (табл. 1).

Таблица 1 – Типаж инструмента для микросварки и микропайки

Наименование инструмента	ОСТ	ТИП	Количество типоразмеров
Инструмент для термокомпрессионной сварки. Иглы	ОСТ 11 ПО.409.000	ТККД	16
		ТКК	16
		ТКП	15
Инструмент для термокомпрессионной сварки. Иглы составного капилляра	ОСТ 11 ПО.409.001	ИР	12
		ИП	4

Инструмент для термокомпрессионной сварки. Капилляры	ОСТ 11 ПО.409.002	КТ-1 КТ-2 КТ-3 КТ-4	5 4 5 4
Инструмент для ультразвуковой и термокомпрессионной сварки. Капилляры.	ОСТ 11 ПО.409.003	КУ11-КУ14 КУ21-КУ22	98 40
Инструмент для сварки косвенным импульсным нагревом. Электроды.	ОСТ 11 ПО.409.004	ЭИ-1 ЭИ-2 ЭС-1	14 10 7
Инструмент для односторонней контактной сварки. Электроды.	ОСТ 11 ПО.409.005	ЭК-1 ЭК-2	12 10
Инструмент для ультразвуковой сварки. Иглы.	ОСТ 11 ПО.409.006	ИУ	9
Инструмент для пайки кристаллов. Капилляры.	ОСТ 11 ПО.409.007	КП-1 КП-2 КП-3 КП-4	17 17 9 4
Инструмент для импульсной пайки кристаллов. Электроды.	ОСТ 11 ПО.409.008	ЭП-1 ЭП-2	5 3
Инструмент вспомогательный для микросварки. Капилляры	ОСТ 11 ПО.409.008	К1 К2	6 3

Наибольшее применение в качестве микросварочного инструмента нашли различного рода капилляры, в том числе инструменты с боковыми микроотверстиями и капилляры с центральным отверстием. Тип КУТ-1 является один из распространенных капилляров с боковым отверстием, применяемых для ультразвуковой и термокомпрессионной сварки (рис. 1).

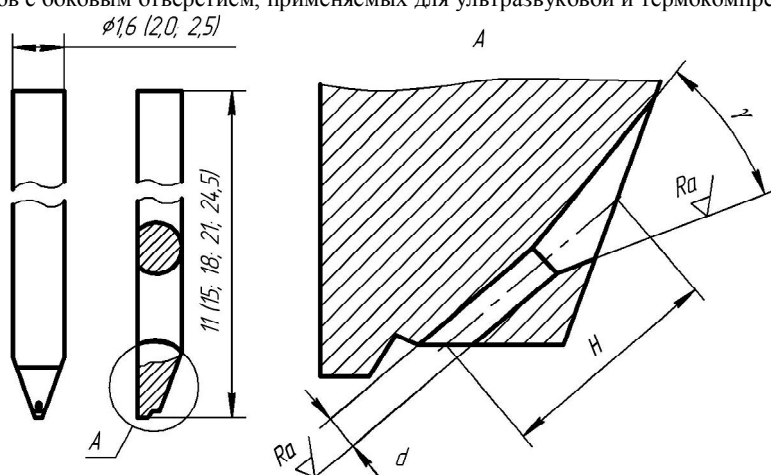


Рис. 1 – Инструмент для микросварки с боковым отверстием типа КУТ-1

В сварочном капилляре привариваемая проволока подаётся через боковое микроотверстие, имеющее заходный конус для удобства заправки проволоки. В виду жёстких требований к диаметру капиллярного отверстия и к расположению его оси относительно контактной сварочной площадки на торце инструмента достигается высокая точность совмещения проволоки с торцом инструмента и, следовательно, высокое качество сварки. После подачи проволоки под торец инструмента он опускается, поджимает проволоку к контактной сварочной площадке схемы, инструменту сообщается ультразвуковая вибрация, в результате в месте контакта проволока разогревается и приваривается к сварочной площадке схемы. Далее сварочная головка перемещается к выводной контактной площадке прибора, при этом сварочная проволока сматывается с катушки. Производят аналогичную приварку провода к выводной площадке. После чего производят отрыв провода рядом со сварочным швом, не ослабляя последний. Далее сварочная головка перемещается к следующей сварочной позиции, и цикл повторяется на других парах сварочных площадок. Весь процесс приварки проводов на приборе автоматизирован. Производительность сварочных установок до 1000 сварок в минуту. Основные технические характеристики инструмента с обрабатываемыми боковыми микроотверстиями типа КУТ1-КУТ10 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Обобщённые технические требования к инструменту и обрабатываемым отверстиям в капиллярах типа КУТ-1...КУТ-10

Материал	ВК3-ТМ; ВК-6М
Диаметр капиллярного отверстия d, мм	0,022...0,55+0.003-0,016
Угол заходного конуса α, град.	20...30°±1°
Общая глубина отверстия Н, мм	0,5...3,5
Относительная глубина отверстия Н/d	5...25
Шероховатость Ra, мкм	0,4...0,2
Точность расположения капиллярного отверстия	0,005...0,015
Ориентировочная стойкость, тыс. сварок	100...60

В сварочном капилляре с центральным микроотверстием привариваемая проволока подаётся через центральное отверстие (рис. 2).

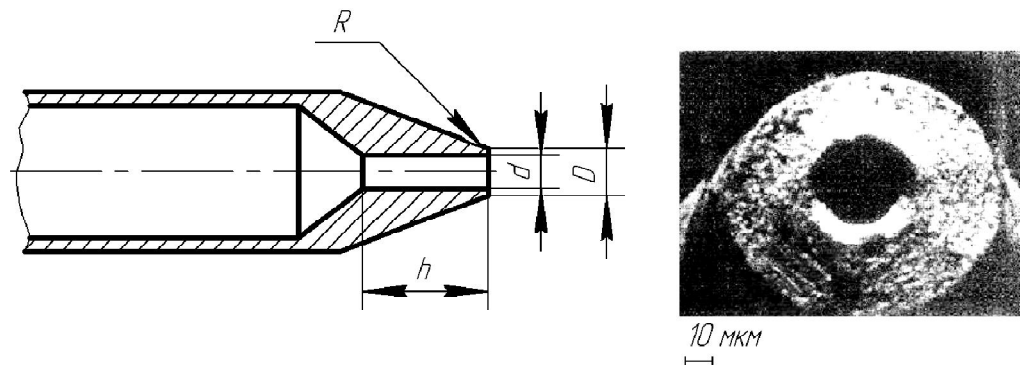


Рис. 2 – Рабочий конец капилляра с центральным отверстием

Этот микроинструмент используется в основном для термокомпрессионной сварки. Его достоинство заключается в том, что при работе на сварочной установке привариваемая проволока гарантированно совмещена с рабочим торцом инструмента, что позволяет достигать высокой производительности.

Значения параметров конструкции рабочего торца инструмента с центральным микроотверстием приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Обобщенные технические требования к инструменту с центральным микроотверстием

Конструктивный параметр	Значение параметра
$d^{+0,003...0,006}$	0,028; 0,035; 0,04; 0,05; 0,06
$D_{-0,01...0,03}$	0,1; 0,12; 0,15; 0,18; 0,23; 0,29
$R_{-0,002...0,003}$	0,01; 0,012; 0,015
Неконцентричность $d$ и $D$	0,005...0,01
Шероховатость отверстия, $R_a$ , мкм	0,2...0,4

При общей трудоемкости инструмента 28,5 мин. (для капилляров типа КУ) операции электроэрозионной обработки (группа операций «В» – рис. 3) составляют 14,22 мин, т.е. почти 50%.

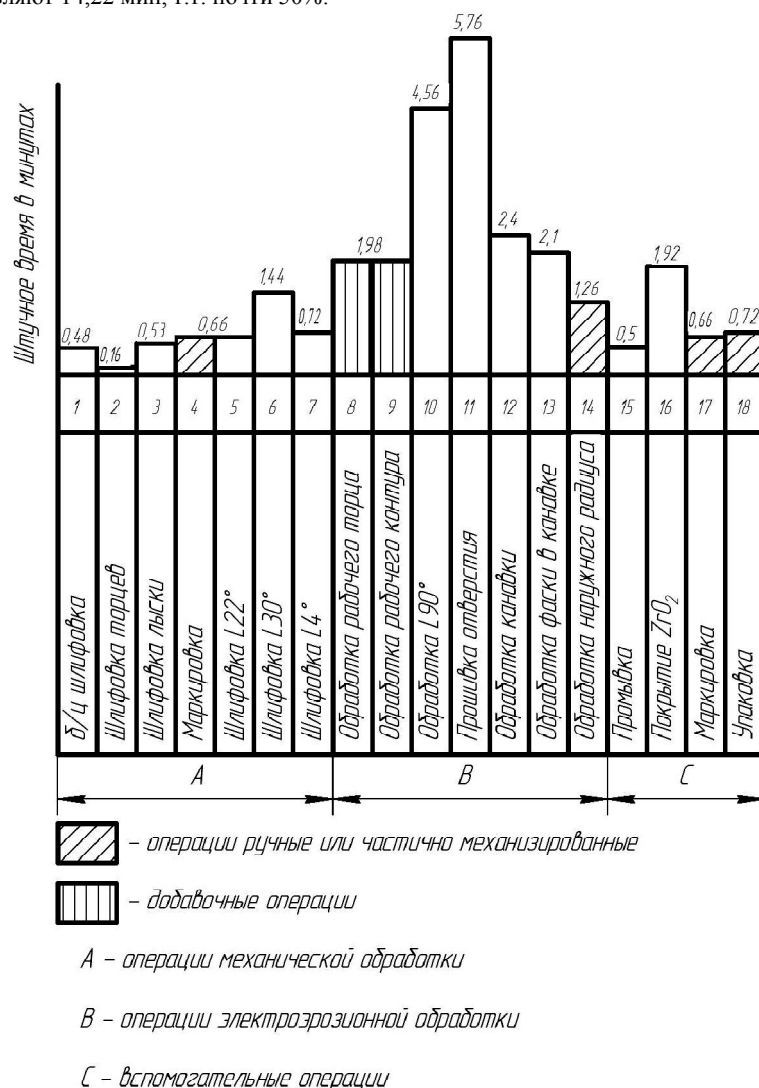


Рис. 3 – Диаграмма распределения штучного времени по операциям для капилляров типа КУ

При этом размерная электроэрозионная обработка применяется в общем случае для следующих операций формообразования:

- прошивка капиллярных отверстий с заходным конусом;
- обработка рабочего торца (контактной площадки) после алмазного шлифования с целью получения высокой чистоты обработанной поверхности и необходимых размеров контактной площадки;
- обработка рабочего контура с целью получения минимальных радиусов во внутренних углах профиля и требуемой шероховатости обработанной поверхности;
- формообразование канавок на рабочей площадке (с фаской или без нее).

Из всех электроэрозионных операций самой трудоемкой является операция прошивки микроотверстия с заходным конусом (5,76 мин.). Поэтому задача по совершенствованию техники и технологии электроэрозионной прошивки микроотверстий в твердосплавном инструменте для микросварки является одной из актуальных первоочередных задач.

Из всех электроэрозионных операций самой трудоемкой является операция прошивки микроотверстия с заходным конусом (5,76 мин.). Поэтому задача по совершенствованию техники и технологии электроэрозионной прошивки микроотверстий в твердосплавном инструменте для микросварки является одной из актуальных первоочередных задач.

Следует отметить также, что значительная часть в штучном времени на операциях электроэрозионной обработки занимает вспомогательное время. Таким образом, задача по снижению трудоемкости является комплексной: необходимо увеличить не только производительность процесса обработки, но и сократить вспомогательное время на установку, закрепление, выверку детали и электрода-инструмента, сократить время на операционный контроль путем совершенствования оборудования, оснастки, оптических контрольно-измерительных приборов и устройств, тщательной эргономической проработкой рабочего места и оборудования [5].

Из анализа инструмента для микросварки и микропайки следует, что наиболее проблемной является задача получения микроотверстий требуемых параметров, необходимого качества и с минимальной трудоемкостью. Сложность ее решения обусловлена следующими факторами: материалом микроинструмента (твердый сплав ВК-6М, ВК-3М, ВК-3ТМ), который с трудом поддается обработке не только механическими, но и электрофизическими методами; конструктивными особенностями микроотверстия; малые размеры элементов рабочего профиля инструмента и микроотверстия, что требует при их обработке и контроле применения оптических приборов и устройств, которые усложняют процесс обработки и вносят элемент субъективности.

Следует также отметить, что проблема снижения шероховатости поверхности микроотверстий является весьма актуальной. При неудовлетворительной шероховатости срок службы инструмента многократно снижается, вследствие микроцарапания и соскабливания материала проволоки, подаваемой через отверстие, и последующего его засорения и закупорки. Как правило, такие отверстия не поддаются очистке, и инструмент приходится выбрасывать.

#### Литература

1. Библиотечка электротехнолога. Выпуск 2. Электроразрядная обработка материалов / Е.М. Левинсон [и др.] – Л.: Машиностроение, 1971. – 256 с.
2. Красников В.Ф. Микротехнология/ В.Ф. Красников // Машиностроитель. – 1972. – №11. – С.41-43.
3. Левинсон Е.М. Отверстия малых размеров / Е.М. Левинсон. – Л.: Машиностроение, 1977. – 152 с.
4. Погонин А.А. Исследование переходных процессов при параллельном соединении транзисторных ключей в генераторах импульсов электроэрозионных станков/ А.А. Погонин, А.Ф. Бойко, Б.В. Домашенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2005. – №1. – С. 368-376.
5. Погонин А.А. Определение оптимального метода установки электрода-инструмента относительно обрабатываемой детали / А.А. Погонин, А.Ф. Бойко, Т.А. Блинова// Ремонт, восстановление, модернизация. – 2010. – №7. –С. 36-37.
6. Суслов А.Г. Научные основы технологии машиностроения/ А.Г. Суслов, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.

Мельникова Е.И.<sup>1</sup>, Богданова Е.В.<sup>2</sup>, Болгова Е.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Профессор, доктор технических наук; <sup>2</sup>кандидат технических наук; <sup>3</sup>магистрант; Воронежский государственный университет инженерных технологий

#### ЙОГУРТНЫЙ НАПИТОК С ЭКСТРАКТОМ СКОРЦОНЕРЫ

#### Аннотация

*Подобрана рецептура синбиотического напитка функционального назначения с применением молочно-растительного экстракта скорцонеры. Изучены показатели качества и безопасности готового продукта.*

**Ключевые слова:** синбиотический йогуртный напиток, безопасность.

Melnikova E.I.<sup>1</sup>, Bogdanova E.V.<sup>2</sup>, Bolgova E.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor, Doctor of Technical Sciences; <sup>2</sup>PhD of Technical Sciences; <sup>3</sup>Postgraduate student; Voronezh State University of Engineering Technologies

#### YOGHURT DRINK WITH SCORZONERA EXTRACT

#### Abstract

*The compounding of synbiotic drink of functional purpose with application of a dairy-vegetative scorzonera extract is picked up. Parameters of quality and safety of the ready product are studied.*

**Keywords:** synbiotic yoghurt drink, safety.

Проблема здоровой и полноценной пищи всегда была одной из самых важных, стоящих перед человечеством. Направлением по ее решению является разработка функциональных продуктов питания. Особую актуальность при этом приобретает производство комбинированных продуктов на основе натурального растительного сырья или биологически активных пищевых добавок.

В этой связи нами предложено применять разработанную и запатентованную [1] пищевую композицию на основе творческой сыворотки (молочно-растительный экстракт скорцонеры) в качестве источника физиологически функциональных ингредиентов при производстве йогуртных напитков, что позволяет полностью заменить сахарозу и воду в рецептуре.

Изучены химический состав и свойства готового продукта. Установлено, что по содержанию инулина, антиоксидантов, редуцирующих сахаров и фруктозы йогуртный напиток может быть отнесен к группе функциональных продуктов и позиционирован как синбиотический, поскольку содержит в своем составе пребиотики (инулин, пектин) и пробиотики (молочнокислые микроорганизмы).

С целью определения безопасности готового продукта были установлены массовые доли основных токсичных элементов (табл.).

Таблица – Результаты испытаний

Наименование показателей	НД на метод определения	Значение показателей	
		по НД	Фактически
Токсичные элементы, мг/кг			
Свинец	ГОСТ 30178-96	не более 0,1	0,045
Мышьяк	ГОСТ 26930-86	не более 0,05	менее 0,003
Кадмий	ГОСТ 30178-96	не более 0,03	менее 0,002
Ртуть	МВИ 04-46-2007	не более 0,005	менее 0,0025
Радионуклиды, Бк/кг			
Цезий-137	МУК 2.6.1.1194-03	не более 100,0	1,261
Стронций-90	МУК 2.6.1.1194-03	не более 25,0	0,00

Таким образом, разработанный продукт отвечает требованиям ФЗ № 88 (приложения 3, 4 с измен. от 22.07.2010 г.) и может быть рекомендован для диетического и лечебно-профилактического питания.

#### Литература

1. Патент РФ № 2489027. Способ получения молочно-растительного экстракта из клубней скорцонеры / Мельникова Е.И., Шицацкий Ю.И., Богданова Е.В., Самойлова М.А., Кузьмин Е.В., Плуха С.Ю. // Изобретения, 2013, № 22. (опубл. 10.08.2013, заявл. 27.04.2012).

Богданова Е.В.<sup>1</sup>, Бурцева М.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, <sup>2</sup>аспирант, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Российская Федерация

#### КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКСТРАКТА ЛЮПИНА АННОТАЦИЯ

*Аннотация*

Увеличение производства белковых продуктов за счет внутрироссийских ресурсов - одна из приоритетных задач пищевой отрасли.

Перспективным является производство комбинированных белковых продуктов, сочетающих уникальные свойства животного и растительного сырья и наиболее полно отвечающих современным концепциям рационального питания.

**Ключевые слова:** дефицит белка, подсырная сыворотка, люпин

Bogdanova E.V.<sup>1</sup>, Bagackaya M.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD, <sup>2</sup>Postgraduate student

#### QUALITATIVE ASSESSMENT OF MILK-PLANT EXTRACT LUPINE ABSTRACT

*Abstract*

Increased production of protein products by domestic resources - one of the priorities of the food industry.

Perspective is combined production of protein products that combine the unique properties of animal and vegetable raw materials and best meets the modern concepts of nutrition.

**Keywords:** lack of protein, whey, lupine

Результаты мониторинга за состоянием питания россиян отмечают, что к одному из главных нарушений в пищевом статусе населения России относится дефицит белка, который составляет около 1400 тыс. т в год [1]. В связи с создавшимся дефицитом животного белка потребности населения в нем удовлетворяются за счет других источников.

Получить основу для продукта функционального назначения повышенной биологической ценности можно за счет комбинирования молочно-белковых продуктов и различных растительных компонентов, которые служат источником поступления в организм водо- и жирорастворимых витаминов, минеральных веществ и других биологически активных веществ. При этом допускается частичная или полная замена молочной основы натуральными компонентами немолочного происхождения. Такие продукты имеют сбалансированный состав за счет комбинирования сырья животного и растительного происхождения [2].

Нами разработана белоксодержащая композиция на основе подсырной сыворотки и плодов люпина.

Люпин хорошо произрастает как на плодотворных, так и обедненных почвах, содержит в своем составе незаменимые аминокислоты и характеризуется высокой пищевой ценностью.

Применение люпина позволяет увеличить содержание белка в 5,3 раза в подсырной сыворотке, обогатить ее витаминами, пищевыми волокнами, макро-, микроэлементами и повысить биологическую ценность (рисунок 1).

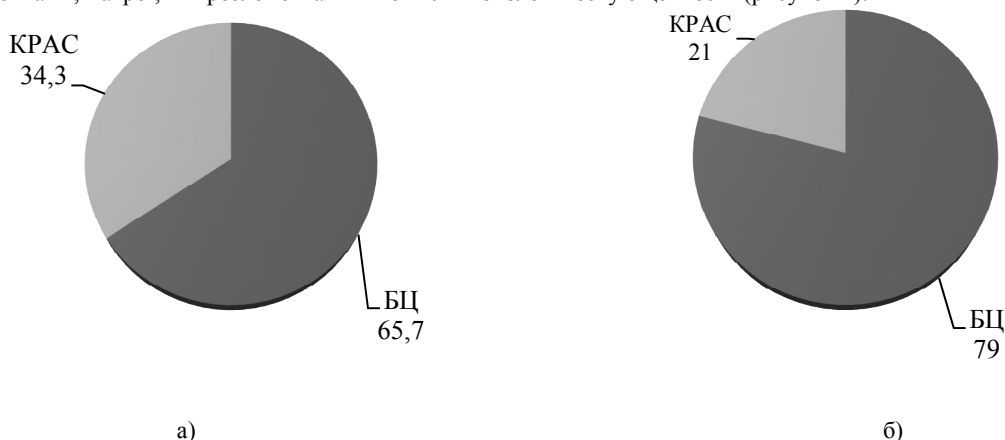


Рис.1 Биологическая ценность: подсырной сыворотки (а), молочно-растительного экстракта люпина (б)

Белорийность молочно-растительного экстракта люпина составляет 79%, что характеризует потенциально высокое содержание белка.

Для оценки сбалансированности аминокислотного состава пищевой композиции использовали методику Липатова Н.Н., предусматривающую расчет комплекса показателей: минимального аминокислотного сора ( $C_{\min}$ ), показателя утилитарности аминокислотного состава ( $a_i$ ), коэффициента утилитарности аминокислотного состава белков ( $u$ ), показателя избыточности незаменимых аминокислот ( $\tau$ ) и сопоставимой избыточности ( $\square_c$ ), коэффициент аминокислотного несоответствия ( $K_{\text{ан}}$ ) (таблица 1) [3].

Табл.1 Комплекс показателей биологической ценности подсырной сыворотки и молочно-растительного экстракта люпина

наименование	Утилитарность аминокислотного сора незаменимой аминокислоты							u	$\tau_c$	$\tau_u$	$K_{a,n}$
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>				
Подсырная сыворотка	0,47	0,50	1,00	0,48	0,64	0,46	0,66	0,57	26,96	73	1,08
Пищевая композиция	0,50	0,60	0,87	0,54	0,70	1	0,75	0,71	8	92	2,5

Из представленных данных видно, что наименьшим показателем утилитарности обладает изолейцин. Этот показатель составляет 50 %, из чего можно сделать вывод, что именно эта незаменимая аминокислота будет использоваться наименее рационально [4].

Коэффициент аминокислотного несоответствия максимально приближен к значению данного коэффициент для «эталоны». Коэффициент сопоставимой избыточности равен 8, что свидетельствует о сбалансированности аминокислотного состава и высокой степени усвояемости белка молочно-растительного экстракта люпина.

Комбинация сывороточных и растительных белков позволяет ликвидировать дефицит лимитирующих аминокислот серосодержащих аминокислот в сыворотке и значительный недостаток фенилаланина и тирозина в плодах люпина.

Объединение предлагаемых ингредиентов в разработанной молочно-растительной основе с учетом комплементарности их аминокислотного состава позволяет разрабатывать продукты питания общего и функционального назначения с высокой пищевой и биологической ценностью, а также относительно низкой стоимостью.

#### Литература

1. Мельникова, Е.И. Белковая композиция для кисломолочных напитков [Текст] / Е.И. Мельникова, Е.В. Богданова, М.И. Багацкая // Молочная промышленность. – 2012. – № 10. – С. 66.
2. Курчаева, Е.Е. Использование люпиновой муки для производства функциональных продуктов [Текст] / Е.Е. Курчаева, Т.Н. Тертычная, И.В. Максимов, В.И. Манжесов // Хранение и переработка сельхозсырья. -2011.-№10.- с 63-64.
3. Курчаева, Е.Е. Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья при производстве функциональных молочных продуктов [Текст]/ Е.Е. Курчаева, И.В. Максимов, В.И. Манжесов// Хранение и переработка сельхозсырья -2010. – №10.-61с
4. Пономарев, А.Н., Применение молочной сыворотки в функциональном питании [Текст]: монография / А.Н. Пономарев, Е.И. Мельникова, Е.В. Богданова.- Воронеж,2013. – 76 с.

**Власов А.И.<sup>1</sup>, Журавлева Л.В.<sup>2</sup>, Резчикова Е.В.<sup>3</sup>, Макушина Н.В.<sup>4</sup>, Шахнов В.А.<sup>5</sup>, Чебова А.И.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат технических наук; <sup>2</sup>Кандидат технических наук; <sup>3</sup>Старший преподаватель; <sup>4</sup>Кандидат технических наук; <sup>5</sup>студент;

<sup>6</sup>Доктор технических наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: info@iu4.bmstu.ru

#### ОНТОЛОГИЯ НАНОИНЖЕНЕРИИ

#### Аннотация

Направление нанотехнологий включает в себя разработку и создание функционально законченных сложных многоуровневых приборов, устройств и систем. В последние годы получено большое количество научных результатов в области создания наносистем, нанотехники. Отдельные результаты подтверждены экспериментами и макетными или лабораторными образцами. Для построения базы знаний по разработанным технологиям микро- и наносистем используется системный подход - методология онтологического инжиниринга, на которую возлагаются следующие основные задачи: идентификация, классификация и однозначное определение терминологии и правил; постановка пользовательских вопросов; вывод ответов.

**Ключевые слова:** визуальные методы представления информации, концепт-карты, инжиниринг, нанотехнологии, наносистемы, микросистемы, онтология.

**Vlasov A.I.<sup>1</sup>, Zhuravleva L.V.<sup>2</sup>, Reznikova E.V.<sup>3</sup>, Makushin N.V.<sup>4</sup>, Shachnow V.A.<sup>5</sup>, Chebova A.I.<sup>6</sup>**

<sup>1,2,4</sup>PhD in Engineering; <sup>3</sup>Senior lecturer; <sup>5</sup>student, <sup>6</sup>Doctor of engineering science

#### NANOENGINEERING ONTOLOGY

#### Abstract

Nanotechnology includes the development and creation of functionally complete complex multi-level devices, devices and systems. In recent years, a large number of research results in the field of nano and nanotech is given. Some of the results were confirmed by experiments and breadboard or laboratory specimens.

To build the knowledge base of the developed micro-and nano- systems technologies the approach is used - the ontological engineering methodology. It has the following main tasks: identification, classification and unambiguous definition of terminology and rules, setting user issues; displays answers.

**Keywords:** CMAP, engineering, microsystems, nanoengineering, nanosystems, ontology, visual methods of information presenting.

#### Введение

В рамках ФЦП «Развитие nanoиндустрии в Российской Федерации» были сформированы базовые направления nanoиндустрии. Структура основных тематических направлений деятельности НСС представлена на рисунке 1. В рамках данной работы будет проведен системный анализ тематического направления – nanoинженерия.

**Nanoинженерия** – это инженерная деятельность, связанная с наноразмерными объектами и с объектами, характеризующимися размерными рядами в десятки или единицы нанометров, формируемыми методами нанотехнологий.

Среди основных направлений исследований и разработок в области nanoинженерии можно выделить (Рис. 2): микроскопия наносистем, проектирование и формирование наноструктур, комплекс испытаний, сертификации и метрологических

исследований наносистем, информационно-коммуникационные технологии в нанотехнологиях и САПР наносистем, элементная база наносистем, энергетика наносистем, наносенсорика, нанооптика, микро- и нанoeлектромеханические системы.

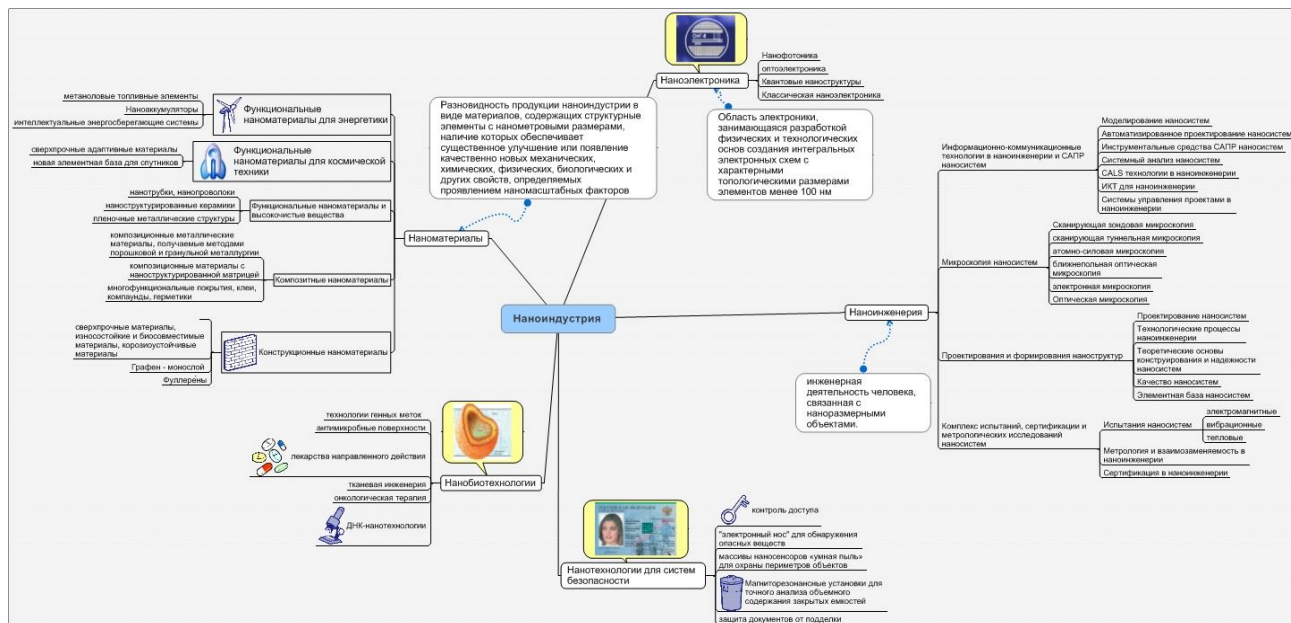


Рис. 1 - Структура основных тематических направлений деятельности национальной нанотехнологической сети (ННС)

Таблица 1- Перечень головных организаций отраслей по направлениям развития нанотехнологий

	Наименование тематического направления	Головная организация отрасли	Ведомственная принадлежность
1.	Нанoeлектроника	Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт физических проблем имени Ф. В. Лукина»	Роспром
2.	Наномеханика	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт электронной техники (технический университет)»	Рособразование
<b>Наноматериалы</b>			
3.1	Функциональные наноматериалы для энергетики	Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара»	Росатом
3.2	Функциональные наноматериалы для космической техники	Федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М. В. Келдыша»	Роскосмос
3.3	Конструкционные наноматериалы	Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов „Прометей“», Федеральное государственное учреждение «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»	Роснаука
3.4	Композитные наноматериалы	Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов»	Роспром
4.	Нанобиотехнологии	Федеральное государственное учреждение Российский научный центр «Курчатовский институт»	Роснаука
5.	Нанотехнологии для систем безопасности	Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт химии и механики»	ФСТЭК России

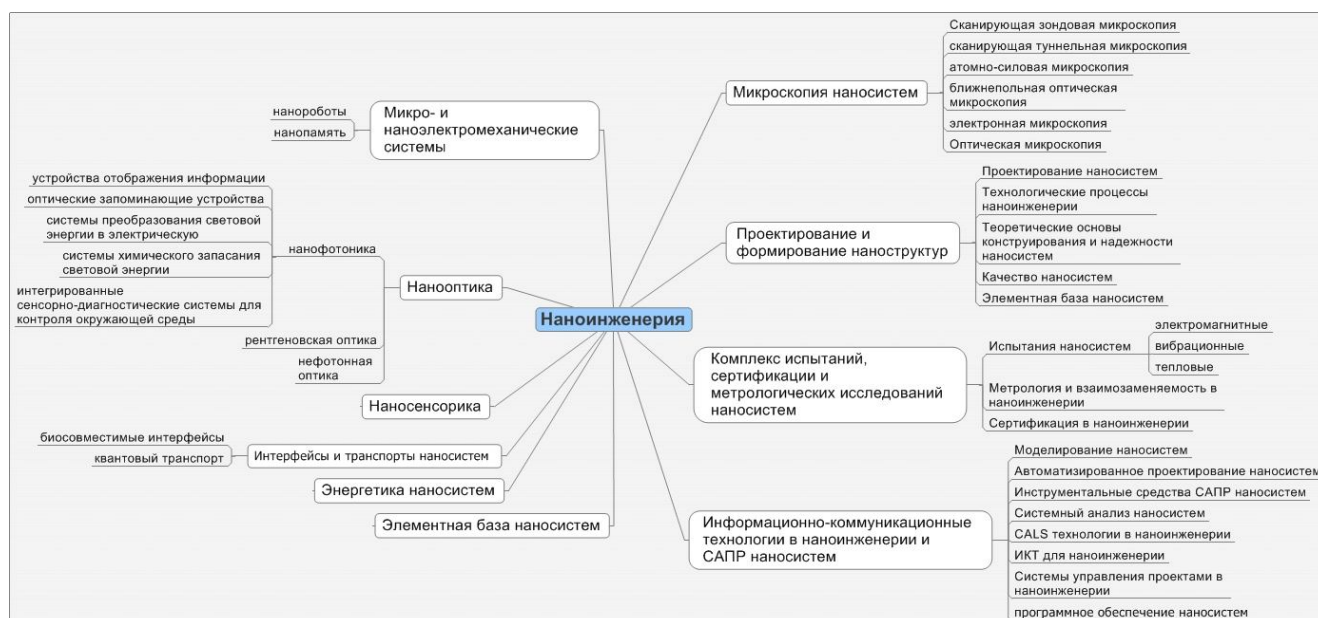


Рис. 2 - Основные направления исследований и разработок в области наноинженерии



Рис. 3 - Процентное соотношение основных направлений исследований и разработок в области наноинженерии

Направление наноинженерии включает в себя разработку и создание функционально законченных сложных многоуровневых приборов, устройств и систем, использующих элементы и блоки, имеющие размерные цепи с величинами порядка единиц - десятков нанометров, созданные с использованием нанотехнологий. К числу таких приборов, устройств и систем, например, относятся:

- различного рода информационные микро- и наносистемы, включающие системы локации и связи, системы сбора, обработки и передачи данных, датчики и сенсоры, а также устройства мехатроники на их основе;
- биомедицинские приборы и устройства, включающие как приборы и устройства диагностики, так и локальной доставки лекарств и терапии;
- технологическое оборудование для производства наноструктур, наноматериалов и наносистем;
- измерительное и аналитическое оборудование для диагностики и анализа наноструктур, наноматериалов и наносистем;
- программные комплексы и технологии моделирования и проектирования наноструктур, наноматериалов, приборов, устройств и систем на их основе;
- изделия машиностроения и приборостроения, имеющие размерные цепи с величинами порядка единиц - десятков нанометров.





Рис. 4 - Процентное соотношение продукции наноинженерии

В последние годы получено большое количество научных результатов в области создания наносистем и нанотехники. Отдельные результаты подтверждены экспериментами и макетными или лабораторными образцами. Однако переход от лабораторных образцов к промышленным достаточно сложен и до настоящего времени практически не реализован. В первую очередь это связано с необходимостью разработки как технологий, так и высокоэффективных производственных систем атомарной точности.

Основная часть инструментария наноинженерии сосредоточена в центральном Федеральном округе (Рис. 5).



Рис. 5 - Распределение инструментария наноинженерии по федеральным округам

Подготовка кадров по наноинженерии осуществляется рядом ВУЗов, НПЦ и НОЦ, в которых существуют программы подготовки и переподготовки кадров по направлениям наноинженерии, в том числе преподавателей средних и высших учебных заведений. Головная организация по подготовке кадров направления - Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана». С 2009 в МГТУ

им.Н.Э.Баумана издается научно-популярный журнал «Наноинженерия», в Калужском филиале проводится ежегодная школа – семинар «Наноинженерия».

Необходимо в дальнейшем развивать материально-техническую базу организаций, занимающихся подготовкой кадров по направлению «Наноинженерия», а также кооперацию университетов внутри одной страны и межгосударственную кооперацию университетов и ведущих научных центров и фирм; необходимо развивать сеть центров коллективного пользования, научных центров и лабораторий при университетах и организацию их тесного взаимодействия с промышленностью, что позволит обеспечить выполнение реальных проектов по заказу промышленности или в рамках исследовательских грантов. Необходимо осуществлять отбор наиболее способных студентов последних курсов обучения и привлекать их к оплачиваемой научно-исследовательской работе, выполняемой лабораториями университетов и компаниями, ассоциированными при университетах (практически каждый университет имеет свой так называемый бизнес-инкубатор, поддерживаемый рядом компаний).

### 1 Направления наноинженерии

Прикладные решения и разработки в области наноинженерии базируются на результатах фундаментальных исследований в областях квантовой физики, физики твердого тела, опто- и наноэлектроники, физики и физической химии, систем пониженной размерности, коллоидной и органической химии, сканирующей зондовой микроскопии и полупроводниковых технологий, методах синтеза наноструктур и наноматериалов, т.е. по своей сути они являются междисциплинарными. Наноинженерия включает в себя ряд направлений (Рис. 6, таблица 2).



Рис. 6 - Компонентная карта наноинженерии  
Таблица 2 - Направления наноинженерии

№	Направление	Содержание
1.	Наноинженерия	Инженерная деятельность человека, связанная с наноразмерными объектами, а также с объектами, создающимися методами нанотехнологий
2.	Микро- и наноэлектромеханические системы	Технологии и устройства, объединяющие в себе микро- и наноэлектронные и микро- и наномеханические компоненты
3.	Нанооптика	Раздел оптики, в которой изучаются взаимодействия излучения наноразмерных полей с атомами, молекулами и нанотелами
4.	Наносенсорика	Создание систем, чувствительных к очень малым концентрациям примесей
5.	Интерфейсы и транспорты наносистем	Способы и методы взаимодействия наносистем с другими системами (компьютерами, биосистемами и т.д.)
6.	Энергетика наносистем	Технологии энергообеспечения наносистем
7.	Элементная база наносистем	Создание наноэлектронных функциональных компонентов
8.	Микроскопия наносистем	Способы глубинного исследования наносистем
9.	Проектирование и формирование наноструктур	Процессы разработки, производства и контроля производства наносистем
10.	Комплекс испытаний, сертификации и метрологических исследований наносистем	Испытания, метрологическое и методическое обеспечение наноинженерии

Направление наноинженерии включает в себя разработку и создание функционально законченных сложных многоуровневых приборов, устройств и систем, использующих элементы и блоки, созданные с использованием нанотехнологий. К числу таких приборов, устройств и систем, например, относятся:

- различного рода информационные микро- и наносистемы, включающие системы локации и связи, системы сбора, обработки и передачи данных, датчики и сенсоры, а также устройства мехатроники на их основе;
- биомедицинские приборы и устройства, включающие как приборы и устройства диагностики, так и локальной доставки лекарств и терапии;
- технологическое оборудование для производства наноструктур, наноматериалов и наносистем;
- измерительное и аналитическое оборудование для диагностики и анализа наноструктур, наноматериалов и наносистем;
- программные комплексы и технологии моделирования и проектирования наноструктур, наноматериалов, приборов, устройств и систем на их основе.

Структура номенклатуры технических объектов нанотехнологии отражена на рис.7.

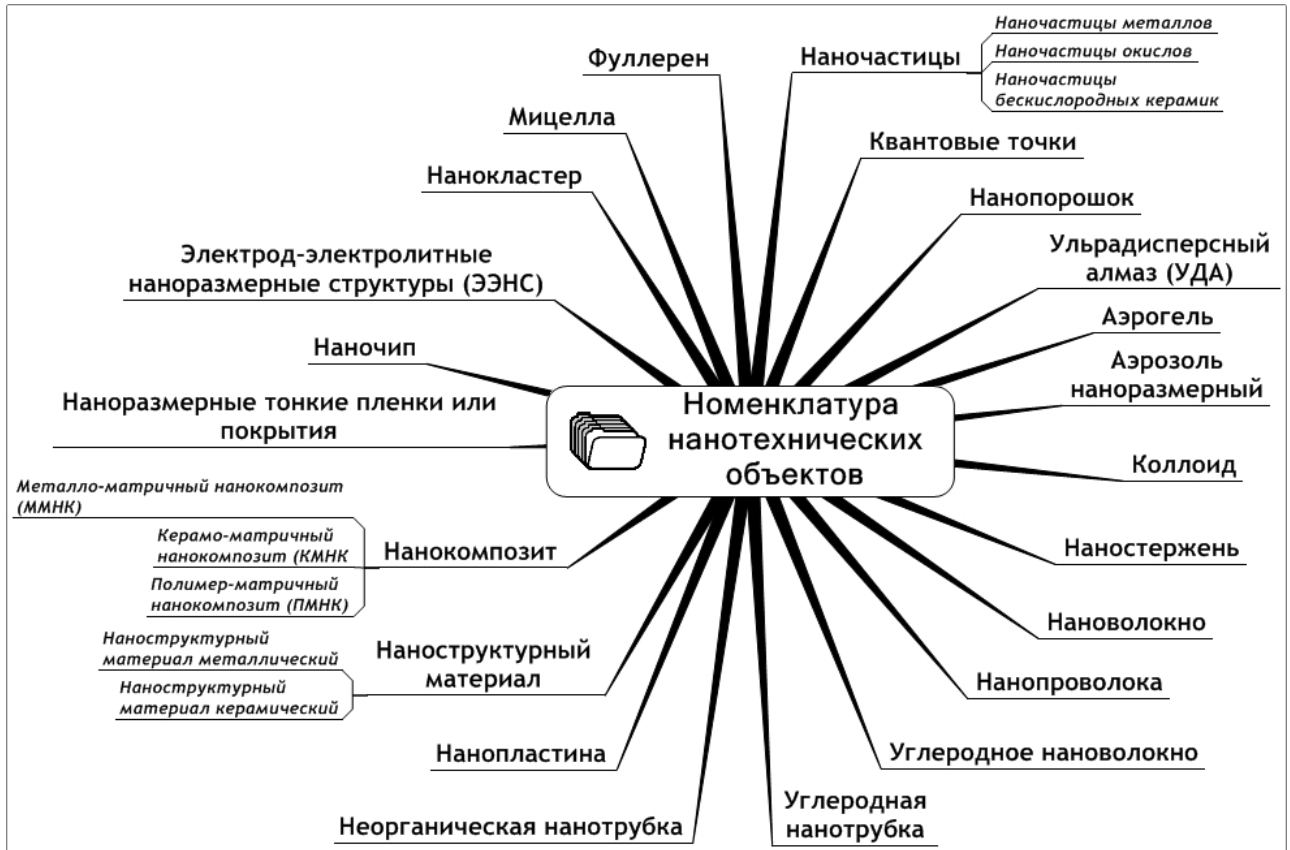


Рис. 7 - Номенклатура технических объектов, относящихся к нанотехнологии

Основными участниками разработок в области нанотехнологии на сегодня являются: во-первых, институты РАН, крупнейшие ГИИ и Госкорпорации, реализующие федеральные целевые программы, во-вторых, научные центры и лаборатории университетов и, в-третьих, отдельные средние и малые компании (в основном специализирующиеся пока на биомедицине и измерительных системах). Сама структура распределения рынка нанопроductии между его участниками на данный момент еще не сложилась.

Для уточнения содержания и границ предметной области **технологий микро- и наносистем** привлечена экспертная панель (таблица 3). Работы по уточнению содержания и границ предметной области проводились в два этапа, на первом формировался базовый набор направлений предметной области, на втором проводилось его уточнение. Выявленное в рамках экспертной панели процентное соотношение основных направлений исследований и разработок в области технологий микро- и наносистем представлено на рисунке 8.

Таблица 3 - Состав участников экспертной панели

Первый этап		
Региональный срез экспертов, принявших участие в опросах		
Центральный	<div></div>	(49)
Северо-Западный	<div></div>	(6)
Южный	<div></div>	(4)
Приволжский	<div></div>	(11)
Уральский	<div></div>	(5)
Сибирский или Дальневосточный	<div></div>	(6)
Профессиональный срез экспертов, принявших участие в опросах		
Научный сотрудник	<div></div>	(21)
Преподаватель	<div></div>	(11)
Инженер	<div></div>	(13)
Руководитель	<div></div>	(7)
Чиновник	<div></div>	(3)
Учащийся	<div></div>	(26)
Второй этап		
Региональный срез экспертов, принявших участие в опросах		
Центральный	<div></div>	(23)
Приволжский	<div></div>	(9)
Северо-Западный	<div></div>	(4)
Сибирский и Дальневосточный	<div></div>	(4)
Уральский	<div></div>	(4)
Южный	<div></div>	(5)

Профессиональный срез экспертов, принявших участие в опросах	
Научный сотрудник	(20)
Преподаватель	(2)
Инженер	(4)
Учащийся	(17)
Представитель промышленности	(7)
Чиновник	(1)

Рассмотрим предметную область «Наноинженерия» семантически. Понятие **«инженерия»** — комплекс организационных мер, операций и приемов, направленных на создание, изготовление, обслуживание, ремонт, эксплуатацию и/или утилизацию изделия (предмета технологии) с номинальным качеством, оптимальными затратами и обусловленных текущим уровнем развития науки, техники и общества в целом.

Понятие **«Система»** широко используется в науке, технике и повседневной жизни, когда говорят о некоторой упорядоченной совокупности любого содержания. Система является фундаментальным понятием, как системотехники, так и базовых теоретических дисциплин (теории систем, исследования операции, системного анализа и кибернетики). **Система** — это объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, сведений, а также знаний о природе, обществе и т.п. Каждый объект, чтобы его можно было считать системой, должен обладать четырьмя основными свойствами или признаками (целостностью и делимостью, наличием устойчивых связей, организацией и эмерджентностью).

**«Наноинженерия»** - это комплекс организационных мер, операций и приемов, направленных на создание, изготовление, обслуживание, ремонт, эксплуатацию и/или утилизацию функционально законченных сложных многоуровневых оптоэлектромеханических приборов, устройств и систем, использующих элементы и блоки, имеющие микро- наноразмерные цепи, созданные с использованием микро- и нанотехнологий.

С использованием технологии «экспертных панелей» был проведен опрос экспертов по структуре и составу направлений исследований и разработок в области наноинженерии (Рис. 8).

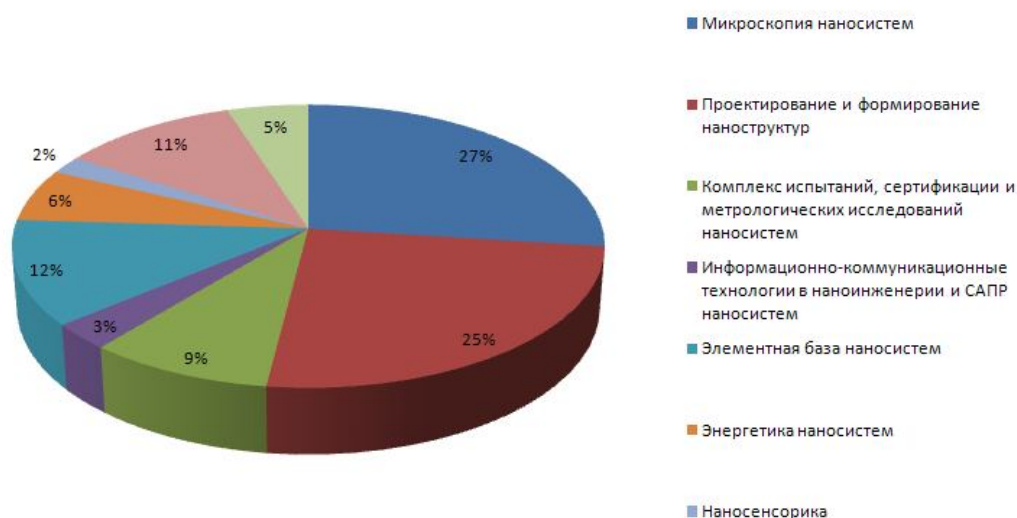


Рис. 8 - Процентное соотношение основных направлений исследований и разработок в области наноинженерии

К числу таких приборов, устройств и систем, например, относятся:

- различного рода информационные микро- и наносистемы, включающие системы локации и связи, системы сбора, обработки и передачи данных, датчики и сенсоры, а также устройства мехатроники на их основе;
- биомедицинские приборы и устройства, включающие как приборы и устройства диагностики, так и локальной доставки лекарств и терапии;
- технологическое оборудование для производства наноструктур, наноматериалов и наносистем;
- измерительное и аналитическое оборудование для диагностики и анализа наноструктур, наноматериалов и наносистем;
- программные комплексы и технологии моделирования и проектирования наноструктур, наноматериалов, приборов, устройств и систем на их основе;
- изделия машиностроения и приборостроения, имеющие размерные цепи с величинами порядка единиц - десятков нанометров.

В последние годы получено большое количество научных результатов в области создания наносистем, нанотехники. Отдельные результаты подтверждены экспериментами и макетными или лабораторными образцами. Однако переход от лабораторных образцов к промышленным достаточно сложен и до настоящего времени практически не реализован. Выявленной в рамках экспертной панели процентное соотношение компонентов элементной базы предметной области наносистем представлено на рисунке 9.

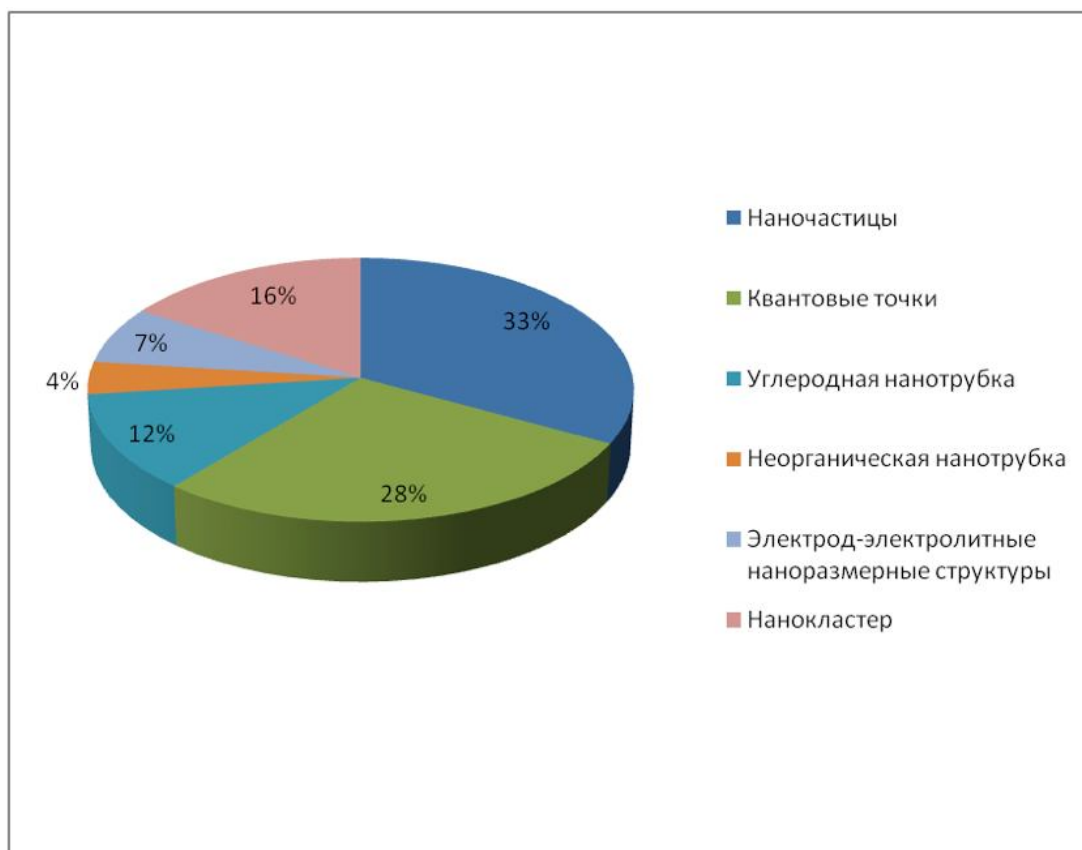


Рис. 9 - Процентное соотношение компонентов элементной базы наносистем

По результатам анализа и обобщения экспертных панелей определены направления исследований и разработок в области наноинженерии: микроскопия наносистем, проектирование и формирование наноструктур, комплекс испытаний, сертификации и метрологических исследований наносистем, информационно-коммуникационные технологии в наноинженерии и САПР наносистем, элементная база наносистем, энергетика наносистем, наносенсорика, нанооптика, микро- и наноэлектромеханические системы (Рис. 10).

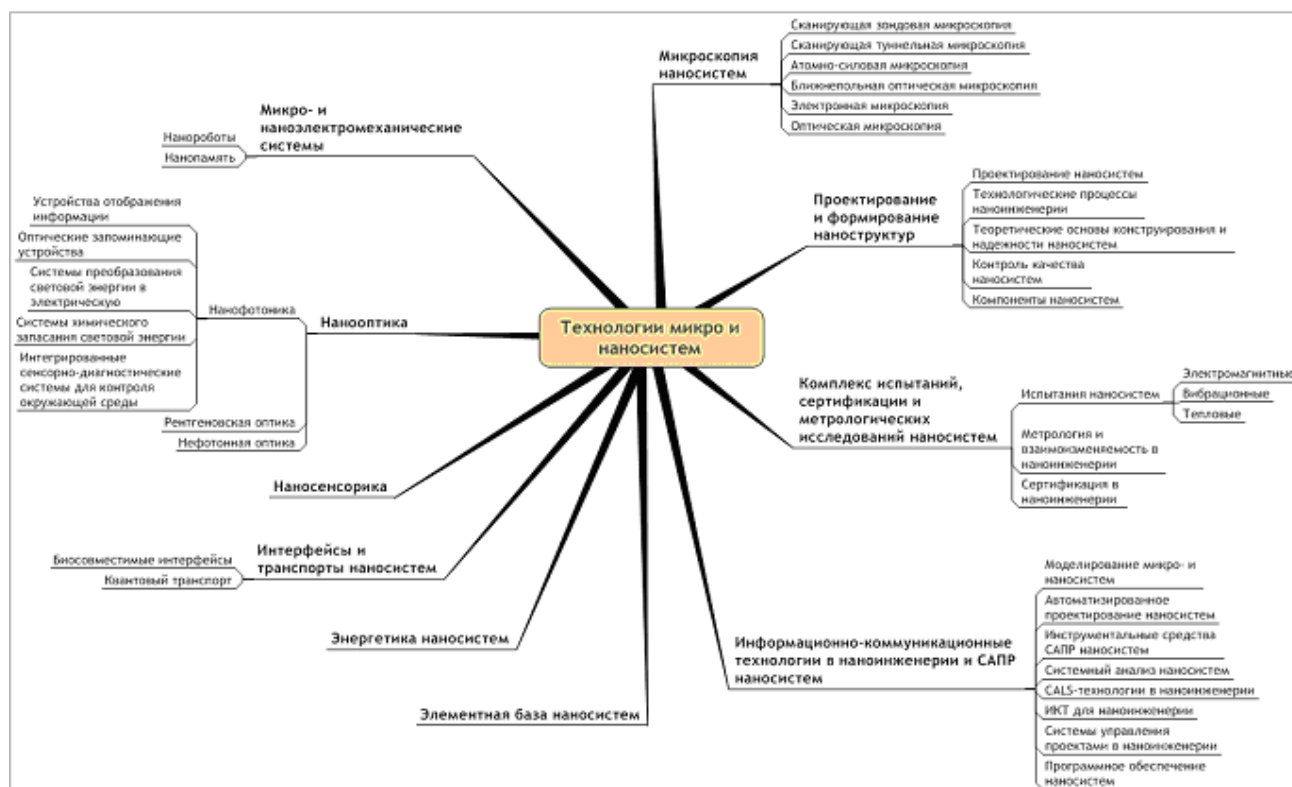


Рис. 10 - Основные направления исследований и разработок в области наноинженерии

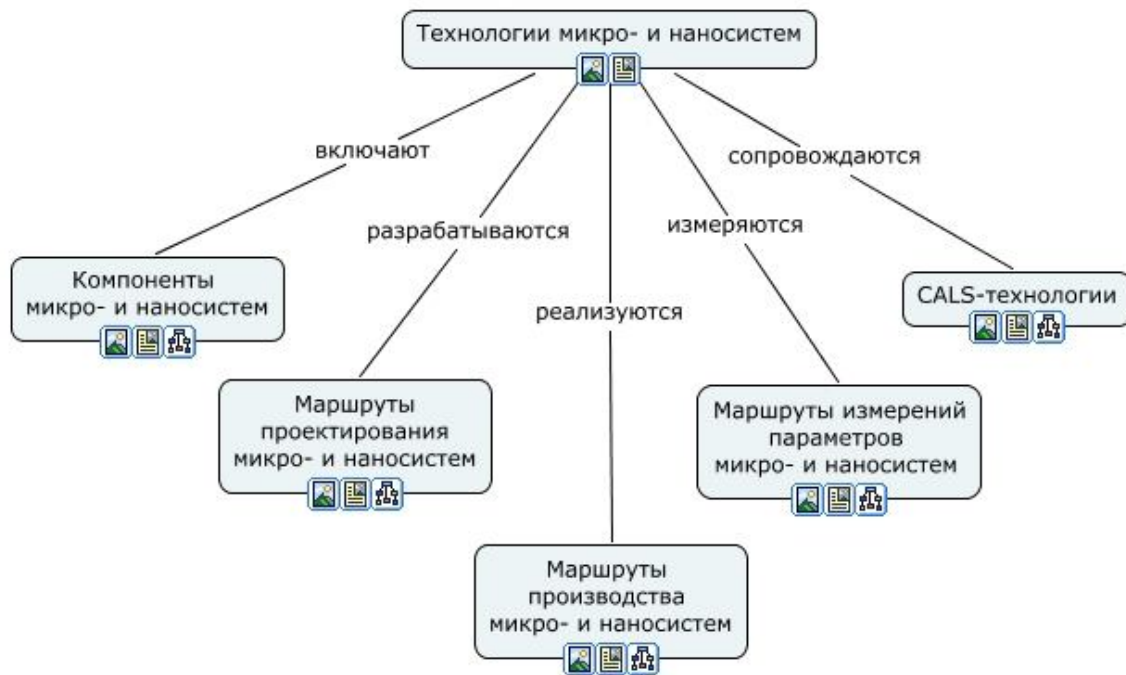


Рис. 11 – СМАР-карта технологий в нанотехнологиях

После проведения кластеризации понятий предметной области, учитывая результаты анализа экспертных панелей, в рамках декомпозиции первого уровня с использованием концептуальных карт (СМАР) было предложено выделить следующие основные группы понятий (Рис. 11), определяющие границы онтологии предметной области: маршруты проектирования микро- и наносистем на первом уровне декомпозиции, маршруты производства микро- и наносистем, компоненты микро- и наносистем, методы измерений параметров микро- и наносистем и системы компьютерного сопровождения жизненного цикла изделий (CALS технологии).

## 2 Визуальные методы представления знаниевой информации онтологии предметной области

Рассмотрим методику применения для формализации состава и границ предметной области: визуальные методы представления знаниевой информации онтологии предметной области в виде концептуальных семантических сетей (СМАР). Каждый из блоков на рисунке 11 является корневым узлом древовидной семантической структуры для следующих уровней декомпозиции.

Трактовка понятия «компоненты микро- и наносистем» включает в себя: компоненты, структурные единицы микро и наносистемной техники, назначение, виды преобразования, условия эксплуатации.

Маршруты проектирования микро- и наносистем – это последовательность этапов и процедур для представления процесса проектирования микро- и наносистем. Они включают в себя виды обеспечений, определяющих выполнение проектных процедур.

Маршруты производства микро- и наносистем – последовательность работ по непосредственному изготовлению микро- и нанообъектов. Маршруты производства микро- и наносистем включают в себя общую технологию, технологические процессы, моделирование технологических процессов.

Методы измерений параметров микро- и наносистем – систематизированная совокупность шагов, действий, необходимых для исследования микро- и наносистем.

CALS технологии – совокупность программных компонентов направленных на информационное сопровождение жизненного цикла изделий.

При разработке СМАР карт предметной области изначально проводится анализ причинно-следственных связей - таких связей между явлениями (объектами), при которых одно явление, называемое причиной, при наличии определенных условий с необходимостью порождает или вызывает к жизни другое явление, называемое следствием. На рисунке 12 приведен пример причинно-следственной связи в виде диаграммы Исикавы.

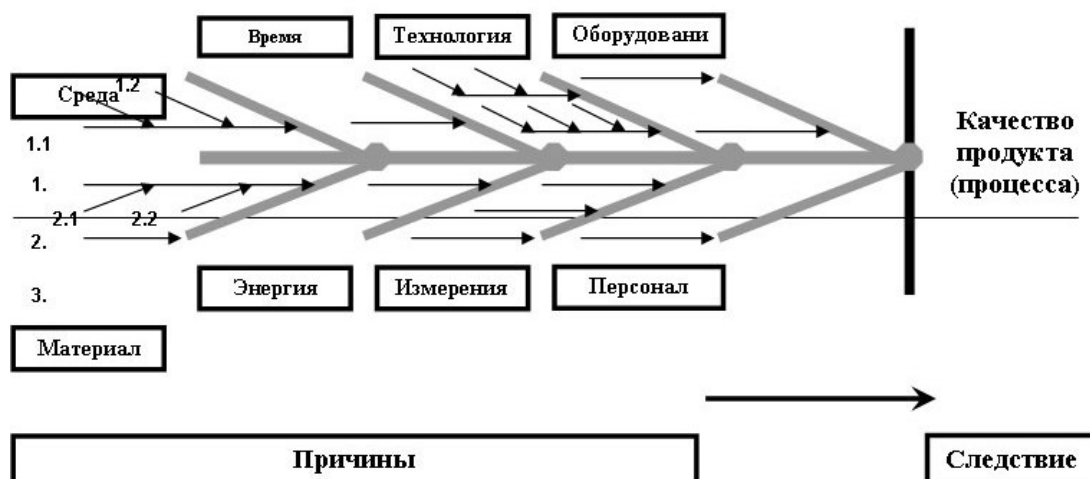


Рис. 12 - Пример анализа причинно-следственных связей для предметной области «нанотехнология»



Любая техническая задача ставит целью решение определенной проблемы в технологическом цикле или на определенной технологической операции. Проблемы могут быть различными. Важно выделить основную проблему, влияющую на результат всего цикла или операции.

Решение любой технической задачи начинается с анализа проблемы. Обычно решением проблемы становится создание некоторого технического объекта, выполняющего конкретные функции по устранению выявленной проблемы. В случае, если неизвестно, как синтезировать требуемый технический объект, возникает проблемная ситуация.

Описание проблемной ситуации – это, с одной стороны, формулирование потребностей, функций, которые нужно выполнить и, с другой стороны, описание тех факторов, которые мешают удовлетворить эти потребности или реализовать функции.

На рисунке 13 представлены два пути решения проблемных ситуаций.

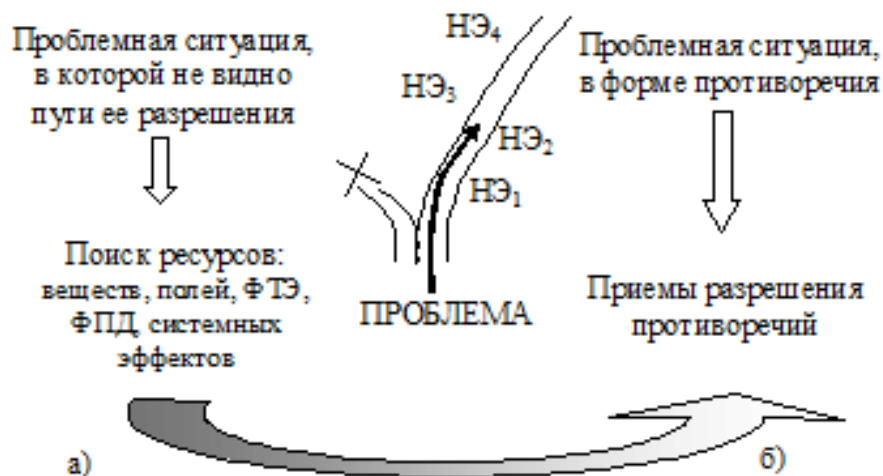


Рис. 13 – Два вида проблемных ситуаций

Синтез технического объекта, устраняющего проанализированную проблему, зачастую ведет к появлению вторичных отрицательных эффектов. Например, существует проводящий материал «Вискум». Необходимо увеличить проводимость. Решением может стать увеличение ширины проводников, соединяющих элементы в аппаратуре. Но данное решение ведет к увеличению расхода материала, что является негативным фактором.

Появление отрицательных эффектов при синтезировании технического объекта обусловлено причинно-следственной связью. На основе данных связей можно построить противоречия, возникающие в процессе решения поставленной задачи и синтеза технического объекта.

Проблемная ситуация, которая сводится к тому, что мероприятия, направленные на улучшение одного свойства технической системы, приводят к ухудшению другого важного свойства, можно назвать *операционным противоречием*, так как оно соответствует операционному стилю мышления.

Таким образом, *операционное противоречие (ОП)* описывает ситуацию, когда изменение некоторого параметра (X) приводит к появлению положительного эффекта (ПЭ), которое ведет к улучшению одного потребительного свойства, но это сопровождается появлением и нежелательных эффектов (НЭ), приводящих к ухудшению другого потребительного свойства (Рис. 14).

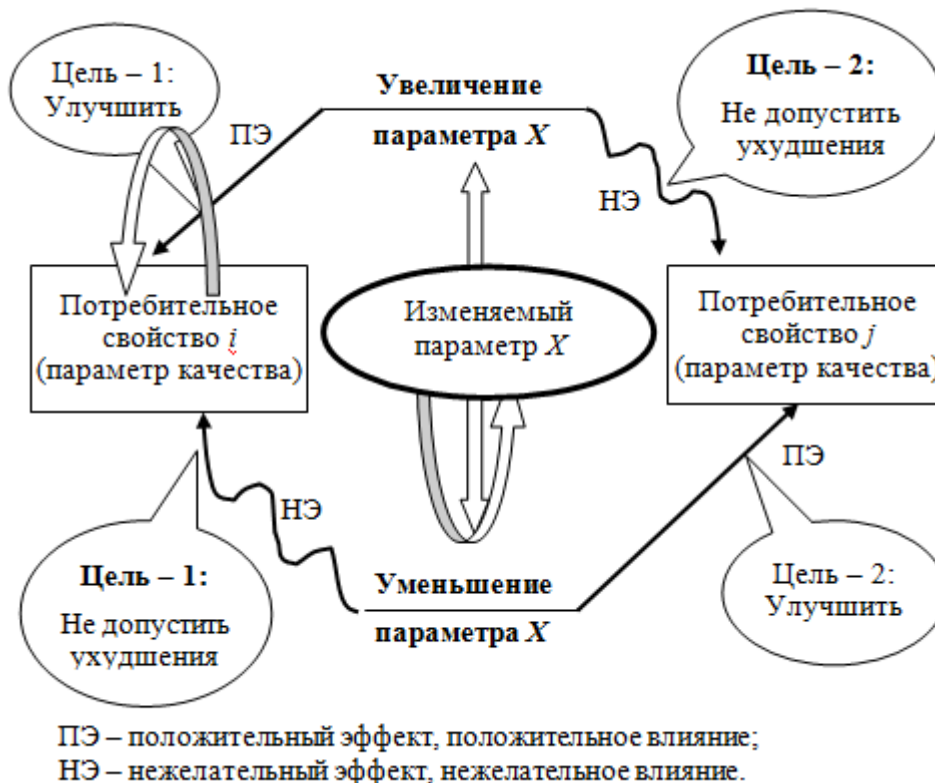


Рис. 14 – Схема операционного противоречия

Формулирование операционного противоречия позволяет вычлени́ть положительные и нежелательные эффекты, для того, чтобы провести анализ причин появления нежелательных эффектов, и, тем самым, активизирует поиск возможных направлений поиска решения проблемы.

Для исследования сложных технических объектов необходимо подробно описать, каким образом изменение одного параметра, направленное на улучшение одного потребительного свойства, приводит к ухудшению другого потребительного свойства. Эти рассуждения можно представить в виде цепочки причинно-следственных связей (Рис. 15).

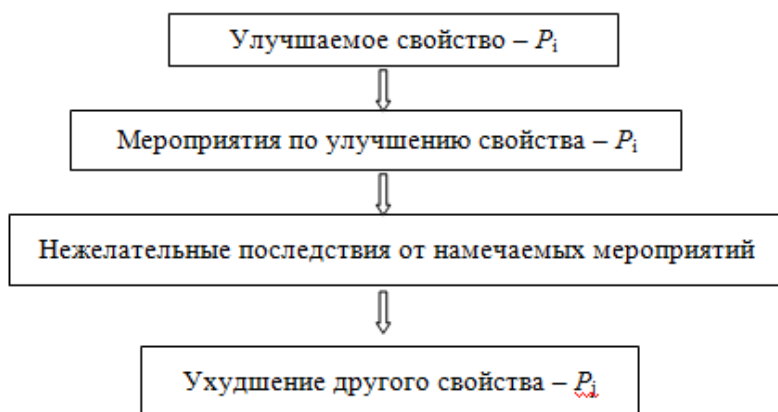


Рис. 15 – Анализ операционного противоречия

Такая цепочка позволяет систематизировать и наглядно представить взаимосвязь и взаимообусловленность положительных и нежелательных эффектов при реализации того или иного мероприятия а также поставить ряд частных задач: «как можно устранить нежелательные эффекты, сохранив полезный эффект?»

Здесь используется такая мыслительная операция, как изолирующая абстракция, – разработчик отвлекается от всех остальных факторов и рассматривает, какими способами можно решить каждую частную задачу. Таким образом можно получить спектр возможных решений.

Исходя из спектра возможных решений можно выбрать несколько карт знаний.

**Семантическая карта знаний** – это карточка, содержащая в себе описание технологического метода исследования, производства, коррекции, а также основные характеристики описываемого объекта, его аналог в природе и противоположность. Также карта знаний содержит сведения обо всех дочерних технологиях, методах и операциях.

Таким образом, исходя из требований синтезированного технологического объекта может быть выбрана одна или несколько карт знаний. Дальнейший отбор карт осуществляется в соответствии с применимостью того или иного действия, технологии, объекта к решению противоречия.

Следует отметить, что не всегда возможно составить операционное противоречие в явном виде, выявить все причинно-следственные связи. В этом случае следует проанализировать имеющиеся данные, выделить поле деятельности. При выделении поля деятельности, например, при исследовании фотошаблонов следует обращаться к полю деятельности «литография». Выделение поля деятельности существенно сужает круг поиска подходящих решений в виде карт знаний. Далее следует выделить известные особенности и характеристики исследуемого объекта или процесса. По исследованным характеристикам производится отбор карт знаний. Отобранное количество карт знаний может быть велико, но среди отобранных можно выделить определенные группы карт, имеющие сходные характеристики, области применения и т.д. Анализ характеристик, по которым они сгруппированы, позволит выделить группы, подходящие для исследования объекта или действия, которые позволят раскрыть неизвестные ранее характеристики объекта или процесса. Совокупность проанализированных характеристик и «вновь открытых» позволит значительно сузить круг поиска среди имеющихся карт знаний. Следующий этап – анализ карт знаний на применимость. Он аналогичен описанному ранее методу исследования на применимость.

Также одним из важных этапов является построение карты знаний. Рассмотрим на примере простого технологического действия построение карты знаний. Центральное место при построении карты знаний будет занимать действие, операция или процесс, при котором или во время которого возникают негативные эффекты, либо результат необходимо улучшить. В данном случае это формирование слоя двуокиси кремния при производстве СБИС. На рисунке 16 приведен пример размещения основной технологической операции на карте знаний.

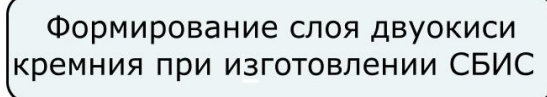


Рис. 16 – Основная технологическая операция

Исходя из того, что мы знаем о технологической операции, выделяются два основных действия, которые требуются при формировании слоя двуокиси кремния при изготовлении СБИС. Это нагревание паров окислителя и контроль прогрева участков СБИС, чтобы не допустить прогрева участков СБИС ниже слоя окисла. На рисунке 17 приведен вид карты знаний после выделения основных действий. Следует отметить, что при анализе проблемы строится нисходящая карта знаний, а при поиске решений она строится восходящей.



Рис. 17 – Карта знаний с выделенными действиями



Следующий этап построения карты знаний состоит в том, что задается вопрос: «что если критический параметр действий высокий/низкий?». Берется максимальное и минимальное значение критических параметров действий и анализируется результат, к которому они приводят, а также дефекты, возникающие в случае негативного влияния значения параметра. В рассматриваемом случае при нагреве паров окислителя критическим параметром является температура паров окислителя. Температура нагрева паров может быть высокая и низкая. Высокая температура нагрева паров обеспечивает качественный слой окисла. Низкая температура нагрева паров окислителя влечет за собой некачественный слой окисла, который включает в себя следующие дефекты: непланарность, поры и низкие диэлектрические свойства. Аналогично анализируется влияние температуры при контроле прогрева участков СБИС. Низкая температура нагрева обеспечивает получение легированных областей заданных размеров, а высокая температура - некачественную структуру активных слоев СБИС, которые включают в себя следующие дефекты: разгон легированных областей, возможные подтравы, возможное окисление проводников и отжиг материала. Все выявленные дефекты так же отражаются на карте знаний. На рисунке 18 приведен полный вид нисходящей карты знаний, как результата анализа технологической операции, основных действий и изменения критических параметров данных действий. Как видно из построенной карты знаний, получено техническое противоречие в наглядной форме поскольку получение хороших результатов действий возможно только при противоположных температурах, одновременно воздействующих на объект.

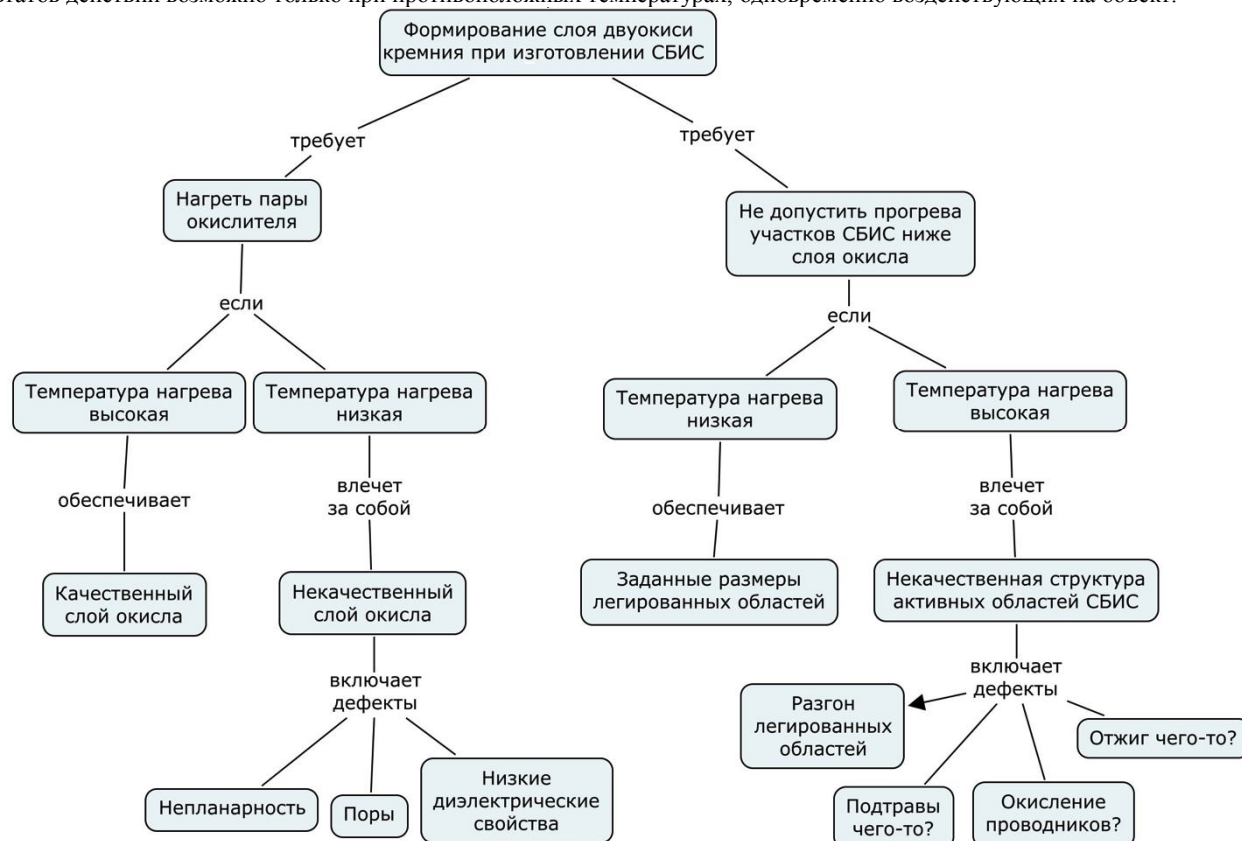


Рис. 18 – Нисходящая структура карты знаний

Далее на основе результатов анализа и построенной карты знаний ставится вопрос: «как обеспечить требуемые параметры?». Стоит отметить, что карта знаний строится восходящей. На самом верху карты знаний будет указано общее решение данной проблемы. После ответа на вопрос «Как обеспечить?» были выделены два главных параметра, которые требуется обеспечить: высокое качество пленки двуокиси кремния и высокую точность изготовления размеров легированных областей. На рисунке 19 приведен вид карты знаний после ответа на вопрос «Как обеспечить требуемые параметры?».

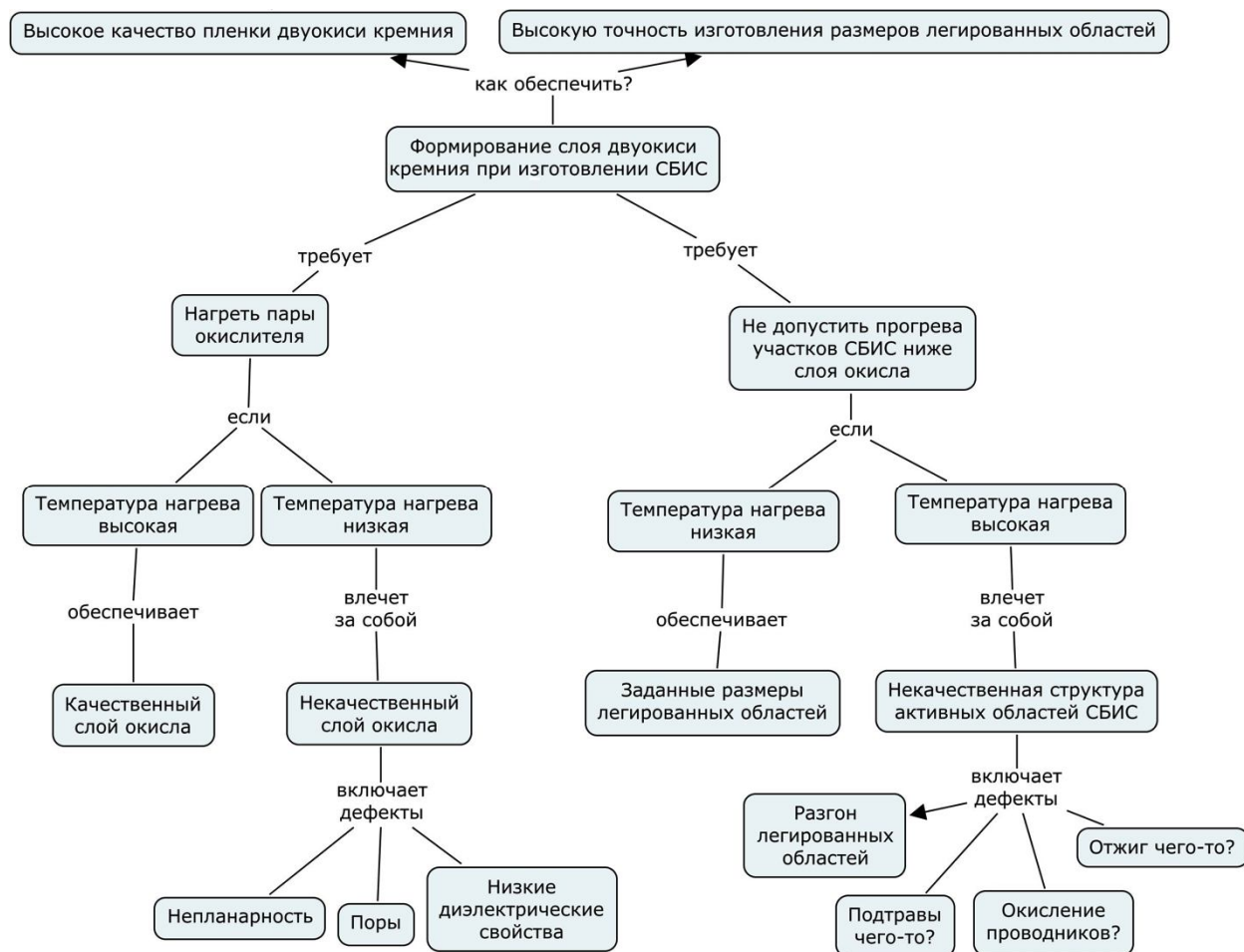


Рис. 19 – Карта знаний по параметрическому синтезу

Исходя из построенной карты знаний и пользуясь одним из 40 приемов разрешения технических (операционных) противоречий, предложенных Г. С. Альтшуллером, находим требуемое решение, позволяющее обеспечить требуемые параметры. В данном случае таким решением стал «принцип периодического действия», который реализуется в виде поочередного окисления в кислороде и парах воды кремниевой пластины СБИС. Данное решение также отражается на карте знаний, после чего данная карта может использоваться как пример решения подобных задач и проблем. На рисунке 18 приведен вид полной карты знаний для решения проблем при формировании слоя окисла при изготовлении СБИС.

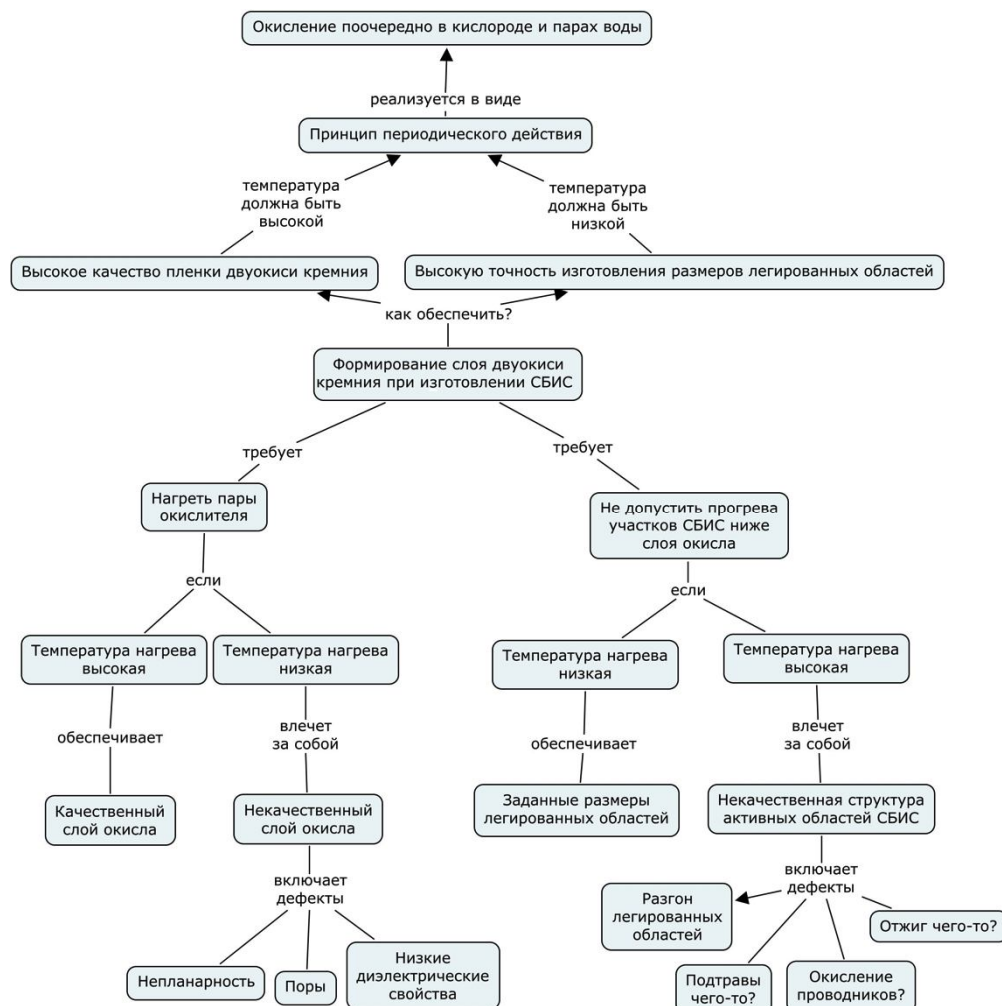


Рис. 20 – Синтезированное семантическое дерево найденного решения

Эксплуатация представленных решений направлена на развитие способностей к рассуждению и системному подходу при анализе инженерных проблем во всей полноте. Пользователи такой системы учатся анализировать поставленные задачи, выявлять основные проблемы поставленных задач, выделять области деятельности, основные технологические операции и действия, выделять критические параметры, прогнозировать и учитывать позитивные и негативные последствия при изменении критических параметров. Таким образом, у них формируется многопозиционное всестороннее восприятие поставленной задачи. В процессе анализа проблемы и вплоть до ее решения пользователь получает качественные знания в определенных областях, а также получает одно из главных умений – оперирование полученными знаниями. Таким образом построение причинно-следственных цепочек развивает целый ряд базовых навыков генерационного структурного синтеза, а инструментальная поддержка в виде БЗ позволяет развить их и получать профессиональные знания в более доступной визуальной форме.

### 3 Онтологический инжиниринг предметной области

Обычно под **онтологией** подразумевается эксплицитная, то есть явная, спецификация концептуализации, где в качестве концептуализации выступает описание множества объектов и связей между ними. Формально онтология состоит из понятий терминов, организованных в таксономию, их описаний и правил вывода.

Основной вопрос онтологии: что существует? Основные понятия онтологии следующие: бытие, структура, свойства, формы бытия (материальное, идеальное, экзистенциальное), пространство, время, движение.

Иное понимание онтологии даёт американский философ Уиллард Куайн: в его терминах онтология — это содержание некоторой теории, то есть объекты, которые постулируются данной теорией в качестве существующих.

**Онтология** – это попытка всеобъемлющей и детальной формализации некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы. Обычно такая схема состоит из структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила (теоремы, ограничения), принятые в этой области. Этот термин в информатике является производным от древнего философского понятия «онтология».

Онтологии используются в процессе программирования как форма представления знаний о реальном мире или его части. Основные сферы применения — моделирование бизнес-процессов, семантическая паутина (англ. Semantic Web), искусственный интеллект.

Проектирование и разработка онтологий (**онтологический инжиниринг**) - ядро концепции менеджмента знаний (КМ - Knowledge Management) - является основой управления сложными "информационно наполненными" системами. Выделяют следующие этапы онтологического инжиниринга:

1. Накопление - стихийное и бессистемное накопление информации;
2. Извлечение - процесс обнаружения источников данных и знаний, их "добыча" и описание (наиболее сложный и трудоемкий этап, определяющий жизнеспособность системы);
3. Структурирование – выделяются основные понятия, выработана структура представления информации, обладающая максимальной наглядностью, простотой изменения и дополнения;
4. Формализация и программная реализация - представление структурированной информации в форматах машинной обработки, т.е. на языках описания данных и знаний, и организация автоматизированной обработки и поиска информации по запросу;
5. Обслуживание - коррекция формализованных данных и знаний (добавление, обновление): удаление устаревшей информации (актуализация); фильтрация данных и знаний для поиска информации, необходимой пользователям.

На данный момент разработано достаточно много онтологий (онтологических моделей) для описания и управления сложными системами в самых различных предметных областях - от искусственного интеллекта, медицины, интернет-технологий, до систем управления организациями, отдельных видов деятельности и продукции.

**Основная задача** онтологического подхода - упорядочение знаний путем их систематизации, создания единой иерархии понятий, унификации терминов и правил интерпретации. Онтологический анализ вошел в IDEF5, один из ключевых стандартов языков описания сложных систем IDEF, и является основным средством спецификации компьютерно-ориентированных информационных систем и моделирования сложных бизнес-процессов.

Для построения эффективной онтологии предметной области необходимо решить следующий комплекс задач:

- разработать иерархию онтологий, определяющих области стандартизации;
- создать иерархию терминологий;
- фиксировать аксиомы предметной области на неформальном ("человеческом") языке;
- выбрать язык описания и перевод утверждений на формальный язык;
- реализовать релевантные данные в виде единой базы знаний, состоящей из иерархически соподчиненных баз данных для каждой области стандартизации;
- реализовать семантическое представление базы знаний как "единого" стандарта (в смысле представления) и разработка методики пользования концепцией.

База знаний по предметной области микро- и наносистем представлена в виде формализованной модели данных и построена по методологии онтологического инжиниринга. Она включает терминологию, т.е. формально определенных термины, и правила - логические отношения ограничительного характера между ними. База знаний описана с помощью визуальных семантических схем и фреймовой структуры, что позволяет применять для обработки данных и вопросов, задаваемых пользователями, дедуктивные возможности логики первого порядка. Причем главная возможность - это автоматическое извлечение скрытых истинных фактов (имплицитная информация) при наличии исходных, введенных в базу (эксплицитная или явная информация).

Для построения базы знаний по технологиям микро- и наносистем используется системный подход - **методология онтологического инжиниринга**, на которую возлагаются следующие **основные задачи**: идентификация, классификация и однозначное определение терминологии и правил; постановка пользовательских вопросов; вывод ответов.

Рассмотрим подробнее методологические принципы использования онтологии для решения задач по понятийной идентификации, классификации, стандартизации и наглядному представлению концептуальной модели предметной области в различных сферах науки и человеческой деятельности. По определению Тома Груббера, впервые применившего это понятие в области информационных технологий [7], онтология как спецификация концептуализации - уже не только философский термин, означающий учение о бытии. Сначала термин в новом значении стал использоваться в области математики, где слабо формализованные концептуальные модели всегда сопутствовали строгим математическим определениям. Сейчас онтология всё более широкое применение находит в следующих науках - менеджменте, экономике, электронном бизнесе, где структурирование и визуальное представление информации составляет значительную сложность [9]. К числу таких «размытых» междисциплинарных областей, в которых ощущается насущная необходимость определённого упорядочения на основе построения онтологии с элементами визуализации, в данной работе отнесена область технологий микро- и наносистем.

Хотя понимание термина «онтология» и само модельное представление онтологии существенно зависит от контекста и целей их использования, в дальнейшем в данной работе будем придерживаться следующего формального представления:

$$O = (C, R, A),$$

где:

C - конечное множество концептов (понятий, терминов) предметной области, которую представляет онтология;

R - конечное множество отношений между концептами;

A - конечное множество аксиом или функций интерпретации, заданных на концептах и (или) отношениях.

Область технологий микро- и наносистем постоянно развивается, что отражается в расширении, динамичном изменении понятийной системы. Создание формальной онтологии для такой предметной области является чрезвычайно сложной задачей. Поэтому для формирования исходной онтологической модели области технологий микро- и наносистем предлагается использовать методологию концептуальных карт (концепт-карт, CMAP).

Концепт-карта - это графический инструмент для организации и представления знаний. По сути, они являются циклическими графами, причём вершинами графа являются понятия (концепты - C), а рёбрами графа являются связи между понятиями (отношения - R). Концепты выражаются лексическим термином - словом (или словосочетанием). Пример концепт-карты, рекурсивно раскрывающей свою сущность, представлен на рисунке 21.

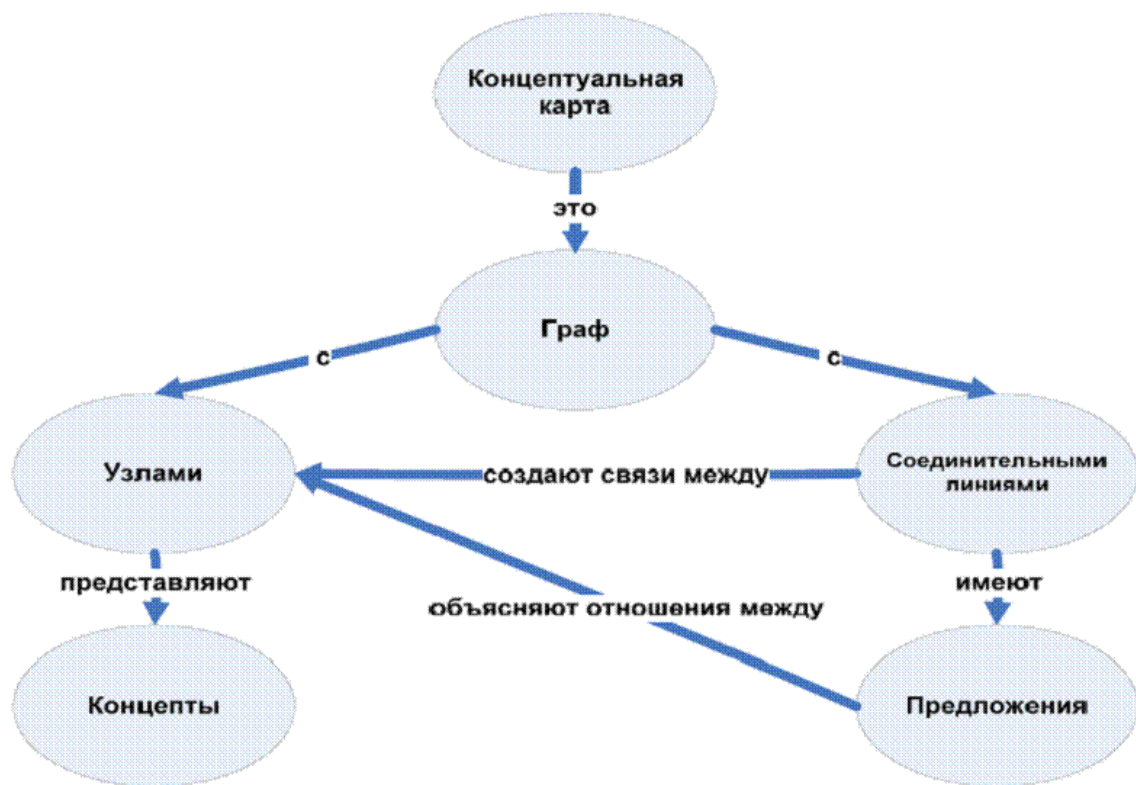


Рис. 21 – Рекурсивная модель концептуальной карты

Впервые коцепт-карты были предложены в начале 70-х гг. профессором Джоозефом Новаком (Joseph D. Novak) из Корнелльского университета для изучения детского мышления и формирования первых научных понятий. Это исследование использовало идеи Дэвида Аусубела [7] о формировании понятийного мышления. Концепт-карты оказались эффективным инструментом отображения понятийной системы человека. Благодаря этому они стали использоваться в обучающих системах (E-learning), для формальных обоснований в химии и аргументации высказываний в биологии, затем для описания процессов проведения научных исследований и при разработке баз знаний.

Обоснованность выбора концептуальных карт для формирования онтологической модели в области различных актуальных технологий (например, военных, технических, педагогических) обусловлена следующими их достоинствами при использования в качестве средства структурирования знаний:

1. Системность - концепт-карта представляет целостный, осмысленный взгляд на предметную область с учетом ее иерархичности, структурированности и многоаспектности;
2. Единообразие - знания, представленные в единой форме, эффективно воспринимаются и воспроизводятся;
3. Научность - построение концепт-карты базируется на положениях философии конструктивизма и достижениях когнитивной науки, связано с глубоким анализом структуры отношений предметной области, что позволяет выявить новые, ранее невербализованные логические связи во всей их полноте;
4. Универсальность - концепты и связи имеют всеобщий характер, что позволяет их использовать для установления взаимосвязей разных классов концептов предметной области;

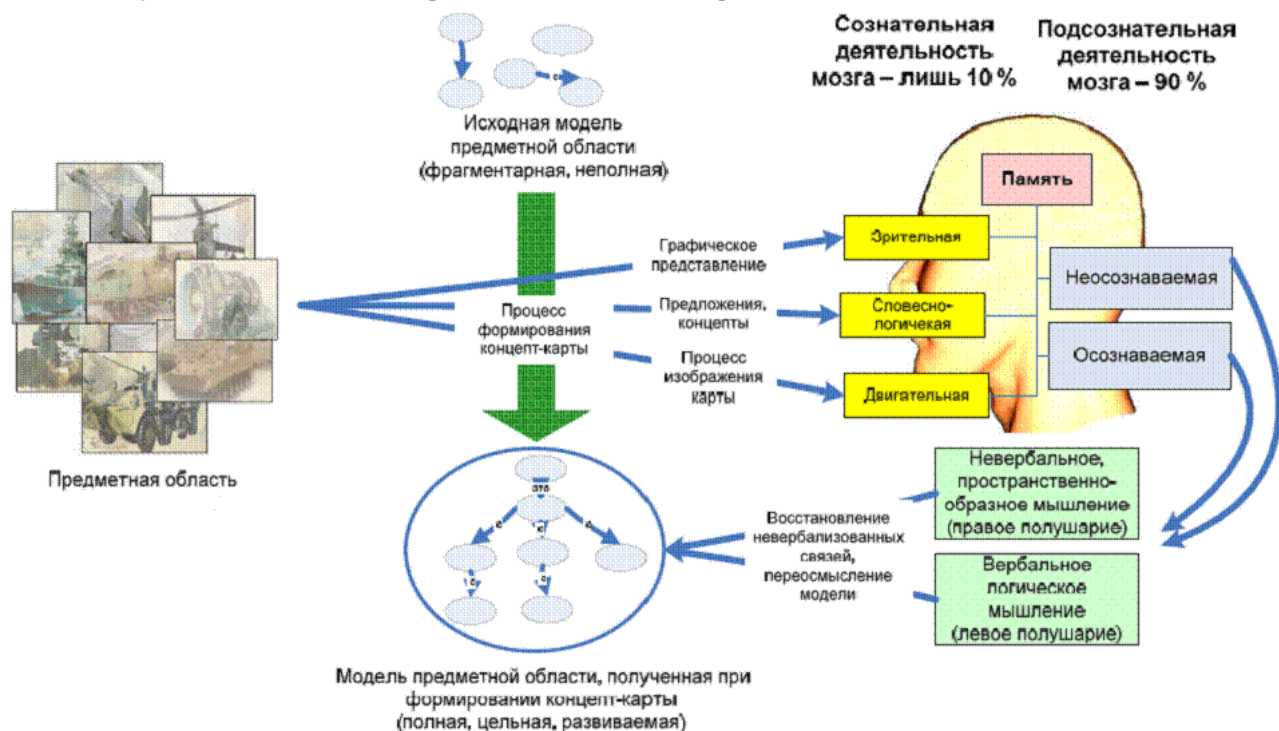


Рис. 22 – Связь процесса формирования карты с видами памяти человека



5. Когнитивность - при формировании и анализе концепт-карты используются все виды памяти человеческого мозга, что позволяет обучающимся и взаимодействующим специалистам быстро и точно усваивать представленные картами знания во всей их полноте [9] (Рис. 22);
6. Поддерживаемость (инструментальность) - для формирования концепт-карт разработан и доступен для получения и использования комплекс специального программного обеспечения, обладающий широкими возможностями для совместной работы группы специалистов, который постоянно совершенствуется Флоридском институтом человеческого и машинного познания (ИМНС);
7. Открытость к взаимодействию - разработан ряд конверторов, позволяющих транслировать в концепт-карты онтологии, представленные на других языках описания [10];
8. Инновационность – концепт-карты могут быть использованы для порождения новых знаний на ассоциативной основе.

Для этого предлагается в первую очередь создать информационный портал в сети Интернет, посвященный вопросам создания, развития и использования онтологии актуальных современных технологий. Он должен содержать онтологию верхнего уровня - онтологию технологий, открытую часть прикладных онтологий области технологий микро- и наносистем. В портале следует отражать изменения, вносимые в онтологию области технологий микро- и наносистем, предоставлять доступ к нормативным документам в области технологического домена, публикациям в этой области, содержать сведения о планируемых мероприятиях (конференциях, форумах) по развитию технологий, рекомендации по использованию онтологии области технологий микро- и наносистем в системах поддержки принятия решений и информационных системах.

Решения, реализованные в Smart Tools, целесообразно использовать для создания перспективной автоматизированной системы поддержки развития онтологии технологий микро- и наносистем.

Анализируя вышеизложенное, можно сформулировать основные задачи **онтологического инжиниринга** предметной области (см. таблицу 4).

Таблица 4 – Спецификация основных задач, возлагаемых на онтологию конкретной предметной области

№	Наименование задачи	Формулировка задачи	Инструменты решения задачи
1	2	3	4
1	Структуризация предметной области	Сформулировать структурированное описание предметной области, базируясь на неструктурированных источниках информации, в том числе содержащимися в материалах Учебно-методических комплексов, поставленных в рамках Государственного контракта №П761 от 12 ноября 2008 года «Закупка учебно-методического обеспечения для подготовки кадров по программам высшего профессионального образования для тематического направления ННС «Наноинженерия»	Системный подход к изучению вопросов наноинженерии, сбор и фиксация знаний о предметной области на бумажной носители, включающие: определение основных понятий и их взаимоотношений в выбранной предметной области; создание точных непротиворечивых определений для каждого основного понятия и отношения; определение терминов, которые связаны с основными понятиями и отношениями; согласование перечисленных компонентов онтологииЮ методология научного познания.
2	Формальное описание конкретной предметной области	Разработать описания знаний в формальной форме, допускающей обработку информационными системами	Методики построения концептуальных схем, теория графов, разбиение совокупности основных терминов, используемых в онтологии, на классы; формирование концептуализации в рамках выбранного языка представления знаний.
3	Обеспечение многократного использования информации	Верификация выбранной модели представления знаний	Тестирование разработанного программного комплекса на основе выбранных тестов по информационному поиску
4	Обеспечение обмена информацией между участниками национальной нанотехнологической сети	Тестирование альфа-версии разработанного программного комплекса	Тестирование разработанного программного комплекса на основе сформулированных тестов по проверке корректности функционирования системы в сетевом режиме
5	Системность	Сформулировать целостный взгляд на технологии микро- и наносистем путем интегрирования гетерогенных источников данных	Методики онтологического инжиниринга
6	Единообразие	Представление предметной области, базируясь на неструктурированных источниках информации, в том числе содержащимися в материалах Учебно-методических комплексов, поставленных в рамках Государственного контракта №П761 от 12 ноября 2008 года «Закупка учебно-методического обеспечения для подготовки кадров по программам высшего профессионального образования для тематического направления ННС «Наноинженерия», в единой форме.	Методики онтологического инжиниринга

7	Научность	Представить логические связи между различными понятиями, в том числе недостающие связи	Методики онтологического инжиниринга
8	Применение для задач образования	Разработать концептуальные модели, которые могут быть использованы в образовательном процессе	Методики разработки концептуальных моделей, методики обучения в высшей школе

Онтология предметной области – формальное описание предметной области, обычно применяется для того, чтобы уточнить понятия, определённые в мета-онтологии (если используется), и/или определить общую терминологическую базу предметной области.

Построение онтологии (онтологический инжиниринг) является мощным когнитивным инструментом, позволяющим определить значимые для решения задачи концепты и связи между ними. Экспертная система, реализованная на принципах **онтологического инжиниринга**, позволяет конечному пользователю по определенным критериям находить искомые решения в предметной области.

На сегодняшний день существует не менее десятка зарубежных систем, относимых к классу инструментов онтологического инжиниринга, которые поддерживают различные формализмы для описания знаний и используют различные машины вывода из этих знаний.

Наиболее известные из них:

- Protégé (<http://protege.stanford.edu>);
- CYC (<http://www.cyc.com>);
- KAON2 (<http://kaon2.semanticweb.org>);
- OntoEdit (<http://www.ontoprise.de/products/ontoedit>);
- KADS22 (<http://hcs.science.uva.nl/projects/kads22/index.html>).

Среди уже разработанных онтологий наиболее известными и объемными являются CYC (<http://www.cyc.com>) и SUMO (<http://www.ontologyportal.org/>).

Крупные онтологические проекты с точки зрения их функциональности не столько конкурируют, сколько дополняют возможности друг друга. Одновременно можно констатировать, что пока не существует проекта, который мог бы использоваться как наполненный знаниями полнофункциональный ресурс, готовый как для непосредственного использования, так и для дальнейшего развития в широком спектре интеллектуальных информационных технологий.

#### Литература

1. Бионанотехнология : учеб. пособие / А.И.Власов, А.А.Денисов, К.А.Елсуков - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2011. (Библиотека Нанотехнология): в 17 кн. Кн.15). - 224 с.:ил.
2. Технологические процессы в нанотехнологии : учеб. пособие / П.И.Варламов, К.А.Елсуков, В.В.Макачук - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2011. (Библиотека Нанотехнология): в 17 кн. Кн.2). - 176 с.:ил.
3. Т.И.Агеева, А.М.Афонин, А.И.Власов и др. Информационные технологии в инженерном образовании / Под ред. С.В.Коршунова, В.Н.Гузнецова. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2007. - 432 с.: ил.:
4. И.Н.Лунина М.В.Покровская Е.В.Резчикова Об опыте интеграции педагогических технологий в техническом университете //Высшее образование в России. №2, С90-95.
5. Резчикова Е.В. Как и кого готовить для профессий, которых пока нет // Сборник докладов V Международной конференции. Триз. Практика применения методических инструментов в бизнесе. - Москва. 22-23 ноября 2013 г., МГТУ им.Н.Э.Баумана.
6. А.В.Ревенков, Е.В.Резчикова Теория и практика решения технических задач : учеб. пособие М.: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2013. - 384 с. : ил. - (высшее образование) - 3-е изд., испр. и доп.
7. А.И.Власов Пространственная модель оценки эволюции методов визуального проектирования сложных систем // Датчики и Системы. - 2013. - №9. - С.10-28.
8. E. Rezchikova, V. Shakhnov, A. Vlasov, L. Zinchenko Visual Learning Environment in Electronic Engineering Education // Proc. 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL) - PP. 389 – 398.
9. Власов А.И., Журавлева Л.В., Тимофеев Г.Г. Методы генерационного визуального синтеза технических решений в области микро- наносистем // Научное обозрение. 2013. №1. - С.107-111.
10. Власов А.И., Журавлева Л.В. Визуализация творческих стратегий с использованием ментальных карт // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2013. №1.- С.133-140.
11. Резчикова Е.В., Власов А.И. Перспективы применения концепт-карт для построения базы знаний ТРИЗ // Сборник трудов конференции "ТРИЗ. Практика применения методических инструментов". - Москва. 29 октября 2011. С.140-145.
12. Дудко В.Г., Верейнов К.Д., Власов А.И., Тимошкин А.Г. Современные методы и средства обеспечения качества в условиях комплексной автоматизации // Вопросы Радиоэлектроники, Сер. АСУП, 1996, №2, С.54-72.
13. Поздняев А.С., Власов А.И. Становление и развитие образовательного сегмента Национальной нанотехнологической сети в современных экономических условиях // ВЕСТНИК МГТУ им.Н.Э.Баумана. Серия "Приборостроение". Спецвыпуск "Нанотехнология". 2010. С.178-188.

Грунская В.А.<sup>1</sup>, Габриелян Д.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, доцент; <sup>2</sup>аспирант, ФГБОУ ВПО Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В.Верещагина

#### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО МОЛОЧНО-СЫВОРОТОЧНОГО НАПИТКА С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

##### Аннотация

*Разработана технология ферментированного молочного-сывороточного напитка функционального назначения. Подобран состав закваски, содержащий ацидофильную палочку, кефирную грибковую закваску и пропионовокислые бактерии, придающий пробиотические свойства продукту. Показано, что использование подсырной сыворотки позволит повысить биологическую ценность напитка.*

**Ключевые слова:** сыворотка; обезжиренное молоко; пробиотическая микрофлора; аминокислотный состав.

Grunskaya V. A.<sup>1</sup>, Gabrielyan D. S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; <sup>2</sup>Post-graduate Student, The Federal State Budget Higher Educational Institution Higher Professional Education the Vereshchagin Vologda State Dairy Farming Academy

#### INVESTIGATION OF PROPERTIES OF FERMENTED DAIRY WHEY DRINK

*Developed technology of fermented dairy-whey drink functional purpose. Selected composition of the leaven containing acidophilic wand, kefir fungal starter and propionic acid bacteria, giving probiotic properties of the product. It is shown that the use of whey will increase the biological value of the drink.*

**Keywords:** whey; skim milk; probiotic microflora, amino acid composition.

Приоритетными направлениями развития молочной промышленности являются комплексное и рациональное использование молочного сырья, расширение ассортимента продуктов функционального назначения [1,2]. В связи с этим в технологии молочных продуктов актуально применение молочной сыворотки, обладающей высокой биологической ценностью.

Известно, что молочная сыворотка при низкой энергетической ценности содержит белковые азотистые соединения, углеводы, липиды, минеральные соли, витамины, органические кислоты, ферменты и другие биологически активные соединения [3,4]. Состав и свойства молочной сыворотки определяют целесообразность ее использования для производства продуктов с функциональными свойствами, в частности, напитков, производство которых не требует больших экономических затрат. Дополнительное обогащение напитков пробиотической микрофлорой позволит повысить их пищевую и биологическую ценность и придать им профилактические свойства в отношении многих заболеваний.

#### Цель и задачи исследований

Целью работы является разработка технологии производства ферментированного молочно-сывороточного напитка с функциональными свойствами.

Для достижения поставленной цели необходимо было подобрать микрофлору и определить состав закваски, установить состав молочной основы и технологические режимы производства напитка, исследовать его свойства.

#### Объекты и методы исследований

Объектами исследования служили молоко обезжиренное, подсырная сыворотка, культуры пропионовых и молочнокислых бактерий, кефирная грибковая закваска, кислотный сгусток, готовый продукт.

В работе использовали стандартные физико-химические, органолептические и микробиологические методы исследований. Определение общего аминокислотного состава напитка проводили с использованием анализатора Agasus. Для анализа аминокислотного состава напитка выполнен расчет комплекса следующих показателей: коэффициента утилитарности незаменимой аминокислоты ( $KУНА, \alpha_j$ ), коэффициента сбалансированности аминокислотного состава ( $KСАС, U$ ), коэффициента разбалансированности аминокислотного состава ( $KРАС, R$ ), показателя сопоставимой избыточности ( $ПСИ, \sigma$ ), индекса незаменимых аминокислот (ИНАК) по следующим формулам:

$$\alpha_j = \frac{C_{min}}{C_j},$$

где  $\alpha_j$  - коэффициент утилитарности незаменимой аминокислоты;

$C_{min}$  - минимальный скор незаменимых аминокислот оцениваемого белка по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли ед.;

$C_j$  - скор j-й незаменимой аминокислоты по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли ед.;

$$C_j = \frac{A_j}{A_{эj}},$$

где  $A_{эj}$  - массовая доля j-й незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка;

$A_j$  - массовая доля j-й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г.

$$U = \frac{C_{min} \sum_{j=1}^n A_{эj}}{\sum_{j=1}^n A_j},$$

где U - коэффициент сбалансированности аминокислотного состава;

$$R = \frac{C_{min} \sum_{j=1}^n A_j - C_{min} \sum_{j=1}^n A_{эj}}{\sum A_j},$$

где R - коэффициент разбалансированности аминокислотного состава.

$$\sigma = \frac{\sum_{j=1}^n (C_{min} \cdot A_j - C_{min} \cdot A_{эj})}{C_{min}},$$

где  $\sigma$  - показатель сопоставимой избыточности;

$$ИНАК = \sqrt[n]{\sum_{j=1}^n \left( \frac{A_j}{A_{эj}} \right)},$$

где ИНАК - индекс незаменимых аминокислот.

#### Результаты исследований

В состав заквасочной микрофлоры для ферментированного напитка с функциональными свойствами были выбраны ацидофильная палочка и пропионовые бактерии, относящиеся к представителям пробиотических микроорганизмов, а также кефирная закваска, содержащая, наряду с молочнокислыми микроорганизмами (лактококками, лактобациллами, лейкопастоками) и уксуснокислыми бактериями, дрожжи, являющиеся возбудителями спиртового брожения. В качестве молочной основы напитка использовали обезжиренное молоко и подсырную сыворотку.

В результате изучения закономерностей совместного развития подобрано оптимальное соотношение между микроорганизмами в составе поликомпонентной закваски, содержащей ацидофильную палочку, кефирную грибковую закваску и пропионовые бактерии в соотношении: 0,5:2:2,5, соответственно, установлены режимы ферментации (температура - 30-32°C, продолжительность - 7-8 ч.), обеспечивающие достаточно высокое содержание жизнеспособных клеток пробиотической микрофлоры (240-680 млн. КОЕ/см<sup>3</sup>) в готовом напитке.

Одной из проблем, возникающих при производстве ферментированных напитков на основе неосветленной молочной сыворотки, является появление неоднородной консистенции в результате незначительного осадка белка, характерного сывороточного привкуса напитков. Кроме того, требуется достаточно длительная ферментация для получения выраженного кисло-молочного вкуса продукта. Для улучшения органолептических показателей напитка, повышения активности развития заквасочной микрофлоры было предложено дополнительно включить в сывороточную основу напитка обезжиренное молоко.

Результаты исследования органолептических свойств напитка в зависимости от соотношения подсырной сыворотки и обезжиренного молока в молочно-сывороточной основе представлены на рис.1.



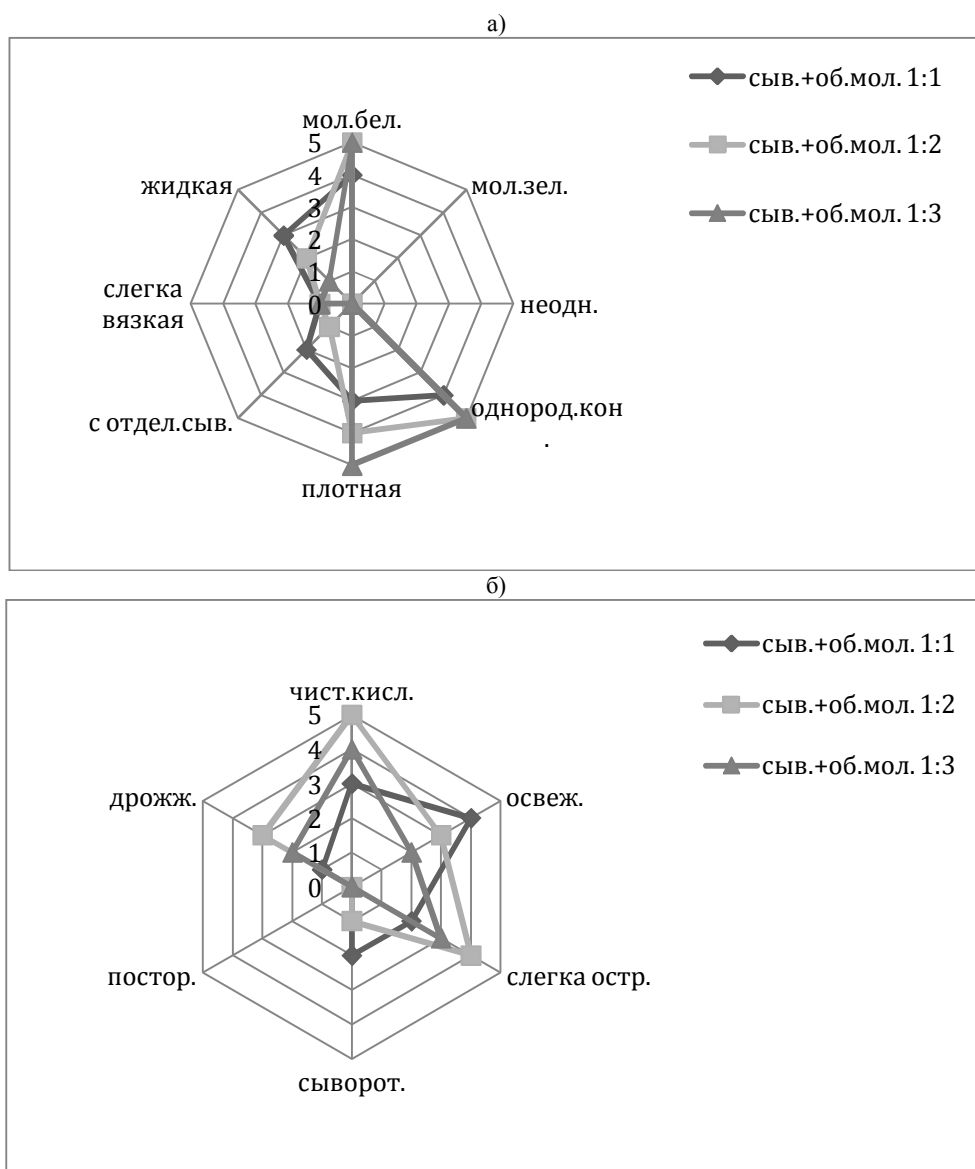


Рис. 1 - Профилограммы внешнего вида и консистенции (а), вкуса и запаха (б) исследуемых образцов напитка при различном соотношении обезжиренного молока и подсырной сыворотки

Установлено, что в молочно-сывороточной основе, состоящей из обезжиренного молока и подсырной сыворотки, в результате повышения буферных свойств, увеличения в среде доступных питательных веществ и факторов роста, заквасочные микроорганизмы развивались более активно, чем в подсырной сыворотке, что приводило к ускорению кислотообразования в процессе сквашивания. Исследование структурно-механических свойств кислотных сгустков показало, что они также улучшались пропорционально увеличению массовой доли обезжиренного молока в молочно-сывороточной основе. Так, при увеличении доли обезжиренного молока наблюдалось снижение коэффициента потерь вязкости, повышение устойчивости структуры к механическому воздействию, увеличение влагоудерживающей способности кислотного геля.

Результаты выполненных исследований позволили установить соотношение между обезжиренным молоком и подсырной сывороткой в молочно-сывороточной основе, равное 2:1, обеспечивающее приятный кисло-молочный вкус и нежную, однородную консистенцию напитка.

Анализ аминокислотного состава молочно-сывороточного напитка представлен в табл.1, 2.

Таблица 1 – Аминокислотный состав напитка

Незаменимые аминокислоты	Коэффициент утилитарности незаменимой аминокислоты (КУНА)
валин	0,78
лейцин	0,72
изолейцин	0,69
метионин+цистин	1,00
треонин	0,86
лизин	0,68
триптофан	0,60
фенилаланин+тирозин	0,62

Таблица 2 – Показатели сбалансированности аминокислотного состава

Показатель	Значение
Коэффициент сбалансированности аминокислотного состава (КСАС)	0,72
Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (КРАС)	0,33

Показатель сопоставимой избыточности (ПСИ)	0,18
Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК)	1,36

Качественная оценка с использованием формализованных показателей свидетельствует о достаточно высокой биологической ценности молочно-сывороточного напитка. Значения коэффициентов КСАС и КРАС подтверждают сбалансированность незаменимых аминокислот в составе напитка и рациональность их возможного использования в организме человека.

Исследовано изменение органолептических и физико-химических показателей, количества жизнеспособных клеток заквасочной микрофлоры, показателей безопасности в процессе хранения в герметичной упаковке в течение 8 суток. Продолжительность хранения выбрана с учетом гарантийного срока хранения кисломолочных продуктов в герметичной упаковке, равного 5 суток, и коэффициента запаса (1,5), применяемого при установлении продолжительности испытания продукта. Изучение микробиологических показателей в процессе хранения напитка показало, что через 8 суток хранения при температуре  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$  существенных различий в динамике развития микрофлоры выявлено не было. Содержание жизнеспособных клеток пробиотической микрофлоры в опытных образцах через 8 суток хранения составляло  $(7,20 - 7,51) \lg \text{КОЕ}/\text{см}^3$ , что свидетельствует о достаточно хорошей выживаемости пробиотических микроорганизмов в напитке и обеспечивает его пробиотические свойства в течение всего срока годности (рис.2). Кислотность напитков в процессе хранения повышалась до  $(88-92)^\circ\text{T}$ , что не превышало установленных норм для традиционных кисломолочных напитков. Органолептические показатели продукта практически оставались без изменений.

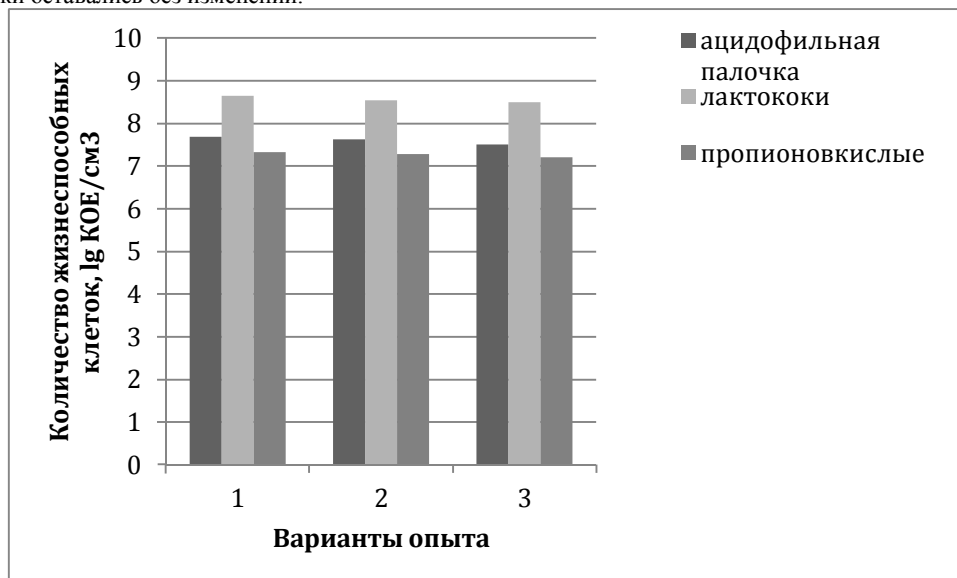


Рис. 2 – Изменение количества жизнеспособных клеток заквасочной микрофлоры в процессе хранения напитка (1- свежесывороточный продукт, 2 - через 5 суток, 3 – через 8 суток)

Таким образом, результаты выполненных исследований показали целесообразность совместного использования подсырной сыворотки и обезжиренного молока в составе ферментированных напитков, что актуально не только с позиций внедрения ресурсосберегающих технологий, но и расширения ассортимента продуктов, повышения их пищевой и биологической ценности.

#### Литература

1. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]: <http://www.gosbook.ru/node/68531>.
2. Состояние и перспективы развития концепции «Функциональное питание в России» [Электронный ресурс]: <http://www.gastroportal.ru/php/content.php?id=111371>.
3. Храмцов А.Г., А.Г. Храмцов, П.Г. Нестеренко. Технология продуктов из молочной сыворотки. М.: Де Ли принт, 2004. - 587с.
4. Храмцов А.Г., Василесин С.В. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т.5 Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки. - СПб.: ГИОРД, 2004. - 576 с.

**Губайдулина Т.А.<sup>1</sup>, Сергеев В.П.<sup>2</sup>, Кузьмин О.С.<sup>3</sup>, Калашников М.П.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН; <sup>2</sup> доктор технических наук, заместитель директора по научно-производственной работе, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН; <sup>3</sup>конструктор, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН; <sup>4</sup>технолог, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН;

#### **МИКРОПЛАЗМЕННОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЦИРКОНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНВЕРТОРНОГО СРЕДНЕЧАСТОТНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ**

#### **Аннотация**

Методом микроплазменного оксидирования в растворе алюмосиликатного электролита на поверхности сплава циркония Э 110 сформированы оксидно-керамические покрытия. Тестирован инверторный программируемый источник питания, разработанный для получения оксидных керамических покрытий. При этом скорость роста покрытий на основе Zr-Al-O составляет около 0,2 нм/с, что превосходит скорость роста покрытий на подобном оборудовании примерно в 10 раз. Морфологию сформированного покрытия и химический состав исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа. Показано, что свойства оксидного покрытия зависят от технологии получения покрытия.

**Ключевые слова:** микроплазма, цирконий, оксид, керамическое покрытие

**Gubaidulina T.A.<sup>1</sup>, Sergeev V.P.<sup>2</sup>, Kuzmin S.O.<sup>3</sup>, Kalashnikov M.P.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PhD in technical science, science worker, Institute of Strength Physics and Materials Science of Siberian Branch Russian Academy of Sciences (ISPMS SBAS); <sup>2</sup>doctor in technical science, vice director in technical science worker, ISPMS SBAS; <sup>3</sup>constructor, ISPMS SBAS; <sup>4</sup>technologist, ISPMS SBAS.

# THE MICROPLASMA OXIDIZING OF THE SURFACE OF ZIRCONIUM WITH THE APPLICATION OF AN INVERTER MIDDLE FREQUENCY POWER SOURCE IS LED

## Abstract

Oxide-ceramic coatings on the surface of alloy Zr sputtered have been formed by microplasma oxidation in alumsilicate electrolyte solution. Certification of new type of the power supply for reception of oxide ceramic coatings by a method of microplasma oxidation is led. Growth rate of Zr-Al-O coatings makes ~ 0.2 nm/s that surpasses growth rate of similar coatings on the like equipment in ~10 times. By means of EVO 50 scanning electron microscope with a prefix for microX-ray spectral analysis change of morphology of a surface and a chemical compound of formed oxide ceramic coatings is studied. The coating properties are found to be dependent on the peculiarities of the production process.

**Keywords:** microplasma, zirconium, oxide, ceramic coatings.

## Введение.

В авиационно-космической технике для защиты рабочих поверхностей камер сгорания, рабочих и направляющих лопаток газотурбинных двигателей широко используются термобарьерные покрытия на основе оксида циркония, обычно осаждаемые электронно-лучевым или газотермическим методами. Покрытия имеют столбчатое строение и, вследствие этого, теряют свои защитные свойства при росте рабочей температуры, ограничивая возможности повышения коэффициента полезного действия двигателей. Перспективным направлением повышения эксплуатационной температуры является ионно-плазменное осаждение покрытий в наноструктурном состоянии [1]. Однако сложности технической реализации этого метода для криволинейных поверхностей и его низкая производительность сдерживают практическое использование этого метода. Поэтому актуальным является поиск альтернативных методов наноструктурирования термобарьерных покрытий. В связи с этим в работе поставлена задача: исследовать возможность реализации высокоскоростного формирования нанокompозитных покрытий на основе оксида циркония методом микроплазменного оксидирования (МПО). Микроплазменное оксидирование позволяет получать на металлах вентильного типа многофункциональные оксидно-керамические покрытия с уникальным комплексом свойств, в том числе износостойкие, коррозионно-стойкие, теплостойкие, электроизоляционные и т.д. Диоксид циркония  $ZrO_2$

отличается низким коэффициентом теплопроводности, что делает перспективным его использование в термостойких покрытиях [2]. Привлекательной характеристикой таких покрытий является их химическая инертность.

## Методика эксперимента.

Проведена отработка режимов и состава электролита для получения равномерных по толщине и составу поверхностных оксидных слоев на сплаве циркония Э110. Исследования проводились на образцах из циркония размером 30×8×5 мм. Микроплазменная обработка поверхности циркония производилась в алюминатно-щелочном электролите. Согласно литературным данным, микроплазменная обработка вентильных металлов (Al, Ti, Zr и их сплавов) в алюминатно-щелочных электролитах приводит к формированию качественных и равномерных по толщине оксидно-керамических покрытий [3]. Ранее экспериментально было установлено, что состав пленок, формируемых при микроплазменном оксидировании циркония, очень чувствителен к величине водородного показателя pH электролита [4]. При использовании электролита с повышенной щелочностью (боратно-фосфатно-фторидного) или слабоблиских электролитов происходит растравливание (химическое и электрохимическое растворение) циркония, и формируется тонкое оксидное покрытие. Это послужило основанием для выбора электролита на основе алюмината. Получение покрытия проводилось с использованием алюминатно-щелочного электролита следующего состава:

Натрия метасиликат, г/дм <sup>3</sup>	3,0
Натрия алюминат, г/дм <sup>3</sup>	6,0
Натрия гидроксид, г/дм <sup>3</sup>	2,0
Аммония гидроксид, г/дм <sup>3</sup>	1,0

Формирование покрытий осуществлялось в импульсном микроплазменном режиме при различном времени обработки с использованием программируемого источника питания. Универсальный программируемый источник питания (ИП) разработан для питания постоянным и пульсирующим током разрядных процессов широкого класса назначения. ИП может обеспечивать стабилизацию напряжения, тока или мощности в нагрузке, с параметрами, задаваемыми по внешнему интерфейсу. Он представляет собой импульсный стабилизатор тока компенсационного типа, выполненный на основе высоковольтного регулируемого преобразователя, управляемого программируемым контроллером. Выходной ключевой каскад источника позволяет модулировать выходной сигнал в соответствии с программируемыми параметрами. Данное техническое решение даёт возможность управлять следующими процессами: задавать частоту выходного сигнала в широких пределах, длительность импульса питания и паузы, контролировать критические параметры (например - формирование дуговых процессов в нагрузке) и алгоритмы восстановления кондиционных режимов. Основные технические характеристики источника питания представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики источника питания MS08

Наименование характеристики	Значение
Габаритные размеры, мм.	190×384×652
Охлаждение	Воздушное
Выходной ток (макс.), А.	20
Выходное напряжение (макс.), В.	700 <sub>-50</sub> <sup>+50</sup>
Выходная мощность (макс.), кВт.	8
Нестабильность установленного тока, ±%	0,5
Нестабильность установленной мощности, ±%	1,5
Частота модуляции выходного сигнала, кГц.	0 - 30

Исследования проводились с применением электролита, аналогичного [2, 3] с замещением значительной доли метасиликата натрия на алюминат натрия.

Таблица 2. Режимы получения покрытия:

№ образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	5,8	5,8	3,5
Напряжение, В	105	110	115	205	70	112	139	110	139	140
Скважинность, %	33	33	33	50	25	33	33	33	33	33
Частота, кГц	2,6	1,74	3,9	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Время, с.	100	100	100	100	100	200	400	210	360	600

Обработка проводилась в режиме стабилизации среднего тока источника, что обеспечивало автоматическую адаптацию напряжения по мере роста толщины оксидного слоя. Амплитуда напряжения при этом изменялась от 100 до 450 В. Частота

импульсов, соответствующая стабильному протеканию процесса, находилась в диапазоне 1,5 – 5,0 кГц. Оптимальная плотность тока составила величину 3,5 – 5,8 А/дм<sup>2</sup>, что представлено на рис. 1.

Структурно-фазовое состояние исследовали методом рентгеноструктурного анализа (РСА), проведённом с помощью дифрактометра ДРОН-7 (Россия, ЦКП «НАНОТЕХ ИФПМ СО РАН») в Co-K<sub>α</sub> излучении (для отсечения β-излучения использовали Fe-фильтр). Методом РСА был определён фазовый состав, параметры кристаллической решётки, размеры областей когерентного рассеивания. Для расшифровки рентгенограмм использовали банк данных JCPDS.

Исследование морфологии и элементного состава оксидно-керамических покрытий, полученных на сплаве циркония Э110 микроплазменным окислением выполняли с помощью сканирующего электронного микроскопа EVO 50 XVP.

#### Результаты и обсуждение результатов

В результате проведенных экспериментов были получены оксидно-керамические покрытия, свойства и толщина которых существенно различались в зависимости от условий проведения процесса микроплазменной обработки. Высокая скорость формирования покрытий в электролите приводила к тому, что уже через 3 мин. после начала микроплазменной обработки их электрическая прочность достигала насыщения, о чем свидетельствуют кривые, представленные на рис. 2.

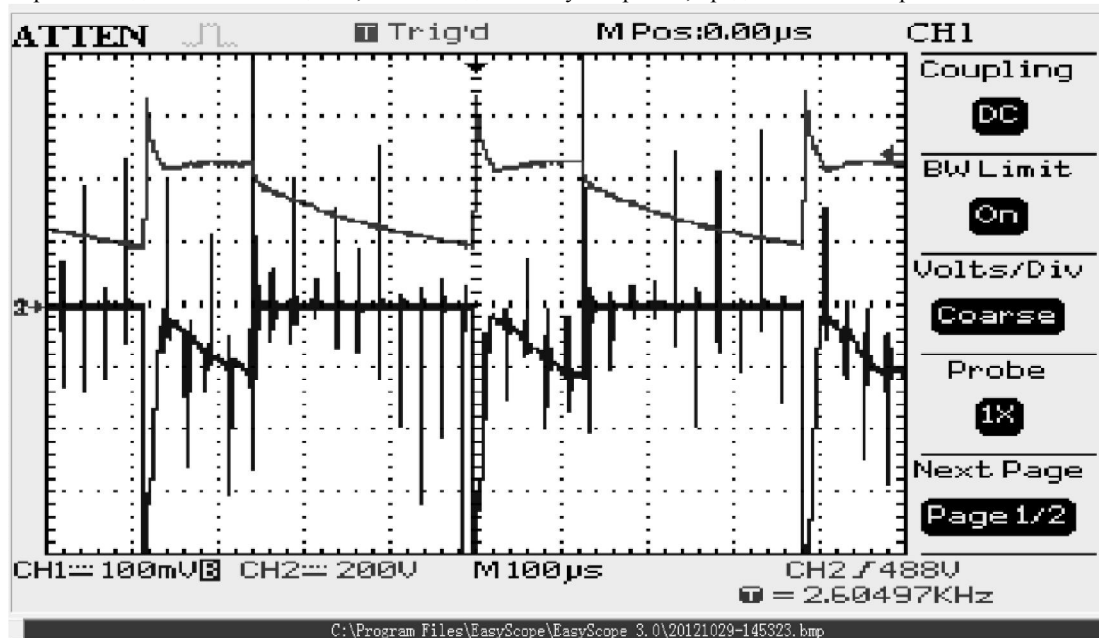


Рис. 1. Осциллограмма процесса МПО сплава Э110 в электролите на основе алюмината натрия, 1 канал – напряжение; 2 канал – ток разряда.

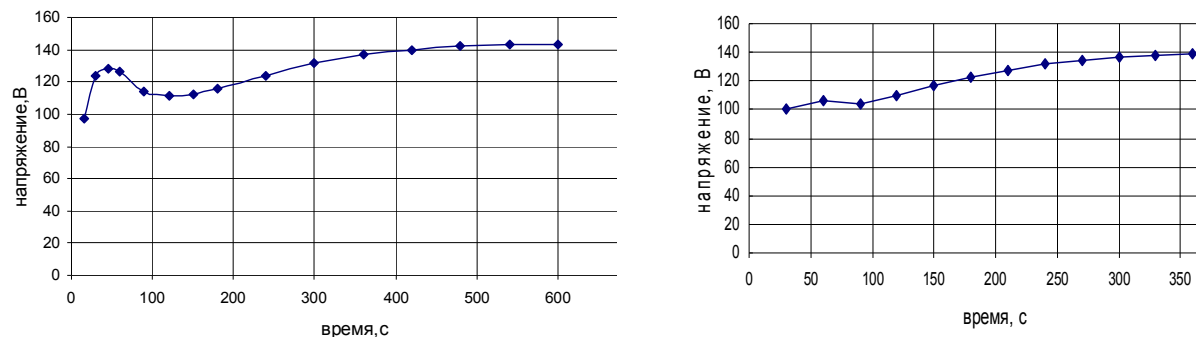


Рис. 2. Изменение напряжения во времени. Образец № 9 подвергался МПО при частоте 2,6 кГц, плотности тока 5,8 А/дм<sup>2</sup>. Образец 10 подвергался МПО при частоте 2,6 кГц, плотности тока 3,5 А/дм<sup>2</sup>. Через 450 мин. после начала работы напряжение стабилизировалось в пределах 143 В.

Увеличение толщины покрытия при этом режиме составило ~150 мкм.

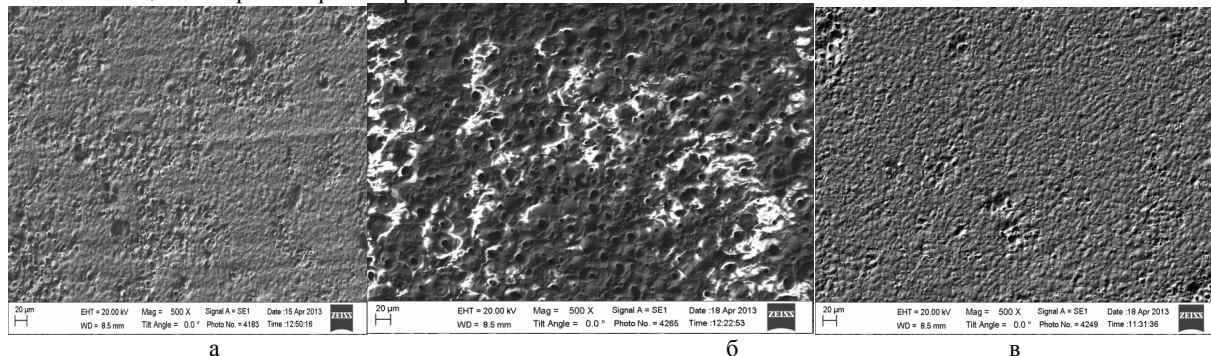


Рис. 3. Поверхность образцов с оксидно-керамическим покрытием, полученным при микроплазменной обработке сплава Э110 в алюминатно-щелочного электролите при частоте 1,74 кГц (а), 3,9 кГц (б), 2,6 кГц (в).

Исследовалось объёмное изменение размеров образцов полученное при окислении за счёт образования микропор и оксидов методом измерения общей толщины образцов, а также общая толщина полученного оксидного слоя с помощью металлографического поперечного шлифа.

При частоте 1,74 кГц микродуга появлялась через минуту после включения источника тока.

На образце 4 увеличение размера образца составило ~8 мкм. При частоте 3,9 кГц искрение появлялось практически сразу после включения источника тока, свечение было очень интенсивным, но качество оксидной плёнки неудовлетворительное: оксиды на поверхности образуют наросты в виде дендритов. При частоте 2,6 кГц получено оксидное покрытие равномерное по толщине. В дальнейшем обработку образцов вели при частоте 2,6 кГц. Однако при скважинности 0,5 получили увеличение размера образца при замере микрометром всего ~2 мкм. При скважинности 1/3 получена увеличение размера образца составило ~10 мкм за 200 с при плотности тока 3,5 А/дм<sup>2</sup>.

Ниже приведены данные рентгеноструктурного анализа.

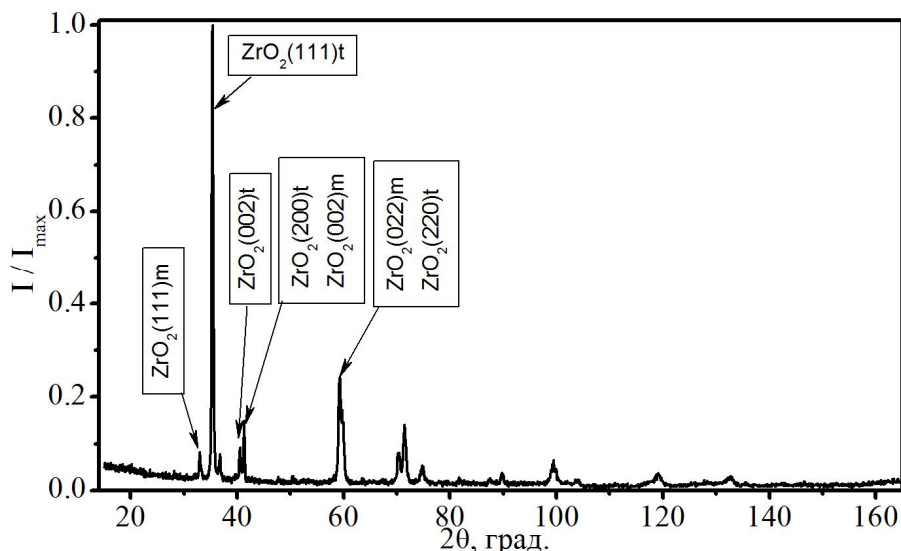


Рис.4. Рентгенограмма поверхности оксидированного образца сплава Э110.

При помощи рентгеноструктурного анализа выявлено наличие на поверхности образца моноклинной и тетрагональной фаз. Моноклинная фаза составила 18%, параметры решётки: а 5.3129, b 5.2125, с 5.1471. Тетрагональная фаза составила 72%: параметры решётки а 5.1200, с 5.2500. Термодинамически равновесный переход от моноклинной фазы к тетрагональной происходит при температуре 1200°С. Кубический оксид циркония в покрытиях является устойчивым при температуре 2370°С. наличие тетрагонального оксида циркония возможно связано со стабилизацией оксидом алюминия, образующемуся на поверхности образца при оксидировании в алюминатном электролите, а также за счёт быстрого охлаждения оксидного слоя при микроплазменном оксидировании.

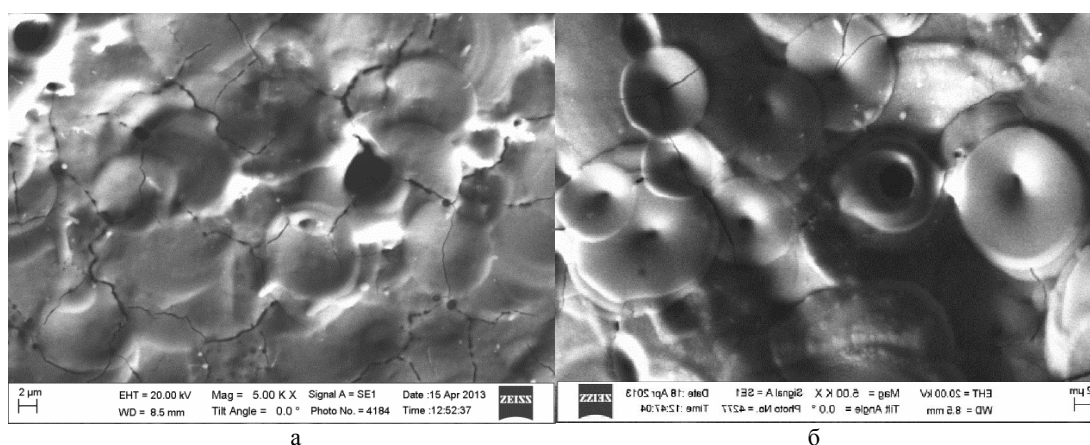
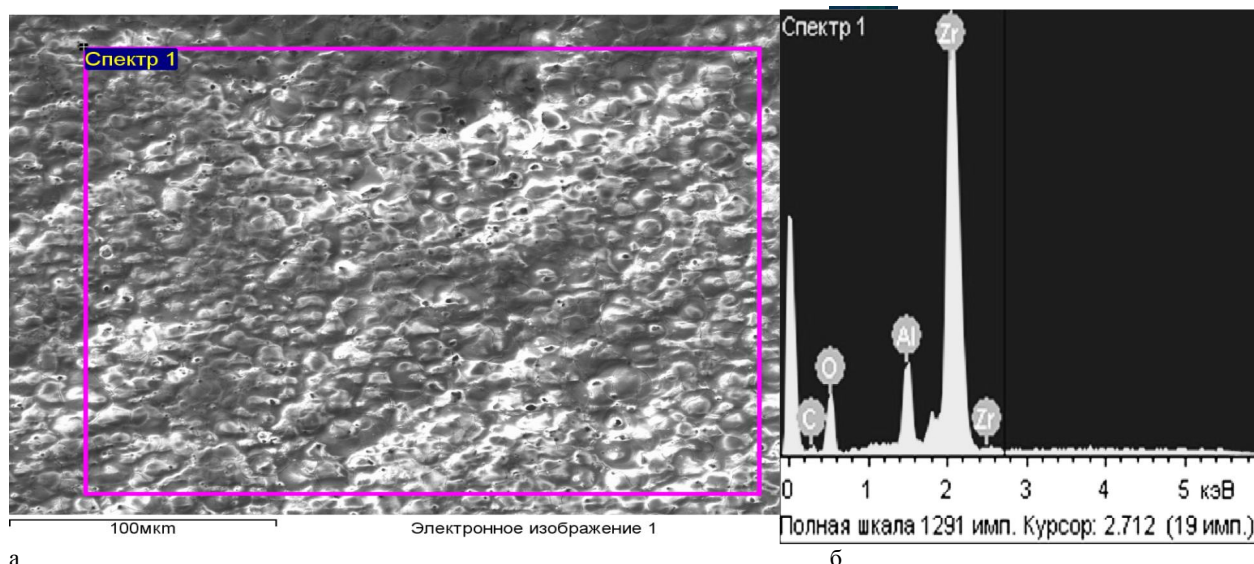


Рис.5. Морфология оксидно-керамических покрытий полученных на цирконии микроплазменным оксидированием на сканирующем электронном микроскопе увеличение 5000: а – толщина оксидной плёнки ~8 мкм; б – толщина оксидной плёнки ~150 мкм.

Исследования на РЭМ показали, что после проведения МПО на покрытии наблюдается типичная для МПО - покрытий пористая структура, поверхность покрытия неоднородна, обладает значительной шероховатостью. При увеличении толщины оксидного покрытия происходит оплавление поверхностного слоя покрытия рис. 5 б. По мере роста толщины оксидного слоя, энергия, инжектированная в элементный микродуговой разряд увеличивалась за счет роста пробивного напряжения, что приводило к увеличению зоны проплавления и, зачастую, к формированию купола над разрядным каналом, т. е. к формированию скрытых пор. Управляемая форма импульсов питания с незначительным эффектом перенапряжения на фронте позволила проводить формирование сплошного оксидного слоя на глубину до 150 мкм за время 10 мин при плотности тока 3,5 А/дм<sup>2</sup> и за 6 минут при плотности тока 5,8 А/дм<sup>2</sup>. Это соответствует средней скорости оксидирования поверхностного слоя ~ 15 – 20 мкм/мин., что является высоким показателем МПО при низком уровне удельного энерговыделения.





а  
Рис.6 Морфология и элементный состав оксидно-керамических покрытий полученных на сплаве циркония Э110 микроплазменным оксидированием на сканирующем электронном микроскопе EVO 50 с приставкой для элементного анализа. Состав оксидированных поверхностных слоев.

б  
Таблица 3. Химический состав покрытия на основе Zr-Al-Nb-O.

Элемент	Zr L	Al K	Nb L	O K
Содержание, ат. %	25,2	5,7	1,1	68,0

На рис.6. видно, что покрытие состоит из агрегатов зерен размером от 1 до 10 мкм. На поверхности присутствуют микропоры диаметром до 1 мкм. Наблюдается небольшое растрескивание покрытия преимущественно по границам агрегатов зерен. На рис.6 б показан спектр, полученный с выделенной на рис.6 а площади полученного покрытия, а в таблице 3 данные микрорентгеноспектрального анализа его химического состава, который близок к диоксиду циркония  $ZrO_2$ , содержащего Al и Nb в качестве легирующих добавок в твердом растворе. Данные о морфологии поверхностного слоя МПО-покрытия говорят об инкорпорировании в покрытие элементов электролита и формировании нанокомпозитной керамики.

#### Выводы.

Показано, что с применением инверторного программируемого источника питания можно управлять процессом МПО с целью формирования оксидных керамических покрытий. При этом скорость роста покрытия на основе  $ZrO_2$  составляет около 14 мкм/мин, что превосходит скорость роста покрытий на промышленном оборудовании в 10-15 раз. Микроплазменная обработка циркония на разработанном оборудовании в алюмосиликатном электролите позволяет получать оксидные керамические покрытия равномерной толщины от 50 до 150 мкм, легированные алюминием.

#### Литература

1. Панин В.Е., Сергеев В.П., Панин А.В. Наноструктурирование поверхностных слоев конструкционных материалов и нанесение наноструктурных покрытий. Томск.: Изд-во ТПУ, 2008. 286 с.
2. Артемова С.Ю. Формирование микроплазменными методами защитных оксидных покрытий из водных электролитов различного химического состава и степени дисперсности: Дис. канд. техн. наук. – М., 1996. – 157 с.
3. Суминов И.В., Эпельфельд А.В., Людин В.Б. Крит Б.Л., Борисов А.М. Микродуговое оксидирование. Теория, технология, оборудование. М.: ЭКОМЕТ, 2005. С 127.
4. Беспалова О.В., Борисов А.М., Востриков В.Г., Романовский Е.А., Серков М.В. // Ядерная физика. – 2009. – Т 72, -№ 2.– С.1721.
5. Суминов И.В., Эпельфельд А.В., Крит Б.Л., Борисов А.М., Дунькин О.Н. Модификация поверхностей авиационных изделий в плазме // Авиационная промышленность. –2002. -№ 2. – С. 54-57.

Гуляев П.Ю.

Доктор Технические Наук, Югорский Государственный Университет

#### ПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ФЕРРОМАГНИТНЫХ СВС-МАТЕРИАЛОВ

Аннотация

В работе исследованы закономерности структурных и фазовых изменений во время плазменного напыления защитных покрытий из ферромагнитных порошков материалов системы Ni-Al и Ti-Al, полученные методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

**Ключевые слова:** плазма, защитные покрытия, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, СВ-синтез.

Gulyaev P.Yu.

Doctor of Technical Sciences, professor, Yugra State University

#### PLASMA SPRAYING OF PROTECTIVE COATINGS FROM FERROMAGNETIC SHS-MATERIALS

Abstract

Regularities of structural and phase change are installed during plasma spraying of protective coatings in powder materials of ferromagnetic substance Ni-Al and Ti-Al systems obtained by means of self-propagating high temperature synthesis (SHS) was investigated.

**Keywords:** protective coatings, self-propagating high temperature synthesis.

#### Introduction

The one of the methods of machinery and equipment surface strengthening and restoration is plasma spray coating [1]. In the case of application of coatings as effective aid against corrosion and wear [2,3], during operation in aggressive mediums and high temperatures [4,5], the intermetall-based powders are used. Such powder materials are easily available with minimal power inputs by means of SHS [6-8]. The combination of plasma spraying and SH-synthesis at the parallel and subsequent application sufficiently broadens capabilities of the both technologies [1,9]. However in such case plasma generators requirements become even tougher and demand technologically necessary process conditions: stable and uniform along the cross-sections plasma jet, variable in wide range thermal power (plasma

enthalpy), possible use of different working gases, as well as economical demands of long life time and high electrical and thermal efficiency.

### Experimental procedure

Investigation was held for systems Ni – 18 mass % Al, Ni – 31.5 mass % Al, Ti – 31.5 mass % Al and Ti – 66,3 mass % Al. Size of initial nickel and aluminum powder particles was 5-15  $\mu\text{m}$ , prepared powders mixture apparent density was 2.7  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Initial material temperature was varied from 293 to 473 K. Crushing of obtained SHS sintered material was performed with cone inertial mill KID-100 (Mechanobr-Technika), 63-160  $\mu\text{m}$  fraction was prepared for plasma spraying. Coating was sprayed at steel substrates with plasma torch designed in ITAM SD RAS [10] at the following conditions: working gas – argon, arc current  $I=150\text{--}200\text{ A}$ , arc voltage  $U=95\text{--}110\text{ V}$ , gas flow rate 1.0  $\text{g}/\text{s}$ , spraying distance 60 mm. Temperature and velocity of particles during spraying process was controlled with high-speed videocamera "Video Sprint-NG" (Videoscan) using brightness pyrometry method. IR filter for was used cutting off plasma emission. Phase investigation of powder materials at all stages was performed using X-ray diffraction (XRD) system DRON-7 (Burevestnik) at Cu K $\alpha$  wavelength, scanning electron microscope Evo MA15 (Carl Zeiss) with EDS detector (Oxford Instruments), metallographic microscope Neophot (Zeiss Jena).

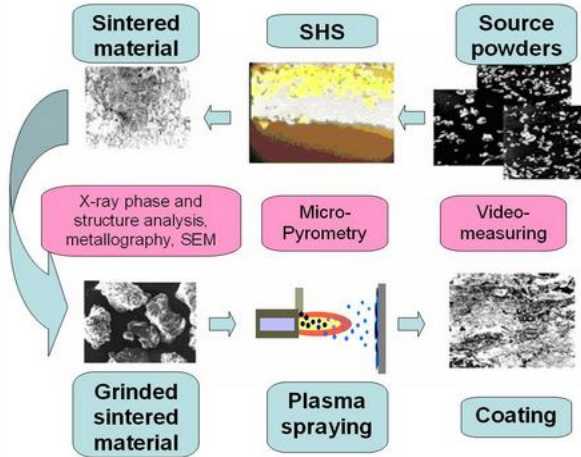


Fig. 1. The complex technique of structure and phase transformation investigation

The synthesis in the reacting mixture of two or three components was initiated by application of local thermal impulse [10]. Propagating through the volume of reacting mixture combustion wave was investigated by means of brightness pyrometry and digital video filming: the set of characteristic reaction parameters was obtained as a result. Using the developed SHS-process diagnosis technique based on the brightness pyrometry [11] we were able to measure SHS parameters: characteristic times (heat emission time, heat sink time, thermal induction time) and temperature from the temperature graphs (fig. 1). Video capturing of the combustion zone provided measuring width and velocity of combustion front (insert in fig. 2). Phase transition temperatures of the SHS-process were found comparing temperature profile of combustion wave and phase diagrams [11,12].

High speed video registration of powder flow was used during spraying process (fig. 3). Special procedure of single tracks extraction allows measurement of particles velocity by time-of-flight method [13-15]. Temperature of particles is determined based on their brightness using camera calibration on radiation of standard object [16,17].

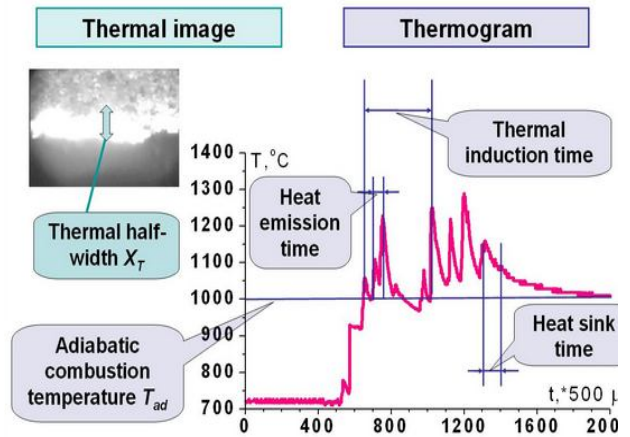


Fig. 2. SHS-process characteristic and key parameters of temperature dynamics.

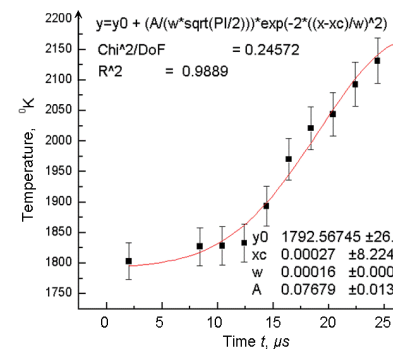
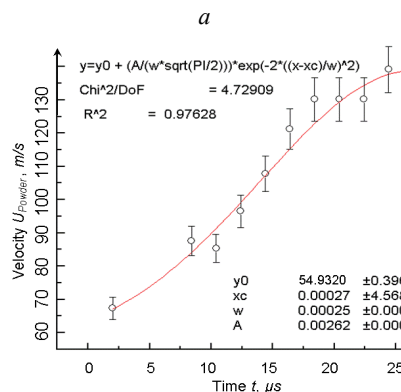
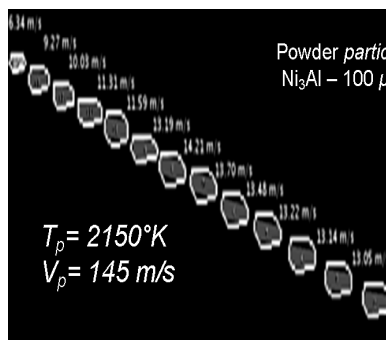
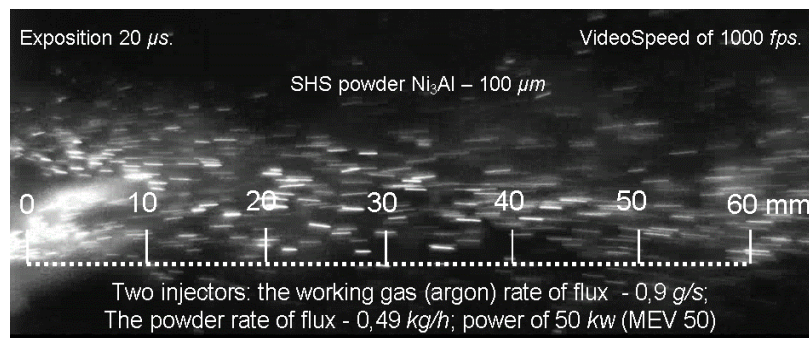


Fig. 3. Video of plasma spraying: *a* – two-phase flow, *b* – particle track in multi-exposition mode, *c* – calculated particle velocity, *d* – calculated particle temperature.

## Results and discussion

According to the XRD and metallographic analysis during Ni – 18% wt Al SH-synthesis  $\text{Ni}_3\text{Al}$  phase with micro-hardness of 3.02–3.48 GPa is predominantly formed. Moreover, some unreacted Ni and NiAl composite with micro-hardness of 4.07–4.24 GPa was discovered in the synthesis product (fig. 4). Increasing the initial temperature  $T_0$  of the SH-synthesis in this mixture up to 473 K leads to more complete transition of components (decrease of residual Ni amount) and appearance of  $\text{Ni}_2\text{Al}_3$  phase in the product. Combustion product in the Ni – 31.5 % wt Al system is single-phase NiAl with micro-hardness 4.24 – 5.81 GPa. Preliminary heating does not lead to any structural changes of synthesis product in given mixture.

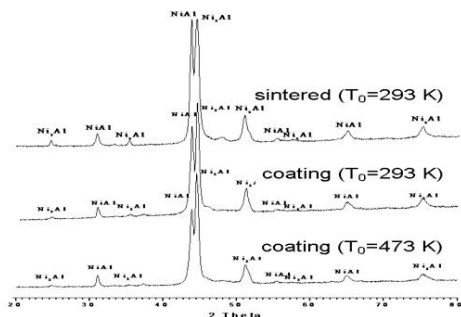


Fig. 4. Diffraction patterns of Ni 18 wt % Al: as sintered ( $T_0=293\text{K}$ ); coating ( $T_0=293\text{K}$ , 14 kW); coating ( $T_0=473\text{K}$ , 22 kW)

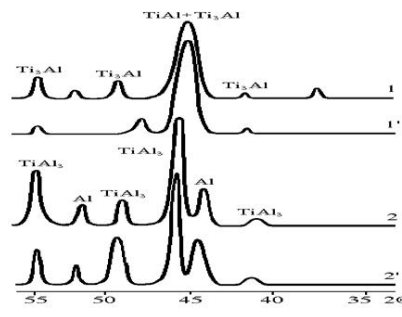


Fig. 5. Diffraction patterns of systems 1 (Ti 39.6 % wt Al) and 2 (Ti 66.3 % wt Al); 1,2- sintered; 1',2' – coating

The matter of interest is whether plasma sprayed coatings inherit SHS-materials phase properties. XRD and metallographic analysis of SHS sintered material of Ti – 39.6 % wt Al showed, that main part of material is mono-aluminide of titanium TiAl (fig. 5); moreover  $\text{Ti}_3\text{Al}$  phase was found as inclusions in the center of grains [6]. The structure of final SHS product in the Ti – 66.3 % wt Al is formed by homogeneous intermetallic  $\text{TiAl}_2$ ; also the structure contain some amount of residual aluminum, which is proved by diffraction phase analysis also (fig. 5). XRD analysis of coatings has shown that process of plasma spraying does not produce formation of new phases, leading only to small changes in phase quantitative ratio in those samples, where material is multi-phase (fig. 4-5).

## Conclusion

Application of high-speed pyrometry technique during SH-synthesis and plasma spraying process allowed to compare temperature regimes of these processes and determine simple and reliable criteria of producing coatings with predictable – "heritable" properties of SHS-materials [18,19]: critical parameters (gradient and peak temperatures) in the plasma flow should not exceed similar characteristics of SHS combustion wave. It should be noted, that two groups of coatings with different kind of structure and phase composition heredity were discovered: 1). single-phase and heterophase products of refractory compositions which do not experience diffusion rearrangement of components 2). materials with eutectic structure which experience quantitative phase changes during plasma spraying.

## References

- Fr.-W. Bach, K. Mohwald and T.Wenz, Self propagating high temperature synthesis of aluminum-matrix-composite coatings by means of atmospheric plasma spraying // Proc. of Intern. Thermal Spray Conf., 15-18 May 2006, Seattle, USA.-P. 213-219.
- Hydrodynamic features of the impact of a hollow spherical drop on a flat surface / Gulyaev I.P., Solonenko O.P., Gulyaev P.Y., Smirnov A.V. // Technical Physics Letters. -2009.- T. 35.- № 10.- P. 885-888.
- Gulyaev I.P. Production and modification of hollow powders in plasma under controlled pressure // Journal of Physics: Conference Series.- 2013.- Vol. 441: 012033. DOI: 10.1088/1742-6596/441/1/012033.
- Gulyaev P.Yu. Hybrid catalytic zeolite -  $\text{Ni}_3\text{Al}$  cermet filter materials // Сборник научных трудов Sworld.- 2013.- T. 12.- № 3.- C. 59-61.
- Gulyaev I.P., Solonenko O.P. Hollow droplets impacting onto a solid surface // Experiments in Fluids.- 2013.- Vol. 54:1432, DOI: 10.1007/s00348-012-1432-z, 12 P.
- In-situ selfpropagating-high-temperature-synthesis controlled by plasma / Gulyaev P.Yu., Gulyaev I.P., Cui Hongzhi, Milyukova I.V. // Вестник Югорского государственного университета.- 2012.- № 2 (25).- C. 28-33.
- Gulyaev P.Y., Kotvanova M.K., Pavlova S.S., Sobol' E.N., Omel'chenko A.I. Photothermal effects of laser heating iron oxide and oxide bronze nanoparticles in cartilaginous tissues // Nanotechnologies in Russia.- 2012.- V. 7.- № 3-4.- P. 127-131.
- Solonenko O.P., Gulyaev I.P. Nonstationary convective mixing in a drop of melt bypassed by plasma flow // Technical Physics Letters.- 2009.- T. 35.- № 8.- C. 777-780.
- Solonenko O.P., Gulyaev I.P., Smirnov A.V. Thermal plasma processes for production of hollow spherical powders: Theory and experiment // Journal of Thermal Science and Technology.- 2011.- T. 6.- № 2.- C. 219-234.
- Development prospects of SHS technologies in Altai state technical university / V.V. Evstigneev, P.Ju. Guljaev, I.V. Miljukova, V. D. Goncharov, V.A. Vagner and A.A. Gladkih // International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis.- 2006.- Volume 15.- Issue 1.- P. 99-104.
- A new procedure of high-rate brightness pyrometry for studying the SHS processes / V.V. Evstigneyev, P.Yu. Gulyayev, A.B. Mukhachev, D.A. Garkol' // Combustion, Explosion, and Shock Waves, 1994.-Vol. 30.-№ 1.-P. 72-77.
- Евстигнеев В.В., Гуляев П.Ю., Гончаров В.Д. Исследование тонкой тепловой структуры СВ-синтеза методом быстродействующей цифровой тепловизионной съемки // Вестник Алтайского научного центра Сибирской академии наук высшей школы.- 2001.- № 4.-С.3-6.
- Методы контроля температуры и скорости частиц конденсированной фазы в процессе плазменно-дугового напыления / М.П. Бороненко, П.Ю. Гуляев, И.П. Гуляев, А.И. Демьянов, А.В. Долматов, В.И. Иордан, В.Н. Коржик, И.В. Кривцун, М.Ю. Харламов // Фундаментальные исследования.- 2013.-№ 10-6.- С. 1194-1199.
- Гуляев П.Ю., Гуляев Ю.П., Долматов А.В. Байесовское восстановление цвета цифровых изображений // Вестник Сибирской государственной геодезической академии.- 1997.- № 2.- С. 114-115.
- Гуляев П.Ю., Долматов А.В. Автоматизация контроля теплофизических параметров в технологиях детонационного напыления // Системы управления и информационные технологии.- 2009.- № 1.2 (35).- С. 230-233.
- Гуляев И.П., Гуляев П.Ю., Иордан В.И. Разрешающая способность виртуальных приборов контроля температуры частиц в плазменных потоках по суммарному спектру // Ползуновский альманах.- 2008.- № 2.- С. 13-14.



17. Методы оптической диагностики частиц в высокотемпературных потоках / П.Ю. Гуляев, А.В. Долматов, В.А. Попов, Г.Н. Леонов // Ползуновский вестник.-2012.- № 2/1.- С. 4-7.

18. Гуляев П.Ю., Гуляев И.П. Моделирование технологических процессов плазменного напыления покрытий наноразмерной толщины // Системы управления и информационные технологии.- 2009.- № 1.1(35).- С. 144-148.

19. Гуляев П.Ю., Долматов А.В. Физические принципы диагностики в технологиях плазменного напыления // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.- 2009.- Т. 11.- № 5-2.- С. 382-385.

**Болотин С.А.<sup>1</sup>, Дадар А.Х.<sup>2</sup>, Оолакэй З.Х.<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, <sup>2</sup>канд.техн. наук, доц., Тувинский государственный университет, г. Кызыл, <sup>3</sup>асп., Тувинский государственный университет, г. Кызыл.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНЫХ ПРОФИЛЕЙ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

### **Аннотация**

*В работе представлена основа методики определения оптимальных ресурсных профилей, соответствующих наиболее адекватному ресурсному описанию исходных технологических карт с целью дальнейшего алгоритмизации календарного планирования при его совмещении с архитектурно-строительным проектированием.*

**Ключевые слова:** технологическая карта, ресурсные профили, аппроксимация.

**Bolotin S.A.<sup>1</sup>, Dadar A.Kh.<sup>2</sup>, Oolakay Z.Kh.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dr. of tech. sci., prof., St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, <sup>2</sup>cand. of tech. sci., ass.prof., Tuvan State University, Kyzyl, <sup>3</sup>post-grad. Student, Tuvan State University.

## **RESOURCE PROFILES CAN BE USED IN ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL DESIGN**

### **Abstract**

*The present work shows the principles of determining the optimum resource profiles, corresponding to the most adequate resource description of primary flow sheets for the purpose of a further algorithmization of the scheduling convergence with the architectural design.*

**Keywords:** flow sheet, resource profiles, approximation.

Организационно-технологическое проектирование строительно-монтажных работ в основном осуществляется с целью формирования двух проектов - организации строительства и производства работ. Однако следует заметить, что в отечественной нормативной литературе такое понятие как ресурсный профиль вообще не используется. Это связано с тем, что по умолчанию в организационно-технологическом проектировании принимается равномерное распределение ресурсов в процессе выполнения практически любой работы календарного плана. Однако если предназначенную для исполнения работу рассмотреть с позиции, разработанной для ее выполнения технологической карты, то окажется, что соответствующий ей график движения рабочих может быть далек от равномерного распределения. Из этого прямо следует то, что в организационное проектирование заранее закладываются неконтролируемые отклонения от результатов технологического проектирования, и это приводит к тому, что суммарный график движения рабочих будет не достаточно адекватным по отношению к базисным решениям, заложенным в технологические карты.

Анализ зарубежных и отечественных программ управления проектами показал, что в некоторых из них предусмотрено использование различных ресурсных профилей. В частности, в программе Microsoft Project 2003 (MP) имеется 8 переменных загрузочных профилей и, следовательно, имеется потенциальная возможность выбора наиболее адекватного для любого ресурса. Так, например, в работе [1] показано, что для целей оптимизации графиков движения рабочих в календарных планах методом вариации ресурсных профилей, эффективными являются 4 профиля, которым в данной программе даны следующие оригинальные имена: «Плоскость» - определяет равномерное распределение ресурсов, «Загрузка в начале» - определяет практически линейно-убывающее использование ресурсов, «Загрузка в конце» - определяет линейно-возрастающее использование ресурсов и «Черепаха» - определяет ресурсный профиль в виде трапеции. В дальнейшем изложении нами использованы более простые имена: «Плоскость», «Спуск», «Подъем» и «Трапеция».

Следует отметить, что использование эффективных профилей имеет свою специфику, а именно: в программе MP, при назначении ресурсов с целью выполнения ими определенных задач, используются максимальные значения профилей. В качестве примера на рис.1 показаны распределения ресурсов при назначении на работу длительностью в 10 дн. 4-х эффективных профилей, имеющих одинаковый максимум в 20 чел.

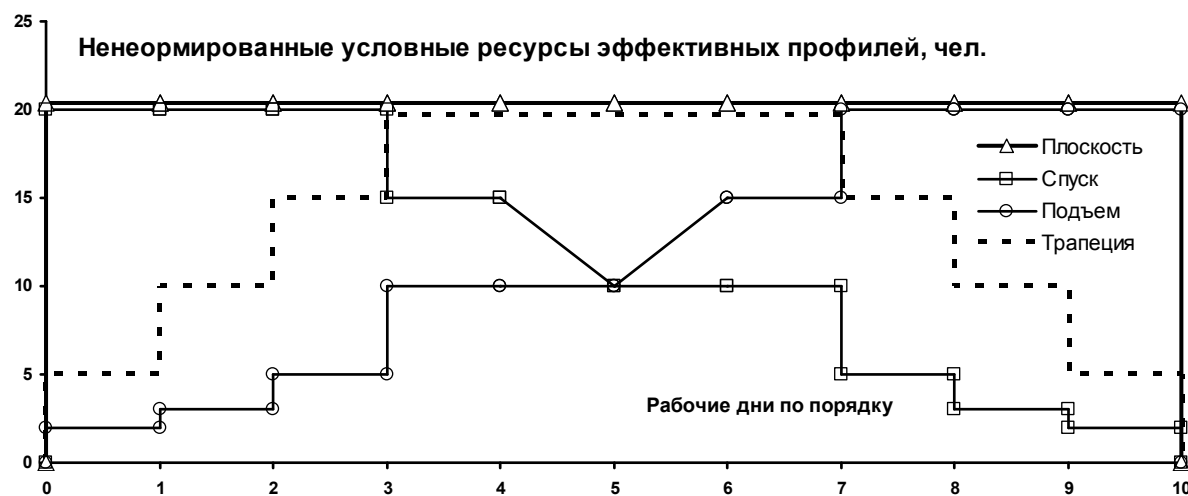


Рис. 1. Графики загрузки 4-х эффективных профилей с одинаковым максимумом.

При данном подходе к назначению ресурсов получается, что для работ с одинаковой продолжительностью и одинаковым максимальным назначением будет отличаться их трудоемкость, которая, на самом деле, является постоянным параметром. Для исправления этого необходимо провести замену инвариантности по максимуму назначения на инвариантность по трудоемкости, для чего требуется соответствующая перенормировка. Применяя для этой цели очевидный алгоритм перенормировки, для всех эффективных профилей получены одинаковые трудозатраты, а максимумы ресурсов оказались отличными для разных загрузочных профилей, что продемонстрировано на рис. 2. Заметим, что в компьютерной программе МР данная процедура может быть автоматизирована с помощью применения соответствующих пользовательских функций, вставленных в определенные столбцы электронной таблицы диаграммы Ганта.



Рис. 2. Нормированные по трудозатратам графики загрузки эффективных профилей.

Очевидно, что наличие нескольких вариантов загрузочных профилей определяет дополнительную степень свободы в решении общей задачи календарного планирования. Поэтому для выбора одного из загрузочных профилей потребовало введения в задачу вполне определенного критерия. При этом в качестве объекта критериальной оценки нами рассмотрен график движения рабочих, полученный из соответствующей технологической карты, а итоговым результатом сравнения использована близость базисного распределения ресурсов, полученного из технологической карты, и варианта его аппроксимации эффективным ресурсным профилем. Традиционное решение подобной задачи обычно сводится к тому или иному статистическому критерию, однако для нашей задачи можно использовать более наглядный и адекватный для организационно-технологического проектирования подход, заключающийся в следующем обосновании.

В работах [2, 3] показано, что учет фактической неравномерности выполнения работы приводит к увеличению вероятности ее несвоевременного выполнения. Это значит, что при определении наиболее адекватного профиля необходимо минимизировать отклонения от базисного распределения. Как известно, выполнение любой работы можно представить как последовательное выполнение выделенных временных этапов, число которых определяется числом изменений в назначенных ресурсах. Рассматривая поэтапное выполнение работ, можно видеть, что на отдельных этапах базисное число ресурсов меньше числа ресурсов по запланированному профилю. Из этого следует, что плановые задания имеют меньшую загрузку и, следовательно, ресурсная трудоемкость будет недоиспользована. Когда же плановое задание с учетом неравномерности превышает запланированное среднее, то следует ожидать невыполнение этапов работы. Очевидно, что этот объем невыполнения как раз и составит основу несвоевременного выполнения всей работы, на которую ставится аппроксимирующий профиль. В результате критерием корректности аппроксимации базисного профиля должен считаться вариант, для которого будут минимизироваться дополнительные трудозатраты, вызывающие несвоевременность выполнения работ. Таким образом, предлагаемый критерий имеет вполне определенное преимущество перед более абстрактным статистическим критерием.

На рис. 3 представлен практический пример технологической карты по организации комплекса работ в процессе подготовки, благоустройства и строительства малоэтажного жилого дома. Выбор данной технологической карты показывает, что любая конкретная работа может представлять собой целый комплекс отдельных технологических процессов. В верхней части рис.3 показан календарный график, включающий 10 работ, объединенных в общепринятые в строительстве циклы. Для каждой работы определены: начало, длительность и число основных строительных рабочих. По этим данным рассчитан график движения рабочих, который представлен в виде диаграммы Ганта или, используя другую терминологию, линейного календарного графика.

Все временные характеристики показаны в неделях, общая трудоемкость работ в данном примере равна 725 чел.-нед., общая продолжительность равна 25 нед., а среднее число рабочих составило 29 чел. Под графиком движения рабочих, соответствующим исходной технологической карте, показано расчетное число рабочих для 4-х аппроксимирующих профилей

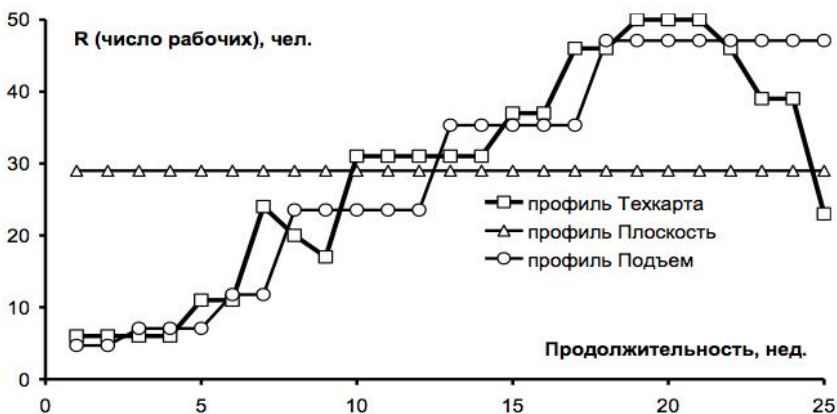
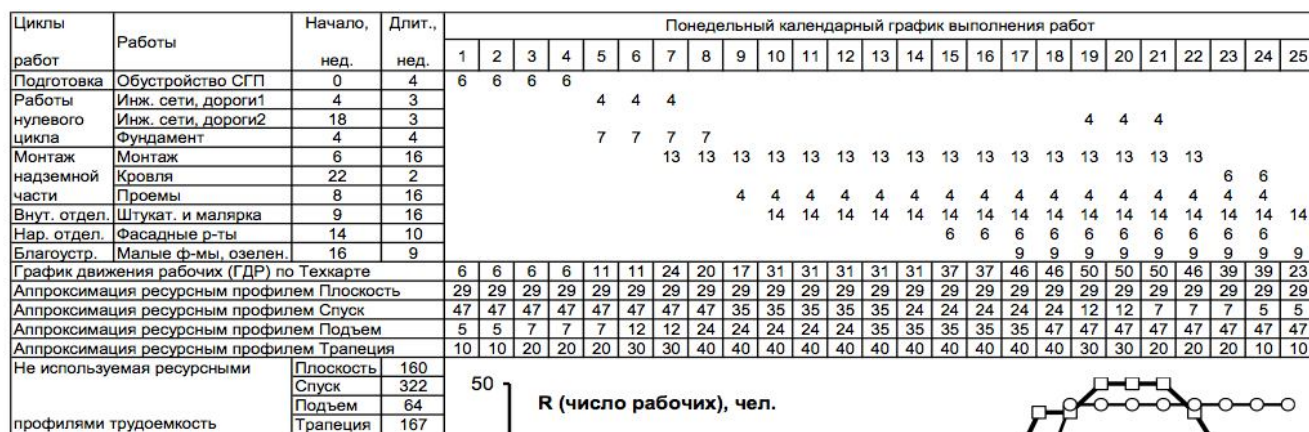


Рис. 3. Построение графика движения рабочих (ГДР) по технологической карте и графическое отображение аппроксимирующих профилей.

Далее для эффективных профилей рассчитаны данные по неиспользуемой трудоемкости (аппроксимирующее значение превышает базисные ресурсы по технологической карте). Минимум неиспользуемой трудоемкости в 64 чел.-нед. пришелся на профиль «Подъем». Заметим, что обычно принимаемая равномерная аппроксимация составила гораздо большие потери в 160 чел.-нед, что превышает оптимальное значение в 2,5 раза. Общий вывод по полученному в представленном примере результату сводится к тому, что для аппроксимации данной технологической карты одной интегрированной работой следует использовать загрузочный профиль типа «Подъем».

**Резюме.** Представленный нами материал является основой методики определения оптимальных ресурсных профилей, соответствующих наиболее адекватному ресурсному описанию исходных технологических карт. Для практической реализации методики целесообразно проанализировать существующие технологические карты, включенные ранее в строительный каталог, и в результате анализа выявить их наиболее адекватные аппроксимации, в соответствии с которыми можно будет заменять их интегрированными работами в процессе календарного планирования. Следует отметить, что в настоящее время данные строительного каталога включены в строительную базу данных консорциума «Кодекс» под названием «Стройэксперт», «Стройтехнолог» и др. [4].

#### Литература

1. М а л к и н, М. М. Оптимизация графиков движения рабочих в календарных планах методом вариации ресурсных профилей [Текст]: Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб: СПбГАСУ, 2010.
2. Б о л о т и н, С. А. Комплексная оценка риска отклонения цены и срока сдачи строительного объекта в эксплуатацию [Текст] / С. А. Болотин, С. Э. Климов // Мир строительства и недвижимости. – 2004. – №3. – С. 2-3
3. Г л а д и й, Н. Я. Анализ скорости выполнения СМР как оптимизационного параметра календарного плана строительства [Текст] / Н. Я. Гладий, С. А. Болотин, А. Н. Вихров. // В кн.: «Качество. Инновации. Наука. Образование». – Омск: СибАДИ, 2005.
4. www.kodeks.ru

#### Reference

1. Malkin, M.M. Optimization of the man-assignment time-table in scheduling by means of resource profile variation [Text]: Synopsis of a thesis of cand. tech.sci.- SPb: SPbGASU, 2010.
2. Bolotin, S.A. Comprehensive risk assessment of the cost and commissioning deadline deviations [Text]/S.A.Bolotin, S.E.Klimov// World of construction and realty.- 2004. – No. 3. –oo, 2-3.
3. Gladly, N.Ya. Analysis of building and construction work time as an optimization parameter of the construction schedule [Text]/N.Ya.Glady, S.A.Bolotin, A.N.Vikhrov.// In: "Quality. Innovation. Science. Education". – Omsk: SibADI, 2005
4. www.kodeks.ru

Деревянко О.В.<sup>1</sup>, Королёв А.В.<sup>2</sup>, Погосов А.Ю.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Аспирант; <sup>2</sup>доктор технических наук, профессор; <sup>3</sup>доктор технических наук, профессор, Одесский национальный политехнический университет

#### ЭКСТРАОРДИНАРНЫЕ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЯЭУ И ЭНЕРГО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ АТТЕНУАЦИИ

#### Аннотация

В статье рассмотрена возможность использования комбинированной конструкции турбинного привода насоса для осуществления подпитки парогенератора АЭС, а также исследован вариант запуска комбинированной турбины по сигналам, вырабатываемым системой оперативной диагностики теплогидравлических процессов.

**Ключевые слова:** парогенератор, подпитка, АЭС, диагностика.

Derevjanko O.V.<sup>1</sup>, Koroljov A.V.<sup>2</sup>, Pogosov A.Yu.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>Dr.Sci.Tech, professor; <sup>3</sup>Dr.Sci.Tech, professor, Odessa National Polytechnic University

*The paper considers the possibility of using a combined structure of a turbine pump drive for the implementation of the nuclear steam generator feeding, as well the option of launching the combined turbine with signals generated by the operative diagnostics system of thermohydraulic processes.*

**Keywords:** steam generator, feeding, NPP, diagnostics.

Оборудование ядерных энергетических установок представляет собой сложный комплекс элементов и систем, обеспечивающих технологически заданное циркуляционное движение теплоносителя через реактор для обеспечения отвода тепла, вырабатываемого в активной зоне в ходе цепной ядерной реакции деления тяжелых нуклидов. Исходя из этого, к циркуляции водного теплоносителя, используемого в первом контуре, предъявляются специфические требования в плане теплогидравлической устойчивости. Если энергоблок на базе ЯЭУ функционирует в соответствии с двухконтурной теплогидравлической схемой, предусматривающей во втором контуре фазовый переход рабочего тела, то к движению воды второго контура, поступающей в парогенераторы, также предъявляются требования, связанные с обеспечением надежного отвода энергии, полученной от теплоносителя. Нарушение устойчивости движения теплоносителя и нарушение циркуляции воды второго контура следует рассматривать как экстраординарные физические процессы, относящиеся к предаварийным режимам эксплуатации ЯЭУ на том основании, что такие процессы – если они становятся неуправляемыми или управляемыми недостаточно оперативно – могут привести к необратимому снижению эффективности утилизации тепловой энергии ЯЭУ. В результате становятся неизбежными процессы аварийного характера, подобные физическим процессам, уже наблюдавшимся в практике эксплуатации АЭС.

Характерным поучительным прецедентом являются события на втором блоке АЭС «Три-Майл-Айленд» ТМІ-2 (США, 1979 г.), связанные с нарушением циркуляции воды второго контура – вплоть до осушения парогенераторов, – что повлекло прекращение теплоотвода из первого контура. Прекращение отвода тепла из первого контура в этом случае вызвало перегрев теплоносителя и, соответственно, повышение давления, что повлекло открытие импульсного предохранительного клапана системы компенсации давления со сбросом пара в барботер и останов реактора с последующим понижением давления в первом контуре. Дальнейший сброс теплоносителя привел к неудовлетворительным эффектам циркуляции в первом контуре, помпажу циркуляционных насосов, их недопустимой вибрации – что, в результате, повлекло их отключение и полное прекращение принудительной циркуляции теплоносителя (устойчивость же естественной циркуляции оказалась нарушенной вследствие образования паргазового пространства в реакторе) – и в результате повреждения тепловыделяющих элементов оказались неизбежными [1].

Другой известный случай нарушения характеристик циркуляции теплоносителя связан с аварийными разрушениями ЯЭУ 4-го энергоблока на Чернобыльской АЭС (Украина, 1986 г.) – увеличение расхода теплоносителя через реактор за счет подключения дополнительных циркуляционных насосов (питание которых обеспечивалось «выбегом» турбины) привело к уменьшению парообразования, вслед за этим уменьшенный (для восстановления парообразования) расход воды вызвал повышение температуры теплоносителя на входе в активную зону с резким увеличением парообразования и запредельным ростом давления с учетом нейтронно-физических эффектов [2]. Еще одним показательным примером аварийного разрушения ЯЭУ, связанного с экстраординарными событиями из практики эксплуатации 1-го энергоблока АЭС Фукусима-1 (Япония, 2011 г.), также является нарушение циркуляции теплоносителя – вследствие электрообесточивания насосного оборудования – и проблемное отведение тепла от реактора [3].

Как показывает обобщение указанных выше (и многих других, менее значимых по разрушительным последствиям) событий, причиной нарушения циркуляции водных тел ЯЭУ может являться как теплогидравлическая неустойчивость, проявляющаяся в виде колебаний расхода, давления, температуры и др. режимных параметров, так и утечки, влекущие запредельную нехватку теплоносителя или рабочего тела. Утечки циркулирующей водной среды при этом могут провоцировать колебательную теплогидравлическую неустойчивость (влияя косвенно) или приводить к кризису теплоотдачи (влияя непосредственно), что так или иначе создает предаварийные или аварийные эксплуатационные условия.

Для аттенуации нарушения циркуляции может применяться либо оперативное увеличение запаса теплогидравлической устойчивости путем технически доступного изменения влияющих на нее параметров (недогрев до температуры насыщения, давление, расход, паросодержание), либо своевременная дополнительная подпитка циркулирующей жидкости (что является в любом случае абсолютно нелишней резервной возможностью). Для принятия решения о тех или иных оперативных действиях так или иначе необходим постоянный мониторинг текущих запасов теплогидравлической устойчивости циркуляции, технологически предусмотренной в контурных системах ЯЭУ. Этот мониторинг может быть обеспечен еще в ходе нормальной эксплуатации, в постоянном автоматическом режиме, применением методики определения запасов теплогидравлической устойчивости на основе измерения по шумам режимных параметров значений частотных передаточных функций, содержащих в неявном виде информацию о запасах устойчивости текущего физического процесса [4]. Получаемая в ходе мониторинга информация в такой системе используется для формирования командных (управляющих) сигналов, вызывающих срабатывание соответствующих исполнительных механизмов.

Важным обстоятельством является то, что к срабатыванию исполнительных механизмов в условиях функционирования ЯЭУ (особенно в предаварийных и аварийных режимах) предъявляются весьма жесткие требования в части быстрого действия и высокой надежности их включения. Примером оперативной возможности технического обеспечения эффективного включения резервного насосного оборудования подпитки циркулирующих водных сред – при поступлении соответствующего командного сигнала на запуск – может служить агрегат с комбинированным турбоприводом, характеризующийся сокращенным временем включения в работу. В таком турбоприводе может быть применена, например, конструкция, в которой на общем валу закреплены дисковая турбина Теслы и лопаточная турбина Лавалля. Техническое решение, предусматривающее предвключение дисковой турбины по отношению к лопаточной, позволит упростить и ускорить решение задачи аварийного запуска насосов подпитки. Дело в том, что традиционный привод, выполненный только на основе лопаточной турбины, требует специальной подготовки пара (сепарации и дренажа конденсата), а дисковая турбина трения, предвключенная лопаточной, позволит использовать неподготовленный (несепарированный) двухфазный поток. Более того – повышенные значения коэффициентов трения, свойственные двухфазному потоку, обеспечат минимизацию постоянной времени (крутизну кривой разгона) и сокращение времени переходного процесса при запуске агрегата. Заманчивым техническим эффектом является также то, что такая конструкция позволяет совместить в одном корпусе турбину и сепаратор жидкой фазы двухфазного потока: это позволит просто и надежно подавать на лопаточную турбину пар, практически лишенный водной фазы. Такое техническое решение, гарантирующее пуск лопаточной турбины привода без предварительного разогрева, позволяет подключить питающий системы ЯЭУ турбонасосный агрегат непосредственно к паровому объему парогенератора через быстродействующий нормально-закрытый клапан.

Сигналом для автоматического открытия клапана паропровода будет служить в такой системе совпадение (по результатам сравнения в аппаратуре мониторинга, заметим – не требующей мощного электропитания) текущего значения запаса

теплогидравлической устойчивости с заранее заданным опорным (минимально допустимым) значением. Упрощенным вариантом мониторинга может служить простое сравнение осредненных значений режимных параметров с их аварийными уставками, но в таком случае срабатывание системы подпитки будет осуществляться с задержкой – уже по факту развития аварийного процесса, а не в режиме упреждения такового.

Предлагаемый комбинированный диско-лопаточный турбопривод насосного агрегата, работающий как исполнительный механизм в составе системы автоматического упреждения экстраординарных теплогидравлических процессов, позволит в случае необходимости оперативно подавать дополнительную котловую воду в парогенераторы или дополнительную воду в систему подпитки-продувки первого контура, используя энергию технологического пара ЯЭУ и информацию мониторингового характера по аналогии с решением [6].

Таким образом, предлагаемая энерго-информационный подход дает возможность, благодаря своевременной автоматической аттенуации нарушения циркуляции водных тел, снизить вероятность перехода предаварийных режимов работы ЯЭУ – в аварийные.

#### Литература.

1. Walker Samuel J. Three Mile Island: A Nuclear Crisis in Historical Perspective // Berkeley: University of California Press, – 2004. – р. 231.
2. Чернобыльская авария: № 75-INSAG-7 (дополнение к INSAG-1) МАГАТЭ. Серия изданий по безопасности. – Вена, 1993. – 21 с.
3. Билей Д.В. и др. Опыт АЭС Фукусима-1 для повышения экологической безопасности атомной энергетики Украины / Билей Д.В., Вашенко В.Н., Злочевский В.В., Погосов А.Ю., Скалзубов В.И., Шавлаков А.В. – К.: Гос. академия последиplomного образования, 2012. – 194 с.
4. Погосов А.Ю. Диагностика скрытой динамики процессов в реакторных установках АЭС. Одесса: наука и техника, 2013. – 288 с.
5. Королев А.В., Деревянко О.В. Подпитка парогенератора от надежных источников // Материалы Третьей межд. науч.-практич. конф. «Повышение безопасности и эффективности атомной энергетики», – Одесса, 24-28 сент. 2012 г. – Одесса: НПЦ «Энергоатом», 2013. – С.111-113.
6. Королев А.В. Использование инжектора в системе САОЗ для повышения ее функциональной надежности // Ядерная радиационная безопасность. Т. 12. – Вып.2, 2009 – С. 38-39.

**Джаксалыкова Ж.К.**

Студент, Восточно - Казахстанский государственный технический университет им.Д.Серикбаева

#### **ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСК НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СПОСОБЫ ЕЁ УЛУЧШЕНИЯ**

*Аннотация*

*В статье рассмотрена экологическая обстановка города Усть-Каменогорск, статистические данные выбросов вредных веществ от стационарных источников и комплекс оздоровительных и профилактических мероприятий.*

**Ключевые слова:** вредные вещества, выбросы, здоровье населения.

**Dzhaksalykova Z.K.**

Student, D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University

#### **IMPACT OF THE ECOLOGICAL SITUATION IN UST-KAMENOGORSK ON THE HEALTH OF COMMUNITIES AND WAYS OF IMPROVEMENT.**

*Abstract*

*The article considers the ecological situation in Ust-Kamenogorsk, statistical information of contaminants discharge from stationary sources and complex of healthful and prophylactic measures.*

**Keywords:** contaminants, discharge, health of communities.

В настоящее время хозяйственная деятельность человека все чаще становится основным источником загрязнения биосферы. В природную среду все в больших количествах попадают газообразные, жидкие и твердые отходы производств. Различные химические вещества, находящиеся в отходах, попадая в почву, воздух или воду, переходят по экологическим звеньям из одной цепи в другую, попадая, в конце концов, в организм человека, что влияет на его здоровье.

Основными загрязнителями атмосферы в городе являются крупные промышленные предприятия и автотранспорт. Укрупненные расчеты показывают, что выделение пыли от отходов промышленных предприятий, размещенных на территории Восточно-Казахстанской области, составляет около 120 тыс. т в год. Пыль содержит практически все токсичные компоненты, имеющиеся в отходах горнометаллургических производств ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Pb, Se, Te, As, Sb и др.).

К предприятиям первой категории опасности в г. Усть-Каменогорске относятся: ТОО «Казцинк», ТОО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ», АО «Ульбинский металлургический завод».

Значимым источником газовых выбросов в атмосферу является также городской автотранспорт. В городе зарегистрировано около 80 тысяч единиц транспортных средств. Их общая доля в объеме выбросов вредных веществ в атмосферу достигает 50 %.

С 2001 года в Восточно-Казахстанской области в условиях продолжающегося роста объемов производства наметилась тенденция снижения выбросов, размещения отходов производства. Это стало возможным за счет вложения предприятиями инвестиций в модернизацию производства и совершенствование систем пылегазоулавливания, ужесточения инспекторского контроля за эффективностью работы очистных сооружений.

На рис. 1 отображена динамика выбросов вредных веществ от стационарных источников в период с 1990 - 2009 г. по ВКО.

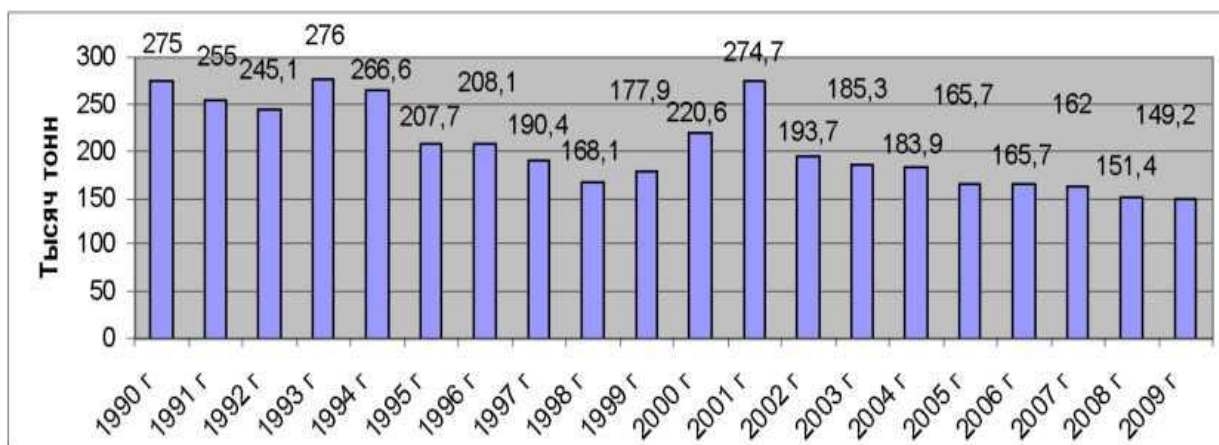
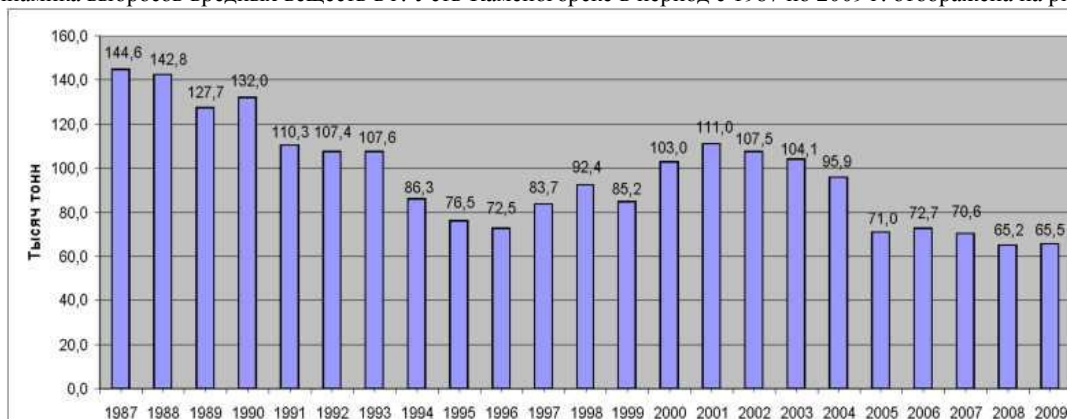


Рисунок 1 - Динамика выбросов от стационарных источников по ВКО (1990 - 2009 гг.)

Динамика выбросов вредных веществ в г. Усть-Каменогорске в период с 1987 по 2009 г. отображена на рис. 2.



Исследования показали, что наиболее опасными веществами, выделяемыми в атмосферу города, являются тяжелые металлы: свинец, цинк, мышьяк, бериллий и селен, концентрация которых в воздухе в периоды НМУ превышает среднесуточную предельно-допустимую концентрацию. Кроме того, к основным веществам, загрязняющим атмосферу города, относятся сернистый ангидрид, фенол и формальдегид. Их концентрации в отдельные дни достигают 10 ПДК.[3]

Фенол и его производные являются одними из наиболее опасных токсических соединений, содержащихся в стоках ряда производств. Признаками фенольного отравления являются состояние возбуждения и увеличение двигательной активности, переходящее в судороги, которые свидетельствуют о нарушении функций нервной системы. При хронических отравлениях наблюдается раздражение дыхательных путей, расстройство пищеварения, тошнота, общая и мышечная слабость, раздражительность, бессонница. Увеличение концентрации вредных примесей в приземном слое атмосферы обусловлено двумя основными причинами. Первая - резким возрастанием выбросов в атмосферу при аварийных ситуациях на производствах, неисправности очистных устройств, усиленных залповых выбросов. Второй причиной являются НМУ. Предприятия в дни с НМУ и при аварийных ситуациях должны строго выполнять предусмотренные на этот случай в нормативных документах мероприятия, которые однако, на основных предприятиях-загрязнителях носят косметический характер и практически не предусматривают снижения выбросов вредных веществ в атмосферу.[1]

Количество обращений детского и взрослого населения в 2009 г. уменьшилось по сравнению с 2005 г. (посещение поликлиник детским населением в 2009 г. - 89 731 человек; 2005 г. - 161 082; взрослым населением 2009 г. - 414 346; 2005 г. - 440 291; процент понижения составил 7,95 и 6,26, соответственно). Количество дней с НМУ в 2005 г. - 142, в 2009 году - 120 дней. В 2009 году для детского населения процент превышения количества обращений в медицинские учреждения Усть-Каменогорска (при численности детского населения 50 835) составил 12,88 %. Для взрослого населения, при численности взрослого населения 298 400 составил 8,32 %.[2]

Выявленные низкие показатели здоровья населения требуют проведения комплекса оздоровительных и профилактических мероприятий.

Предлагаемые мероприятия по охране атмосферного воздуха и улучшения здоровья населения г. Усть-Каменогорска: повышение социальной ответственности предприятий в части компенсационных выплат своим работникам за ухудшение состояния их здоровья в случае нарушения предприятием гигиенических и санитарных норм, реконструкция предприятий с установкой современного технологического и газо-пылеочистного оборудования, внедрение на автотранспорте средств снижения выбросов вредных веществ (использование моторных масел с присадками).

Только внедрение новых экологически чистых технологий на предприятиях цветной металлургии и ТЭЦ, использование автотранспорта с минимальными выбросами вредных веществ в атмосферу позволят снизить антропогенную экологическую нагрузку в г. Усть-Каменогорске, обеспечить нормализацию здоровья населения.

#### Литература

1. Онищенко Г. Г. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих ОС - М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. - С.408.
2. Влияние состояния ОС на репродуктивное здоровье населения в г. Усть-Каменогорске: Отчет /Институт социальных исследований (ИСИ).
3. Слажнева Т. И. Системный подход к управлению медико-экологической ситуацией в промышленном городе - Алматы, 2001. - С. 371.



**УПРУГИЕ И ПЛАСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОСЛЕ СВОБОДНОЙ ОСАДКИ****Аннотация**

Проблема неразрушающего контроля конструкционных материалов по фактическому состоянию является весьма актуальной, поскольку дефекты и изменения структуры материала, возникающие при изготовлении и в процессе эксплуатации изделий могут существенно уменьшить их прочность. Механические свойства материала несут ценную информацию для определения остаточного ресурса детали. Модули упругости – важнейшие характеристики твердого тела. Они являются расчетными параметрами в аналитическом аппарате физической теории деформации и разрушения твердого тела, входят во все основополагающие уравнения механики.

**Ключевые слова:** порошковые материалы, свободная осадка.

Егорова Р.В.<sup>1</sup>, Егоров М.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Senior lecturer of chair «Information technologies»; <sup>2</sup>Associate Professor, Ph.D. of the Department «Technical service» branch DGTU, in Volgodonsk, aquavdonsk@mail.ru

**ELASTIC AND PLASTIC CHARACTERISTICS OF POWDER MATERIALS AFTER FREE SLUDGE****Abstract**

The problem of nondestructive testing of structural materials on the actual state is highly relevant, as defects and changes in the structure of the material arising when manufacturing and maintenance process can significantly reduce their strength. Mechanical properties of the material are valuable information for the determination of residual resource of details. Moduli of elasticity of - the essential characteristics of a solid body. They are design parameters in the analytical apparatus of physical theory of deformation and fracture of rigid body, are all fundamental equations of mechanics.

**Keywords:** powder materials, free of sludge.

Значения модулей упругости и коэффициента Пуассона даже чистых веществ – элементов и химических соединений постоянного состава, определенные на материалах разной степени чистоты различными методами, – весьма различны, что свидетельствует об их недостаточной достоверности. В большей степени это относится к спеченным порошковым материалам, свойства которых существенно зависят от морфологии порового пространства.

Следует отметить, что сведений об изменении упругих характеристик спеченных материалов в зависимости от их пористости в отечественной и зарубежной литературе крайне мало. Часть из них посвящена теоретическим методам определения модулей упругости и коэффициента Пуассона [1], а часть – экспериментальным [2,3].

Одним из наиболее распространенных методов определения упругих характеристик материалов является ультразвуковой метод диагностики структуры и состояния материала. Он основан на анализе характеристик ультразвуковых волн, распространяющихся в объекте контроля. Для исследования неоднородностей и дефектов структуры материалов применяют методы ультразвуковой спектроскопии и дефектоскопии, основанные на анализе частотных зависимостей коэффициента затухания и фазовой скорости акустических волн в исследуемом материале [4]. По измерениям фазовых скоростей акустических волн в широком частотном диапазоне проводится расчет упругих модулей твердых тел, в частности анизотропных композиционных материалов [5].

Для исследования упругих характеристик образцов были выбраны два материала шведской фирмы «Hoganas»: Astaloy 0,85 Мо и NC 100.24.

Ультразвуковые исследования порошковых сталей проводились в два этапа. Измерения проводились при комнатной температуре в диапазоне частот 0,2 – 50 МГц. На исследуемых образцах первоначально измеряли скорость звука в продольном

направлении  $V_l$  универсальным толщинометром Krautkramer DMS2, а на следующем этапе производили замеры скорости звука

в поперечном направлении  $V_t$  дефектоскопом Krautkramer USM 25. В качестве контактной смазки использовался глицерин.

Результаты измерений скоростей  $V_l$  и  $V_t$  в исследуемых образцах занесены в табл. 2 используя значения табл. 1

Таблица 1

Начальная пористость $\Pi_0, \%$	Удельная работа деформации	Исходный материал	Плотность после осадки $\rho_{ср}, \times 10^3 \text{ кг/м}^3$	Толщина после осадки $h_k, \text{ мм}$
	и $W, \text{ МДж/м}^3$			
30	70	Astaloy 0,85 Мо	6,16	8
20	80		6,99	7,5
10	135		7,3	5,6
30	72	NC 100.24	6,17	8
20	75		6,93	7,7
10	130		7,3	5,9

Методика определения значений  $V_l$  и  $V_t$  рассмотрена в работах [5,6] и определяется по формулам

$$v_l = 2 \cdot l \cdot \Delta f_x [1 + \rho_d \cdot l_d / (\rho_0 \cdot l_0)], \quad v_t = 2 \cdot l \cdot \Delta f_y [1 + \rho_d \cdot l_d / (\rho_0 \cdot l_0)],$$

где  $\rho_d, \rho_0$  – плотность кварцевого датчика и образца;  $l_d, l_0$  – длины кварцевого датчика и образца;  $\Delta f_x, \Delta f_y$  – средние разности частот между соседними гармониками. Модули упругости определялись по соотношениям [7]



$$E = 2 \cdot G \cdot (1 + \mu), \quad G = \rho \cdot v_t^2, \quad K = \frac{E}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \mu)}, \quad \mu = \frac{1 - 0,5 \cdot (v_l/v_t)^2}{1 - (v_l/v_t)^2} \quad (1)$$

Максимальная относительная погрешность определения модуля Юнга в применяемом оптико-акустическом методе составляет  $\delta E = 6\%$ , модуля сдвига -  $\delta G = 4\%$ , коэффициента Пуассона -  $\delta \mu = 5\%$ .

Результаты измерений фазовых скоростей продольных и сдвиговых ультразвуковых волн, а также рассчитанные по формулам (1) значения модулей Юнга, сдвига и коэффициента Пуассона, а также значения пористости в центре (Ц) и на периферии (П) всех исследованных образцов представлены в табл.2. Определение объемной пористости Р по теоретически расчетным и экспериментально измеренным значениям скоростей продольных ультразвуковых волн [1,7] в исследованных участках образцов дает величины представленные в табл.2.

Распределение и скорость распространения ультразвуковых волн тем выше, чем плотнее исследуемый материал в центральной зоне и, разуплотнение, наблюдаемое на периферии, обуславливает меньшие скорости ультразвуковых волн, что указывает на большое количество микро- и макродефектов образованных канальными соединениями пор в местах деформационного течения материала. Однако, одинаковые значения продольных скоростей в центре и на периферии, а также незначительно большие значения продольных скоростей на периферии относительно центра свидетельствуют о нелинейном распределении деформируемого материала в объеме исследуемого образца.

Табл. 2 Результаты оптико-акустических измерений для исследованных образцов порошковых материалов

П <sub>0</sub> , %	Удельная работа деформации W, МДж/м <sup>3</sup>	Скорость продольных волн $V_l \times 10^3$ м/с		УЗ скорость поперечных волн $V_t \times 10^3$ м/с		Модуль Юнга E, ГПа		Модуль сдвига G, ГПа		Коэффициент Пуассона $\mu$		Пористость, P, %	
		Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П		
30	70	5,578 ± 0,03	5,49 ± 0,03	2,75 ± 0,06	2,603 ± 0,06	117 ± 4,9	108 ± 5,1	47 ± 1,2	40 ± 1,3	0,256 ± 0,01	0,355 ± 0,01	20 ± 0,5	26 ± 0,5
20	80	5,46 ± 0,03	5,56 ± 0,03	2,89 ± 0,06	2,71 ± 0,06	152 ± 5,5	128 ± 5,2	58 ± 1,3	47 ± 1,3	0,32 ± 0,01	0,344 ± 0,01	10 ± 0,5	17 ± 0,5
10	135	6,07 ± 0,03	6 ± 0,03	3,14 ± 0,06	3,103 ± 0,06	189 ± 5,2	181 ± 4,9	72 ± 1,2	68 ± 1,3	0,316 ± 0,01	0,314 ± 0,01	6 ± 0,5	8 ± 0,5
30	72	5,96 ± 0,03	5,5 ± 0,03	2,7 ± 0,06	2,605 ± 0,06	123 ± 4,9	108 ± 4,9	44 ± 1,3	40 ± 1,2	0,371 ± 0,01	0,353 ± 0,01	19,5 ± 0,5	25,6 ± 0,5
20	75	5,9 ± 0,03	5,5 ± 0,03	2,897 ± 0,06	2,71 ± 0,06	156 ± 5,1	120 ± 4,7	58 ± 1,3	45 ± 1,3	0,32 ± 0,01	0,339 ± 0,01	10 ± 0,5	16 ± 0,5
10	130	6,05 ± 0,03	5,98 ± 0,03	3,28 ± 0,06	3,180 ± 0,06	202 ± 5,1	150 ± 4,8	78 ± 1,2	58 ± 1,2	0,292 ± 0,01	0,297 ± 0,01	5,7 ± 0,5	7,4 ± 0,5

Таким образом, экспериментально реализованный ультразвуковой метод измерения локальных упругих модулей образцов изотропных твердых тел позволяет проводить неразрушающие измерения упругих модулей в образцах толщиной 0,1 – 70 мм с локальностью в поперечном направлении 1 – 2 мм. При этом максимальная относительная погрешность определения модуля Юнга в применяемом оптико-акустическом методе составляет  $\delta E = 6\%$ , модуля сдвига -  $\delta G = 4\%$ , коэффициента Пуассона -  $\delta \mu = 5\%$  даже для сильно поглощающих ультразвук образцов (коэффициент затухания продольных акустических волн может достигать десятков обратных сантиметров).

Как показали результаты, ультразвуковой метод дает возможность измерения локальных значений упругих модулей неоднородных твердых тел, в случаях, когда классические методы контроля трудно выполнимы, так как изготовление образцов сложной фигурной формы с высокой пористостью затруднительно.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что полученные значения модулей упругости подтверждают неравномерное распределение плотности композиционных материалов. Сопоставив значения модулей упругости центральной и периферийной зон исследуемых образцов, следует отметить нелинейный характер распределения деформируемого материала в объеме исследуемого образца.

#### Литература

1. Григорьев А.К., Рудской А.И. Деформация и уплотнение порошковых материалов. М.:Металлургия, 1992.192с.
2. А.А.Карабутов, Л.И.Кобелева, Н.Б. Подымова, Т.А. Чернышова Измерение упругих модулей композиционных материалов, упрочненными частицами, лазерным оптико-акустическим методом./ Заводская лаборатория. Диагностика материалов. №3. 2009. Т.75. – С. 27 – 33.
3. Акимов В.В., Иванов Н.А. Применение ультразвукового резонансного метода для определения упругих и пластических характеристик сплавов TiC – TiNi / Прикладная механика и техническая физика. 2002. Т. 43. №2. С. 203 – 207.
4. Layman C., Murhy N.S., Yang R.-B., Wu J. The interaction of ultrasound with particulate composites / J. Acoust. Soc. Am. 2006. V. 119. №3. P. 1449 – 1456.
5. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении /СПб: Издательство СВЕН 2007. – 296 с.
6. Баулин С.С., Нупер М.Л., Фридман Г.Р. Неразрушающий контроль изделий из порошковых материалов с помощью ультразвуковых колебаний// Кузнечн.- штамп. Пр-во.1981. №1.С. 157-163.
7. Поляков В.В., Головин В.А. Влияние пористости на скорость ультразвуковых волн в металлах / Письма в ЖТФ. 1994. Т. 20. №11. С.54 – 57.

#### Заостровский А.С.

Аспирант, Санкт-Петербургский Государственный политехнический университет

#### ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДИСТОГО ВОЛОКНА С ТЕРМОПЛАСТИЧНОЙ МАТРИЦЕЙ

#### Аннотация

*В статье рассмотрены проблемы и особенности связанные с механической обработкой полимерных композиционных неметаллических материалов на основе углеродного волокна с термореактивной и термопластичной матрицей, показаны проблемы связанный с механической обработкой при сверлении, определен план работы, сделаны выводы.*

**Ключевые слова:** механическая обработка композиционных материалов, технология обработки ПКНМ, промышленность.

Zaostrovsky A.S.

PhD Student, Saint-Petersburg State Polytechnic University

#### FEATURES OF THE MECHANICAL PROCESSING OF HIGH-TECH POLYMER COMPOSITE NONMETALLIC MATERIALS BASED ON CARBON FIBERS WITH A THERMOPLASTIC MATRIX

#### Abstract

*The article describes issues and features of mechanic machining of polymer composite non-metallic materials on carbon fiber with thermoset and thermoplastic matrix base, issues of mechanic machining when drilling, the plan of work is defined, the conclusion is made.*

**Keywords:** mechanical processing of composite materials, technology of processing ПКНМ, industry.

Высокотехнологичные полимерные композиционные неметаллические материалы (ПКНМ) все больше начинают замещать металл в различных областях промышленности.

Композиционные неметаллические материалы включают в себя два или более компонента, каждый из которых состоит из отдельных непрерывных волокон (углеткань, стеклоткань, арамид) или других армирующих составляющих и связующей их матрицы. Каждый из ПКНМ обладает специфическими свойствами, отличными от суммарных свойств составляющих компонентов. Компоненты не должны растворяться или иным способом поглощаться друг другом и обладать хорошей совместимостью. Свойства ПКНМ нельзя определить только по свойствам компонентов, без учета их взаимодействия.

Используемая матрица в ПКНМ обеспечивает связь армирующего материала, а также передачу и распределение напряжения в его объеме. Армирующие наполнители (тонкие непрерывные волокна, нити, ткани и жгуты) несут на себе основные нагрузки, обеспечивают физико-механические характеристики материала - высокую прочность и жесткость в направлении ориентации волокон. Исследуемые ПКНМ состоят из армирующего материала на основе угле, стекло, арамидно, базальтовых тканых с термоотверждающейся (полиэфирной, винилоэфирной, фенольной, эпоксидной) или термопластичной (РЕЕК (полиэфирэфиркетон), PPS (полифенилен сульфид), PEI (полиэфиримид и т.д.) матрицей. Армирующие материалы в зависимости от необходимых или заданных нагрузок имеют разные плотности (гр/м2), модули упругости (Мпа), направления (однонаправленные, саржа, плейн, твилл, мультиаксиальные и др).

Изготовление изделий из КНМ производится разными методами: ручной формовкой, формовкой с применением вспомогательных материалов и вакуума (вакуумные процессы формования), с подачей матрицы под давлением в железных формах или методами горячего формования на гидравлическом прессе, с помощью специализированных печей или сосудов под давлением (автоклавное формование).

Как видно из всего перечисленного на последующую механическую обработку, чтобы получить необходимое качество изделия, могут влиять разнообразнейшие факторы. Начиная от матрицы, так как температура плавления у них разная (начиная от 100°C – полиэфирная или от 270°C –термопластичная) и они могут сжигаться на армирующем материале, так к примеру, и направление армирующего материала и процесс формования будущего изделия.

ПКНМ обладают отличными от других материалов физико-механическими характеристиками. Эти свойства определяют особенности механической обработки деталей из ПКНМ и в результате проявления технологической наследственности формируют эксплуатационные свойства и уникальные возможности работы при высоких рабочих температурах, при знакопеременных нагрузках, в агрессивных средах. Детали из ПКНМ имеют применение в авиационном, вертолетостроении, судостроении, автомобилестроении, ветроэнергетике, ВПК, космической отрасли, электроники и др.

Структура ПКНМ, особенности ее формирования, анизотропия свойств, связанная с различной реакцией составляющих компонентов на действие температурных и силовых факторов, а также с определенной направленностью армирующих элементов оказывает особое влияние на физические процессы в зоне резания, построение технологических процессов, выбор оборудования и инструмента, структуры операций и условий их выполнения. При обработке заготовок из ПКНМ практически не образуется стружки. В зависимости от матрицы создается пыль, которая имеет хорошую электропроводимость (углеволокна), что необходимо учитывать при выборе оборудования. Необходима вытяжка отходов из зоны резания, дополнительная защита направляющих и защита электродвигателей не ниже международной сертификации IP 55. Применение ТЖ так же не исследовано и нет четких рекомендаций, при каких условиях обработки ее необходимо использовать.

Проблемы механической обработки в первую очередь связаны с особенностями процесса резания непластичных композиционных материалов. Все закономерности процессов, происходящих в зоне резания связанных с пластическим деформированием металла, неприменимы для ПКНМ. Многослойная композиционная неметаллическая структура с разными прочностными характеристиками, теплопроводностью, способностью сохранять свои свойства при разных рабочих температурах ограничивает возможности применения стандартных условий обработки. В первую очередь это касается выбора скорости резания, определяющей теплонапряженность в зоне обработки. Характеристики шероховатости поверхности, образующихся при обработке, зависят от направления траектории движения подачи инструмента и от направления волокон армирующих элементов. При неблагоприятном сочетании этих движений возможно появление следов разрыва волокон, выброса фрагментов компонентов ПКНМ на поверхность и ухудшение характеристик шероховатости поверхности. На рис. 1 показаны результаты обработки отверстий деталей из КНМ [1].

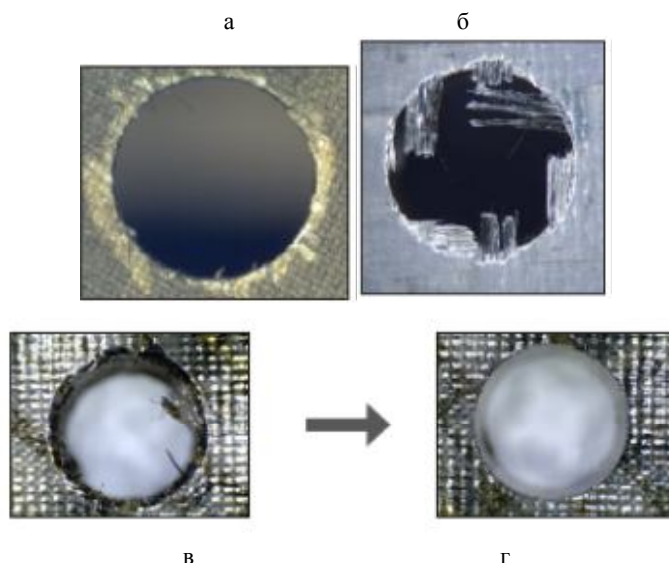


Рис. 1. Внешний вид поверхностей отверстия после обработки: а – расщеление, б – несрезанные волокна, в – выдернутые волокна, г – обработка без видимых дефектов.

В основе термопластичной матрицы – смола, которая изменяет свое состояние и физико-механические свойства под действием высоких температур в зоне резания[2]. Предварительные исследования показали, что реакция компонентов и материала в целом на высокий градиент нарастания и спада температуры в зоне резания не изучена[3]. Колебания температуры, также как и силы резания, происходят с высокой частотой. Такие условия резания оказывают сильное влияние на деформации волокон и матрицы и формирование качественных характеристик поверхности заготовок[4]. Расплавленные смолы отрицательно влияют на период стойкости лезвийного инструмента, изменяя пару трения и, соответственно, коэффициент трения лезвия о материал. Для шлифовальных кругов такие материалы приводят к «засаливанию» кругов, их более частой правке, к увеличенному расходу и снижению качества поверхности[5].

Анализ немногих известных результатов исследования механической обработки КНМ показывает, что: 1- не изучены физические процессы в зоне резания, 2 – не существуют проверенные на практике технологические рекомендации по назначению режимов резания, структур операций, условий обработки, методов обработки, 3 – нет рекомендаций по выбору оборудования, режущего инструмента, 4 – нет экономической оценки эффективности обработки.

#### Литература

1. J. Davim and P. Reis, “Damage and dimensional precision on milling carbon fiber-reinforced plastics using design experiments,” *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 160, no. 2, pp. 160-167, Mar. 2005.
2. N. Bhatnagar, “On the machining of fiber reinforced plastic (FRP) composite laminates,” *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 35, no. 5, pp. 701-716, May 1995.
3. J. Davim, P. Reis, and C. C. Antonio, “Experimental study of drilling glass fiber reinforced plastics (GFRP) manufactured by hand lay-up,” *Composites Science and Technology*, vol. 64, no. 2, pp. 289-297, Feb. 2004.
4. P. Ghidossi, M. Elmansori, and F. Pierron, “Edge machining effects on the failure of polymer matrix composite coupons,” *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 35, no. 7–8, pp. 989-999, Jul. 2004.
5. P. Guegan, F. L. E. Maitre, and J. C. Hamann, “Contribution à l’usinage des matériaux composites,” *Actes de Colloques*, pp. 7-9, 1992.

Иноземцев А.С.<sup>1</sup>, Королев Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>инженер-испытатель; <sup>2</sup>доктор технических наук, профессор, директор НОЦ «Нанотехнологии», ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

#### ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЛЁГКИХ БЕТОНОВ. АНАЛИЗ МИРОВЫХ ДОСТИЖЕНИЙ

*Аннотация*

*Развитие промышленности, информационных технологий и стремление к повышению комфорта заставляет людей во всем мире мигрировать в города, покидая сельские территории. Так в России, по данным Росстата [1], с 1959 года по 2010 год численность сельского населения сократилась с 48 до 26%, т.е. за 50 лет более 100 млн. человек стали проживать в городах. Безусловно, в ситуации, когда около ¾ населения являются городскими жителями, возникает вопрос рационального использования территорий, возрастает необходимость строительства многоэтажных и высотных зданий, сети дорожных развязок, мостов.*

**Ключевые слова:** высокопрочный легкий бетон, полые микросферы, нанотехнологии, энергоэффективный бетон, эффективное строительство.

Inozemtcev A.S.<sup>1</sup>, Korolev E.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>engineer; <sup>2</sup>doctor of engineering, professor, director of the research and educational center «Nanotechnology», National Research University Moscow State University of Civil Engineering

## HIGHSTRENGTH LIGHTWEIGHT CONCRETE. ANALYSIS OF WORLD ACHIEVEMENTS

### Abstract

*The development of industry, information technology and the desire to improve comfort makes people all over the world migrate to the cities, leaving rural areas. For example, in Russia, according to Rosstat data [1], from 1959 till 2010 the number of the rural population decreased from 48% to 26%, i.e. over 50 years, more than 100 million people were living in cities. Of course, in a situation where roughly three-quarters of the population are urban residents, the question arises rational use of territories, there is a necessity of construction of multi-storey and high-rise buildings, the network of road interchanges, bridges.*

**Keywords:** high-strength lightweight concrete, hollow microspheres, nanotechnology, energy efficient concrete, efficient construction.

Строительная отрасль, как фондообразующая неотъемлемая часть промышленного комплекса России, является одним из инструментов для решения поставленных задач и должна ориентироваться на развитие новых инновационных и энергоэффективных технологий. Использование современных конструкторских решений и новейших строительных материалов с применением разработок в области нанотехнологии должны обеспечивать интенсивный переход к высокотехнологичному строительному производству.

Одним из самых распространенных строительных материалов является бетон, который получил широкое распространение благодаря своим эксплуатационным свойствам, универсальностью доступной сырьевой базой и экологичностью. Сфера применения бетона определяется его архитектурно-строительными свойствами, технологическими особенностями производства, наличием местного сырья и требуемыми эксплуатационными характеристиками. В современном строительстве бетон применяется почти на всех этапах возведения здания: устройство фундаментов, несущих монолитных или сборных ограждающих конструкций, плит покрытия и систем коммуникаций.

В настоящее время в строительстве существует множество видов бетонов, которые классифицируются по плотности, виду вяжущего и области применения, но наиболее распространенным (более 60% всего производства [3]) является конструкционный тяжелый бетон на портландцементе. Тяжелый бетон характеризуется высокой плотностью 2100...2500 кг/м<sup>3</sup>, что обеспечивает высокую несущую способность и позволяет использовать в условиях больших эксплуатационных нагрузок.

Определение высокопрочного бетона дано в [2], в котором указано, что под высокопрочными следует понимать бетоны марки по прочности при сжатии более М600 (В45). Но универсальной общемировой формулировки не существует и определение высокопрочного бетона меняется по географическому и временному признаку. Например, в США [3] в 1960-х годах высокопрочным считался бетон с прочностью свыше 52 МПа, с 1970 года – более 62 МПа, а в тех регионах, где бетон класса В45 производится в промышленных масштабах, высокопрочными бетонами называют материалы с прочностью от 83 до 103 МПа. В Японии различные регламентирующая документация [4] называют высокопрочными бетоны с прочностью более 36 МПа, более 50 МПа или – в пределах от 60 до 100 МПа.

Со второй половины XIX века, когда бетон получил массовое распространение в связи с развитием производства портландцемента, современные бетоны претерпели значительные изменения, как в технологии приготовления, так и в показателях эксплуатационных свойств. Многокомпонентность бетонных смесей стала основой высокого качества и надежности композита. Растущие архитектурные и строительные требования к зданиям потребовали создания бетонов, способных обеспечивать особые свойства: высокая прочность для обеспечения несущих характеристик многоэтажных зданий, низкая плотность для снижения массы строительных конструкций, стойкость к действию эксплуатационных факторов (агрессивные среды, циклические воздействия температур и нагрузок различной интенсивности и т.д.) для повышения долговечности. Одним из таких бетонов, получившим в настоящее время широкое распространение является высокопрочный бетон.

Наиболее наглядными примерами использования высокопрочных бетонов в строительной практике можно назвать высотные объекты в США (рисунок 1) [5].

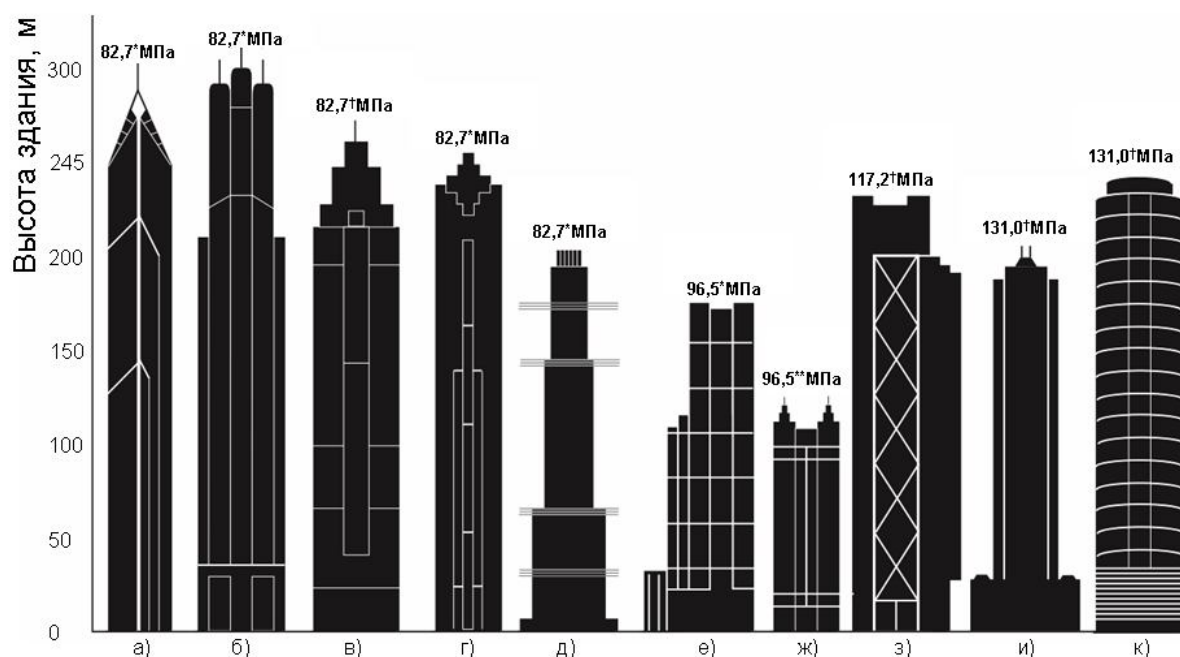


Рисунок 1 – Опыт применение высокопрочных бетонов в строительстве высотных зданий в США в 1989...1991-х годах:

а – «Two Prudential Plaza», Чикаго; б – «311 South Wacker Drive», Чикаго; в – «Society center», Клеверленд; г – «One Peachtree Center», Атланта; д – «Trump Palace», Нью-Йорк; е – «Drain Bosworth Tower», Миннеаполис; ж – «225 West



Wacker Drive», Чикаго; з – «Gateway Tower», Сиэтл; и – «Pacific First Center», Сиэтл; к – «Two Union Square», Сиэтл.

Примечания: \* – с применением железобетонного каркаса; † – с применением композитного бетона и металлического каркаса; \*\* – с применением экспериментальной колонны прочностью 117,2 МПа

Как видно из рисунка 1, опыт применения высокопрочных бетонов в строительстве высотных зданий в США имелся уже в конце 80-х годов XX века. Причем строительство зданий осуществлялось с использованием бетона прочностью более 80 МПа, что позволило возводить объекты высотой до 300 м. Применение высокопрочных бетонов позволяет добиться уменьшения поперечного сечения изделий (колонн, ригелей, балок и других несущих элементов конструкций); увеличения несущей способности, позволяющей увеличивать длину пролетов конструкций; сокращения расхода бетона и арматуры, экономии на транспортных расходах; уменьшения сроков производства работ при ускорении процессов твердения; повышения эксплуатационных свойств при высокой плотности. Востребованность многоэтажных зданий обуславливалась растущей плотностью населения и необходимостью рационального использования городских территорий, что привело к развитию производства и применения высокопрочного бетона. Однако существенным недостатком таких объектов является чрезмерные нагрузки на фундаменты и грунты, что требовало больших затрат на подготовительных работах, устройство нулевого цикла объектов и высокой металлоёмкости строительства, несмотря на наличие прочных скальных грунтов.

Наиболее известным опытом применения высокопрочных бетонов в России является строительство Московского международного делового центра «Москва-Сити» [2, 7], где использовался бетон с классом по прочности В80...В100 и подвижностью П4...П5. Высокопрочный бетон марки М800 применялся при строительстве вантового моста во Владивостоке, соединяющий полуостров Назимова с мысом Новосильского на острове Русский (рисунок 2). Применение такого бетона позволило создать конструкцию крупнейшего вантового моста, где длина центрального пролёта составляет 1104 м, а высота каждого из двух пилонов – 320 м.

Европейский опыт применения высокопрочного бетона известен ещё в середине XX века [8]. Например, в Чикаго бетон прочностью выше 50 МПа применяли уже в 1965 году при строительстве Lake Point Tower. С 1988 по 1995 по проекту французского инженера Мишеля Вирложа при строительстве вантового моста Нормандии во Франции понадобилось 35 000 м<sup>3</sup> высокопрочного бетона прочностью 60 МПа, который использовался для возведения двух 215-метровых пилонов, основание одного из которых устроено в русле реки Сены, и консольных балок [9]. Бетон прочностью до 80 МПа использовался при строительстве двух башен Петронас в Куала-Лумпур Малайзия для локального бетонирования участков в центральном ядре, периметра колонн и несущего кольца в основании (рисунок 3).



Рисунок 2 – Применение высокопрочного бетона при строительстве пилона вантового моста на остров Русский



Рисунок 3 – Строительство башен Петронас в Куала-Лумпур из высокопрочного бетона

Отметим, что вышеперечисленные строительные объекты, где применялись высокопрочные бетоны с прочностью более 60 МПа, являются тяжелыми бетонами и обладают средней плотностью 2100-2500 кг/м<sup>3</sup>. Очевидно, что для достижения требуемых архитектурных и конструктивных свойств зданий и сооружений требуется обеспечить высокую несущую способность оснований и фундаментов или сократить вес конструктивных элементов, сохранив прочностные показатели.

Большая несущая способность и общедоступность высокопрочного бетона, несомненно, позволяют широко применять его при строительстве зданий и сооружений различной сложности. Но увеличение высотности зданий, пролетов несущих конструкций требуют особого подхода к основаниям, прочность которых должна быть достаточно для возведения спроектированного объекта. При строительстве небоскребов по мере увеличения этажности растет нагрузка на более низкие этажи, поэтому прочность и вес конструкций должен снижаться. В связи с этим целесообразно использовать высокопрочные бетоны в ответственных несущих конструкциях, а ограждающие элементы здания выполнять из более лёгких материалов.

Снижение веса здания можно достичь заменой тяжелых строительных материалов на менее плотные. Для этого в качестве ограждающих конструкций могут использоваться лёгкие бетоны, которые бы обеспечили хорошую тепло- и звукоизоляцию, существенно уменьшив нагрузку на несущие элементы. Применение лёгкого бетона снижает трудозатраты при строительстве, уменьшает расходы на транспортные, погрузочно-разгрузочные и другие сопутствующие работы, а также снижает требования к теплоизоляционным работам для ограждающих конструкций. Эффективность применения лёгких бетонов составляет не менее 40%.

Кроме того, существующие недостатки лёгких бетонов осложняют их промышленное применение. Во-первых, высокая вариативность плотности и прочности пористого заполнителя затрудняет обеспечение стабильности технологического процесса. Во-вторых, пористый заполнитель поглощает воду из бетонной смеси вследствие формирования капиллярно-плотной оболочки вокруг ядра, что приводит к недостатку воды и требует увеличения водоцементного отношения. В-третьих, увеличение содержания воды в бетонной смеси приводит к ее расслоению, связанной с всплыванием пористого заполнителя на поверхности в низковязких системах.

Развитие технологии лёгких бетонов обеспечивает разработку составов, обладающих высокой прочностью и низкой средней плотностью. Такой эффект достигается за счёт использования пористого наполнителя и/или применения наноразмерных модификаторов. Зарубежный и отечественный опыт по разработке высокопрочных лёгких бетонов показывает, что наилучшие результаты в этом направлении получены при использовании новых наполнителей – полых микросфер [10]. В настоящее время применение микросфер ориентировано в основном для улучшения или модификации свойств материалов на основе различных полимеров [11...15]. В последнее время микросферы все больше используются в нефтегазодобывающей и строительной отрасли при производстве цементосодержащих строительных материалов: тампонажных растворов, наливных полов, кладочных

растворах и так далее. Использование полых микросфер в строительных материалах позволяет обеспечивать требуемые параметры физико-механических свойств за счёт высокой прочности материала стенки, близкой к идеальной сфере формой частиц, не большим и однородным фракционным составом и низкой плотности.

Лёгкими бетонами в соответствии с [16] принято называть бетоны со средней плотностью менее 2000 кг/м<sup>3</sup>. Преимуществом изделий из таких бетонов является не большой вес и низкая теплопроводность. Как правило, применение лёгких бетонов из-за невысокой прочности ограничивается строительством слабонесущих и ограждающих конструкций. Однако, сочетание низкой плотности, характерной для лёгких бетонов, и высокой прочности, присущей высокопрочным бетонам, позволяет значительно расширить область применения лёгких бетонов. Применение такого материала обеспечивает здания и сооружения с одной стороны требуемыми прочностными свойствами, а с другой стороны позволяет существенно сэкономить на общем весе. Для оценки технической эффективности применения строительных материалов зачастую используется показатель удельной прочности, характеризующий величину предела прочности при сжатии на единицу относительной плотности.

$$R_{уд} = \frac{R_{сж}}{\rho_{отн}}, \quad (1.2)$$

где  $R_{сж}$  – предел прочности при сжатии, МПа,  $\rho_{отн}$  – относительная плотность.

Для высокопрочных тяжелых бетонов удельная прочность  $R_{уд} \geq 25$  МПа. Таким образом, решение выше обозначенной проблемы достигается применением лёгких бетонов, обладающих удельной прочностью более 25 МПа.

Исследователи во всем мире стремятся создать такой универсальный материал как высокопрочный лёгкий бетон (ВПЛБ). Мировой опыт показывает, что добиться высокой удельной прочности лёгких бетонов можно за счёт использования особопрочных заполнителей, оптимизации и подбора компонентов каркасообразующей составляющей и/или за счёт применения наномодификаторов. Отечественные и зарубежные разработки, направленные на увеличение физико-механических характеристик лёгких бетонов, уже реализованы в строительстве.

Так, в 2007 году в работе [17] описаны составы высокопрочного лёгкого бетона на керамзитовом наполнителе с маркой по плотности D1800 и удельной прочностью от 25,5 до 47,2 МПа. Пономаревым А.Н. разработаны составы нанобетона [18, 19], которые успешно апробированы при реконструкции моста через р. Волга в г. Кимры. Использование в составе базальтового микроволокна (длина 500 мкм, диаметр 10 мкм), модифицированного полиэдральными многослойными углеродными наноструктурами фуллероидного типа позволило получить составы бетона, наполненные полыми алюмосиликатными микросферами, со средней плотностью 1630...1680 кг/м<sup>3</sup> и пределом прочности при сжатии 42,7...46,9 МПа. При этом удельная прочность таких бетонов составляет 25,4...28,7 МПа. Бразильские ученые [20] в 2003 году предложили составы более высокопрочного лёгкого бетона на местных заполнителях. При расходе цемента от 440 до 710 кг/м<sup>3</sup> через 28 дней естественного твердения прочность при сжатии бетона варьировалась от 39,5 до 53,6 МПа, а плотность от 1460 до 1605 кг/м<sup>3</sup>, соответственно,  $R_{уд}$  составила 24,6...30,7 МПа. В Японии [21] в связи с ростом автомобильного трафика реконструировали мост с целью снижения нагрузки на металлические конструкции, использовав дорожные плиты с удельной прочностью 27,1...30,3 МПа (средняя плотность 1810-1850 кг/м<sup>3</sup>).

Анализ научной литературы [22...26] показывает, что создание высокопрочных лёгких бетонов возможно с использованием полых микросфер. Керамические или стеклянные полные микросферы имеют плотность от 300 кг/м<sup>3</sup>, что позволяет регулировать плотность лёгкого бетона в широком диапазоне, изменяя их процентное содержание. Кроме того, имея сферическую форму и прочную оболочку, микросферы образуют в бетоне плотноупакованную структуру, формирующую прочный каркас. Для увеличения адгезии цементного камня к поверхности микросфер применяются различные кремнезёмсодержащие модификаторы, например микрокремнезём или силан-адгезивы, препятствующие образованию трещин на границе раздела фаз.



Рисунок 4 – Мост «Stolma bridge» в Норвегии, построенный из высокопрочного лёгкого бетона

В 1999 году на юге Норвегии был построен самый большой мост «Stolma bridge» свободной консольной конструкции с длиной основного пролета 301 м (рисунок 4) [25].

Особенностью конструкции моста «Stolma bridge» является применение лёгкого бетона плотностью 1931 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 70 МПа при бетонировании 182 метров центральной части моста. Снижение веса центрального элемента конструкции позволило распределить нагрузки на колонны, несущая способность которых воспринимает лишь 90% массы надводной части. В состав используемого при строительстве бетона использовался высокопрочный цемент (420 кг/м<sup>3</sup>), микрокремнезём (35 кг/м<sup>3</sup>), песок (700 кг/м<sup>3</sup>), лёгкий наполнитель Leca-800 (600 кг/м<sup>3</sup>) и вода в количестве 208 л/м<sup>3</sup>. За счёт



применения пористого наполнителя В/Ц отношение составило 0,495, что позволило получить бетон марки LC60 с удельной прочностью 36,5 МПа.

Другие результаты исследований по разработке облегченных и лёгких бетонов с повышенной прочностью представлены в таблице 1 и рисунок 5 [26]. При этом для реализации представленных проектов использовались традиционные пористые заполнители керамзит, пемза, керамзитовый песок и т.д.

Таблица 1 – Мировой опыт разработки лёгких бетонов с повышенной прочностью.

Год	Страна	Предел прочности при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельная прочность, МПа	Источник
1997	Кувейт	45,0...50,0	1800...1850	25,0...27,0	[29]
1999	Норвегия	65,0...70,0	1900...1930	34,2...36,2	[25]
1999	Кувейт	20,0...22,0	1500...1520	13,3...14,4	[28]
2002	Германия	14,0...25,0	1800...1850	7,5...15,0	[22]
2003	Бразилия	40,0...50,0	1450...1600	24,5...30,5	[20]
2003	Турция	30,0...40,0	1800...1860	16,1...22,2	[27]
2004	Япония	47,0...54,0	1800...1850	27,5...30,0	[21]
2007	Россия	46,0...61,0	1800...1850	25,5...33,8	[17]
2007	Россия	42,0...48,0	1600...1650	25,4...28,7	[18]
2010	Малайзия	43,0...48,0	1870...1990	22,9...24,1	[30]
2011	Турция	42,0...60,0	1840...1960	22,8...30,6	[31]
2011	Португалия	40,0...80,0	1500...2000	26,6...40,0	[32]
2012	НОЦ НТ	40,0...70,0	1300...1500	30,0...50,0	–

Анализ данных из таблицы 1 и зависимости предела прочности при сжатии от средней плотности бетона (рисунка 5) показывает, что применение керамзитовых заполнителей позволят достигнуть высоких показателей удельной прочности до 30 МПа. Но развитие производств новых эффективных заполнителей позволит существенно расширить возможности создания лёгких бетонов с высокой прочностью. Как видно, опыт ученых из разных стран свидетельствует о том, что высокие значения удельной прочности достижимы в верхних границах плотностей лёгких бетонов при  $\rho_{\text{ср}} \geq 1800 \text{ кг/м}^3$  ( $R_{\text{уд}} \geq 55 \text{ МПа}$ , а в перспективе  $R_{\text{уд}} \geq 62 \text{ МПа}$  при  $\rho_{\text{ср}} \geq 1600 \text{ кг/м}^3$ ). При дальнейшем снижении плотности показатель технической эффективности не превышает 35 МПа. На рисунке 5 видно, что текущие результаты с учетом мирового опыта и наработок не позволяют существенно снизить среднюю плотность и сохранить прочность бетона, но появление новых заполнителей с высокой прочностью и модификаторов для повышения адгезии цементного камня обеспечит качественный рост комплекса показателей средняя плотность и прочность.

Кроме того, в настоящее время большое количество трудов профессора Орешкина [33...35], посвящено созданию строительных материалов на полых микросферах, которые показали свою эффективность.

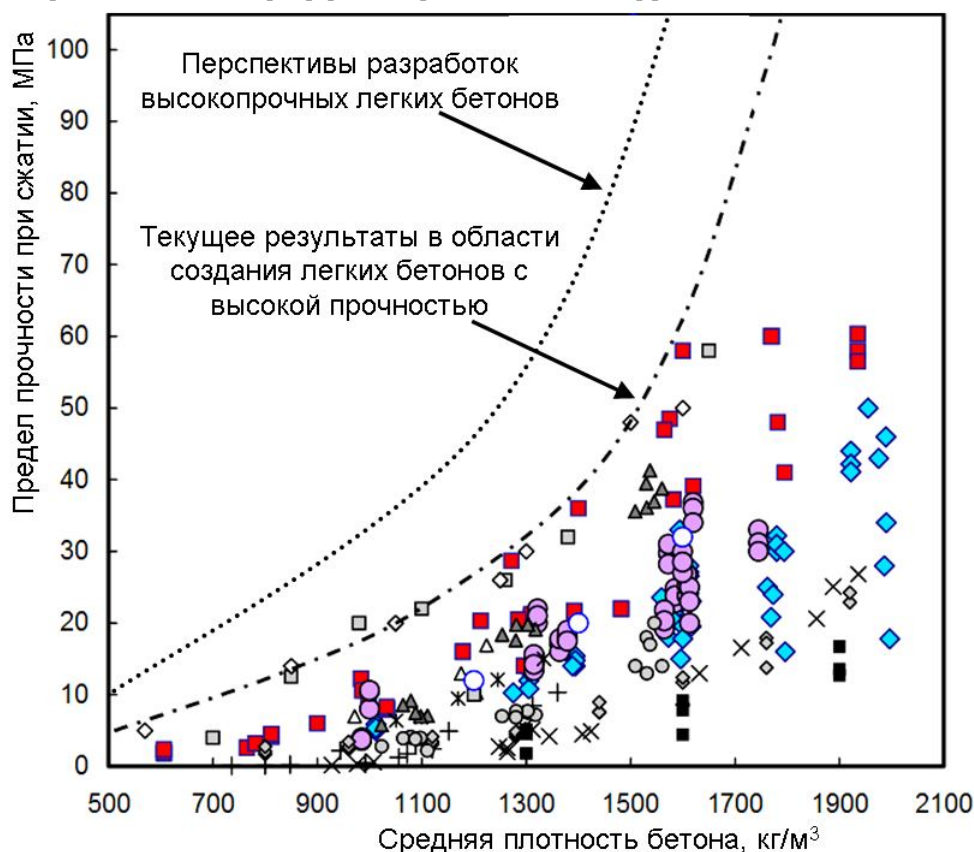


Рисунок 5 – Перспективы разработки высокопрочных лёгких бетонов

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о перспективности разработки составов высокопрочных лёгких бетонов с высоким показателем удельной прочности ( $R_{\text{уд}} \geq 30 \text{ МПа}$ ), которые будут востребованы при изготовлении изделий в гражданском и промышленном строительстве, монолитном строительстве, при возведении сооружений специального назначения. Использование предлагаемых бетонов как материала конструкционного назначения с высоким показателем физико-механических и теплоизолирующих свойств обеспечивает эффективность применения такого бетона не менее 30 % [36]. При этом в процессе эксплуатации здания энергопотребление сокращается более чем на 25 %.

В лабораториях НОЦ «Нанотехнологии» МГСУ разработаны составы энергоэффективных наномодифицированных высокопрочных лёгких бетонов. В качестве наполнителя, определяющего плотность бетона, использовались полые стеклянные или алюмосиликатные микросферы, поверхность которых модифицирована комплексным наноразмерным модификатором на основе золь гидроксида железа и золя кремниевой кислоты. Для снижения водопотребности и увеличения подвижности смеси состав включает пластифицирующую добавку на поликарбоксилатной основе. Соотношение составных частей бетона

определяется требуемыми физико-механическими показателями изделия и проектируется для каждой марки по плотности индивидуально.

Оптимизированные составы энергоэффективных наномодифицированных высокопрочных лёгких бетонов позволяют получать состав любой марки по плотности, получая как облегченный бетон, так и лёгкий бетон со средней плотностью менее 2000 кг/м<sup>3</sup>.

Очевидно, что важнейшим фактором для физико-механических свойств бетона является наполнитель (полые микросферы). Их содержание позволяет регулировать плотность бетона, а также его прочность посредством регулирования плотности упаковки каркаса частиц. Прочность бетона будет зависеть от прочности оболочки микросфер и прочности цементно-минеральной матрицы, обволакивающей частицы наполнителя. Для увеличения прочности оболочки полых микросфер и адгезии на границе раздела фаз предлагается использовать комплексный наноразмерный модификатор. Образуя кремний-кислородный каркас, выступающий стабилизатором наночастиц гидроксида переходного элемента, на поверхности микросфер, модификатор создает вторичную оболочку, схожую по составу с материалом носителя. Кроме того компоненты наномодификатора являются активными по отношению к цементу и продуктам его гидратации. Так золь Fe(OH)<sub>3</sub> способствует увеличению гидратационной активности цемента, а активный нанокремнезем связывает гидроксид Са, образуя силикаты кальция CSH и упрочняя зону контакта цементного камня и заполнителя [37].

Получены составы высокопрочных лёгких бетонов со средней плотностью 1300...1500 кг/м<sup>3</sup> и определены базовые показатели прочности при сжатии с использованием стеклянных и алюмосиликатных полых микросфер, которые составили значения в диапазоне 40,0...70,0 МПа [38]. Удельная прочность таких составов варьируется от 30,0 до 50,0 МПа.

Таблица 2 – Некоторые параметры энергоэффективного наномодифицированного высокопрочного лёгкого бетона

Наименование показателя	Значение показателя
Подвижность по диаметру расплыва конуса, мм	не менее 155
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1300...1500
Общая пористость, % в том числе: закрытая открытая	33,4 31,9 1,5
Предел прочности при изгибе, МПа	5,0...8,0
Предел прочности при сжатии, МПа	40,0...70,0
Удельная прочность, МПа	40,0...45,0
Коэффициент трещиностойкости	0,10...0,12
Коэффициент трещиностойкости по методу МИИТ	0,27...0,42
Модуль упругости, ГПа	9,5...15,2
Коэффициент Пуассона	0,13...0,15
Водопоглощение по массе, %	1,0
Коэффициент водостойкости	0,95
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,48...0,70
Коэффициент температуропроводности, ·10 <sup>-7</sup> м <sup>2</sup> /с	3,43...4,04
Удельная теплоемкость (при T = 25 °C), кДж/(кг·K)	1,08...1,17
Морозостойкость	F300

Таким образом, получены составы энергоэффективных наномодифицированных высокопрочных лёгких бетонов с высоким показателем технической эффективности  $R_{уд} \geq 30$  МПа, что позволяет существенно расширить область применения лёгких бетонов. Такие бетоны позволяют более чем на 40% уменьшить нагрузку на конструктивные элементы здания, сохранить несущие характеристики и улучшить теплофизические свойства (таблица 2).

а)



б)



Рисунок 6 – Фотографии зданий со сложной архитектурой:

а – «Танцующий дом» (Прага, Чехия), б – Жилой комплекс Хабитат (г. Монреаль, Канада)

Снижение веса конструктивных элементов зданий позволит решать сложные архитектурные задачи и расширит область применения бетонов при строительстве многоэтажных и высотных зданий, возведении большепролетных сооружений, устройстве сложных строительных объектов, где применение высокоплотных материалов не возможно. Кроме того, такие бетоны могут быть рекомендованы для строительства в сейсмоопасных районах или в местах пролегания подземных коммуникаций (линии метрополитена, тоннели и т.д.).

Снижение веса конструктивных элементов зданий позволит решать сложные архитектурные задачи (рисунок 6) и расширит область применения лёгких бетонов при строительстве многоэтажных и высотных зданий, возведении большепролетных сооружений, устройстве сложных строительных объектов, где применение высокоплотных материалов не возможно.

#### Литература

1. Россия в цифрах – 2012 г. // Федеральная служба государственной статистики, URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b11\\_11/IssWWW.exe/Stg/d1/05-01.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b11_11/IssWWW.exe/Stg/d1/05-01.htm) (дата обращения: 02.08.2012)
2. «Рекомендации по технологии изготовления конструкций из высокопрочных бетонов, разработанными НИИЖБ и НИИСК», Москва, 1987. – с. 53.
3. American Concrete Institute, «State-of-the-Art Report on High Strength Concrete», ACI Manual of Concrete Practice, – 1997 – Part 1.
4. Kawai T. State of the art report on high-strength concrete in Japan. Recent developments and applications, 2007. – P. 87-107.
5. High-strength concrete / Concrete technology today. – 1994. – V.15, №1. – P. 1-4.
6. Карпенко Н.И., Каприелов С.С., Ромкин Д.С. и др. Результаты исследования физико-механических и реологических характеристик высокопрочного бетона // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт, 2009. – №1. – С. 28-37.
7. Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И. и др. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружения ММДЦ «Москва-Сити» // Строительные материалы. – 2006. – №10. – С. 13-18.
8. Benedict T. Laogan, S. Elnashai. Structural performance and economics of tall high strength RC building in seismic regions the structural design of tall building // Struct. Design Tall Build. – 1999. – №8. – P. 171-204.
9. Bimson D. T. O. A critical analysis of the pont de Normandie cable-stayed bridge, Proceedings of Bridge Engineering 2 Conference, 2007.
10. Орешкин Д.В. Полые микросферы – эффективный наполнитель в строительные и тампонажные растворы / Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семенов В.С., Кретова У.Е. // Промышленное и гражданское строительство, – 2010. – №9. – С. 50-51.
11. Иноземцев А.С. Полые микросферы – эффективный наполнитель для высокопрочных легких бетонов / Иноземцев А.С., Королев Е.В. // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – №10. – С. 80-83.
12. Королев Е.В. Принцип реализации нанотехнологии в строительном материаловедении // Журнал «Строительные материалы» – 2013. – №6. – С. 60-64.
13. Гайдаров М. М-Р., Сутырин А.В., Юсупходжаев М.А. Облегченные буровые растворы на углеводородной основе с добавкой микросфер // Газовая промышленность, – 2007. – № 12. – С. 66-68.
14. Сокол Э.В., Спирин С.А., Максимова Н.В., Нигматулина Е.Н., Френкель А.Э. Полые силикатные микросферы из золы-уноса угля Челябинского бассейна // Минералогия техногенеза - 2000, Миасс. 2000. – С. 146-165.
15. Гладких И.В., Волюшкина Е.П. Безобжиговые теплоизоляционные материалы на основе зольных микросфер из золоотвала Западно-Сибирской ТЭЦ // Журнал «Известия вузов. Черная металлургия». 2008. – № 4. – С. 49-53.
16. ГОСТ 25820-2000 «Бетоны лёгкие. Технические условия».
17. Андрианов А.А. Состав, ползучесть высокопрочного лёгкого бетона из смесей высокоподвижной и литой консистенции с модификаторами на органоминеральной основе / Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Москва: ФГУП НИЦ «Строительство», 2007. – 15 с.
18. Пат. 2355656 С2 РФ, МПК C04B28/02. Бетонная смесь / Пономарев А.Н., Юдович М.И. - Опубл. 20.05.2009. – 3 с.
19. Фиговский О.Л., Бейлин Д. А., Пономарев А.Н. Успехи применения нанотехнологий в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». – 2012. – № 3. – С. 6-22.
20. Rossignolo JA, Agnesini MVC, Morais JA. Properties of highperformance LWAC for precast structures with Brazilian lightweight aggregates. Cem. Con. Compo., 2003. – №25. – P. 77-82.
21. Technical Report Ishikawajimiharima // Evaluation of fatigue durability precast PC slab lightweight high-strength, 2004. – Vol. 44, №2. – P. 83-90.
22. S. P. McBride, A. Shukla, A. Bose, Processing and characterization of a lightweight concrete using cenospheres // Journal of materials science, 2002. – №37. – P. 4217-4225.
23. Jun-Yan Wang, Min-Hong Zhang, Wei Li, Kok-Seng Chia, Richard J.Y. Liew, Stability of cenospheres in lightweight cement composites in terms of alkali-silica reaction // Cement and Concrete Research. – 2012. – Vol. 42, №5. – P. 721-727.
24. F. Blanco, P. Garcí a P. Mateos, J. Ayala, Characteristics and properties of lightweight concrete manufactured with cenospheres // Cement and Concrete Research. – 2012. – Vol. 30, №11. – P. 1715-1722.
25. Document BE96 - 3942/R14. Structural LWAC: Specification and guideline for materials and production, 2000. – p. 69.
26. Assoc Prof WEE Tiong-Huan Recent developments in lightweight high strength concrete with and without aggregates”, The Third International Conference on Construction Materials: Performance, Innovations and Structural Implications, University of British Columbia, Vancouver. Canada, 2005. – 22-24.
27. Ergul Yasar, Cengiz Duran Atis, Alaettin Kilic, Hasan Gulsen, Strength properties of lightweight concrete made with basaltic pumice and fly ash// Materials Letters, 2003. – № 57. – P. 2267-2270.
28. Jamal Alduaij, Khalid Alshaleh, M Naseer Haque, Khalid Ellaithy, Lightweight concrete in hot coastal areas // Cement and Concrete Composites, 1999. – Vol. 21, №5-6. – P. 453-458.
29. Al-Khaiat H., Haque M.N. Effect of initial curing on early strength and physical properties of a lightweight concrete // Cement and Concrete Research, 1998. – Vol. 28, №6. – P. 859-866.
30. Payam Shafigh, Mohd Zamin Jumaat, Hilmi Mahmud Oil palm shell as a lightweight aggregate for production high strength lightweight concrete // Construction and Building Materials, 2011. – Vol. 25, № 4. – P. 1848-1853.
31. Niyazi Ugur Kockal, Ozturan T. Strength and elastic properties of structural lightweight concretes // Materials and Design, 2011. – Vol. 32, № 4. – P. 2396-2403.
32. Hugo Costa, Eduardo Júlio, Lourenço J. New approach for shrinkage prediction of high-strength lightweight aggregate concrete // Construction and Building Materials, 2012. – Vol. 35. – P. 84-91.
33. Кириллов К.И. Эффективный тампонажный раствор с полыми стеклянными микросферами / Кириллов К.И., Орешкин Д.В., Ляпидевская О.Б. // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2006. – №3. – С. 40-41.
34. Семенов В.С. Свойства облегченных кладочных растворов с полыми стеклянными микросферами и противоморозными добавками / Семенов В.С., Орешкин Д.В., Розовская Т.А. // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – №3. – С. 9-11.

35. Орешкин Д.В. Облегченные и сверхлегкие цементные растворы для строительства // Строительные материалы. – 2010. – №6. – С. 34-37.
36. Иноземцев А.С. Королев Е.В. Экономические предпосылки внедрения высокопрочных лёгких бетонов // Научно-технический вестник Поволжья. – Казань: ООО «Научно-технический вестник Поволжья», – 2012. – №5. – С. 198-205.
37. Иноземцев А.С. Королев Е.В. Прочность наномодифицированных высокопрочных лёгких бетонов // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. – Москва: ООО «ЦНТ «НаноСтроительство» – 2013. – №1. – С.24-38.
38. Иноземцев А.С. Королев Е.В. Особенности реологических свойств высокопрочных лёгких бетонов на полых микросферах // Вестник МГСУ. – 2013. – №6. – С.100-108.

Вильданов Р.Г.<sup>1</sup>, Исхаков Р.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор; <sup>2</sup>студент, Уфимский государственный нефтяной технический университет

#### ОБРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*Аннотация*

В статье изучена зависимость потерь на перемагничивание от параметров дефектов: глубины и объема дефекта, а также от толщины металла изделия. Показано, что имеется однозначная монотонная зависимость амплитуды выходного сигнала датчика от объема дефекта. Установлено, что с ростом толщины пластины потери на гистерезис растут. Предложено обрабатывать диагностическую информацию с помощью нейронных сетей.

**Ключевые слова:** диагностика, нейронная сеть, неразрушающий контроль.

Vildanov R.G.<sup>1</sup>, Iskhakov R.R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doctor of technical sciences, professor; <sup>2</sup>student, Ufa State Petroleum Technical University

#### PROCESSING OF DIAGNOSTIC INFORMATION ON THE BASIS OF NEURAL NETWORKS

*Abstract*

The article considered the dependence of loss reversal of defects parameters: the depth and scope of the defect, and the thickness of metal products. It is shown that there is a single-valued monotonic dependence of the sensor output signal amplitude of the volume of the defect. It is found that with increasing plate thickness hysteresis losses grow. It is proposed diagnostic information processing by neural networks.

**Keywords:** diagnostics, neural network, non-destructive control.

Актуальность исследований в задачах неразрушающего контроля очевидное применение нейронных сетей – это распознавание дефектов по сигналам прибора неразрушающего контроля (НК).

Диагностическая информационно-измерительная система с нейронной сетью может выполнять следующие функции:

- мониторинг напряжённо-деформированного состояния потенциально опасных металлоконструкций в процессе их эксплуатации;

- обнаружение и оценка коррозионных поражений на внутренней поверхности оболочковых металлоконструкций;

- выявление характера и стадии коррозии, определение степени язвенности и глубину отдельных язвенных поражений.

Нейронная сеть дает ряд преимуществ:

1. Уменьшение время на данную операцию.

2. Уменьшение вероятности ошибки.

3. Если программный комплекс будет включать экспертную систему, то программный комплекс сможет оценить возможную причину брака и выработать рекомендации по методам его устранения (снижения). Экспертная система имеет возможность оценить процент брака при выборочных методах контроля.

В работе приведено исследование зависимости потерь на гистерезис в пластине из сталей Ст3 и 09Г2С на частоте 100 Гц от толщины пластины. Установлено, что с ростом толщины пластины потери на гистерезис растут. Это объясняется тем, что с увеличением толщины увеличивается масса перемагничиваемого металла, что приводит к росту потерь на гистерезис. Проведены исследования зависимости высших гармоник от толщины металла. Наблюдается закономерность снижения потерь при уменьшении толщины изделия. Однако чувствительность датчика на высших гармониках в десятки раз выше чувствительности на основной гармонике. На основной гармонике при изменении толщины от 10 мм до 6 мм выходной сигнал уменьшился лишь на 17%, в то время как уменьшение сигнала на пятой гармонике составило 250% [1].

Изучена зависимость потерь на гистерезис в стальной пластине из сталей Ст3 и 09Г2С на частоте 40 Гц от глубины дефекта. Сигнал изменяется от 1,1 мВг до 1,5 мВг при изменении глубины дефекта от 1,5 мм до 4 мм. Установлено, что с увеличением глубины дефекта потери на гистерезис уменьшаются. Это объясняется тем, что с увеличением глубины дефекта уменьшается масса перемагничиваемого металла, что приводит к снижению потерь на гистерезис [2,3].

Также исследована зависимость полных потерь от температуры. С увеличением температуры образца потери на перемагничивание увеличиваются. Исследована зависимость потерь на гистерезис и полных потерь в стальной пластине из сталей Ст3 и 09Г2С на частоте 100 Гц от объема дефекта. Установлено, что чем больше объем дефекта, тем меньше потерь перемагничивания, так как с увеличением объема дефекта уменьшается масса металла, вовлекаемого в процесс перемагничивания [1].

Зависимости выходного сигнала от объема дефекта получены с помощью спектрального анализатора. Получена однозначная монотонная зависимость амплитуды выходного сигнала датчика от объема дефекта. Обнаружено изменение наклона кривых в зоне больших объемов, что объясняется, по-видимому, изменением соотношения между потерями на гистерезис и потерями на вихревые токи. Также видно, что чувствительность на высших гармониках в десятки раз выше, чем на основной гармонике. Так, на основной гармонике 25 Гц при изменении объема дефекта от 2500 мм<sup>3</sup> до 100 мм<sup>3</sup> выходной сигнал изменился на 17%, в то время как на шестой гармонике изменение выходного сигнала составило 680% [2].

На рисунке 1 показана зависимость изменения 4-ой гармонической составляющей от механических напряжений для стали 09Г2С.

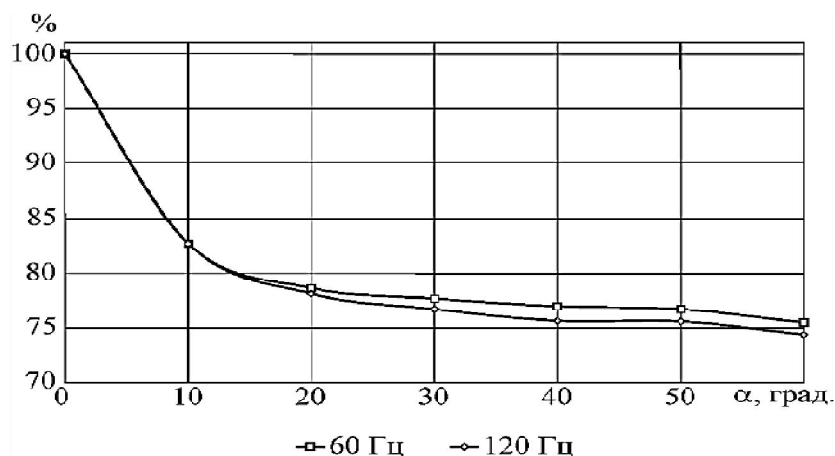


Рисунок 1 – Зависимость изменения 4-ой гармонической составляющей от механических напряжений для стали 09Г2С

Из рисунка видно, что имеется монотонная зависимость выходного сигнала в процентах от механических напряжений кручения, измеряемых в градусах.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что чувствительность датчика к дефектам больше на высших гармониках и анализ гармоник сигнала датчика является перспективным направлением в разработке средств неразрушающего контроля, основанных на измерении потерь перемагничивания. При реализации нейронной сети предложена нейросеть с пятнадцатью слоями, семью входными данными и тремя выходными.

#### Литература

1. Ибрагимов И.Г., Вильданов Р.Г. Разработка датчика для контроля напряженно-деформированного состояния металлических конструкций. Нефтегазовое дело. 2008. Т. 6. № 1. С. 126-128.
2. Вильданов Р.Г. Датчик для оценки напряженно-деформированного состояния металлоконструкций. 2010. № 10. С. 44-48.
3. Вильданов Р.Г., Исаков Р.Р. Информационно-измерительная система на основе нейронных сетей. – Салават: СФ УГНТУ, 2013.

**Коваленко В.А.**

Аспирант, Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина

#### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ДИСТРИБУТИВОВ LINUX

#### Аннотация

*В настоящей статье анализируется динамика роста востребованности дистрибутивов Linux за 2010-2013 года. Обсуждены ключевые факторы влияющие на данный процесс. Рассматриваются основные достоинства и недостатки ОС Linux сквозь призму современных тенденций.*

**Ключевые слова:** свободное программное обеспечение, операционные системы, дистрибутивы Linux

**Kovalenko V.A.**

PhD Student, Ryazan state university named after S.A. Esenin

#### CURRENT TRENDS AND PROMOTION OF LINUX OPERATION SYSTEM

#### Abstract

*This article presents an analysis of growing dynamics for demand on Linux from 2010 to 2013. The main factors influencing the process are explained. Also the article describes basic advantages and disadvantages of the Linux operating system in terms of recent trends.*

**Keywords:** opensource software, operation system, Linux

На протяжении 20 лет, процесс популяризации Linux, де-факто, происходит автоматически. Специалисты знакомые с философией свободного программного обеспечения (СПО), характеризуют это движение хаотичным и безостановочным, в следствии того, что данный процесс сам по себе является неконтролируемым. До недавнего времени, распространение Linux протекало в медленном темпе — сказывались такие факторы как инертность общества и свободное течение разработки. Однако, в течении последних несколько лет, происходят кардинальные изменения способствующие широкому распространению свободного программного обеспечения по всему миру. Ошибочно предполагать, что основная цель популяризации заключается лишь в том, чтобы как можно большие массы узнали о существовании Linux. Прежде всего играет роль психологическая составляющая. Человек должен осознать, что он получит от использования этой операционной системы, какие новшества прибавятся для удобства в работе и личной жизни, не забывая при этом об экономии средств и времени.

Любая тематика связанная со свободным программным обеспечением напрямую или косвенно связана с операционной системой Linux или ее кастомизациями. Многие начинающие пользователи критикуют Linux и принципиально отказываются ее использовать, поддаваясь влиянию эфемерных мифов и домыслов присущих этой операционной системе. Критики ссылаются на сложные процессы установки и настройки данной операционной системы. Это мнение зародилось более пятнадцати лет назад и по инерции дошло до наших дней в качестве укоренившихся в сознании стереотипов. Ярким примером, позволяющим убедиться в субъективности стереотипов касательно Linux, является всенародная популярность продукции компании Apple. Все гаджеты Apple работают под различными модификациями операционной системой Mac OS X, которая в свою очередь, как и Linux, базируется на POSIX-совместимом наборе основных компонентов. Немногие знают, что большинство бортовых компьютеров автомобилей и самолетов, мобильных устройств, сетевого оборудования, телевизоры и прочая бытовая техника в качестве системной составляющей используют именно ядро Linux. В итоге практически каждый человек так или иначе сталкивается с Linux в повседневной жизни не подозревая об этом. Таким образом камнем преткновения для использования дистрибутивов Linux является сугубо психологический фактор, нежели сложность технической составляющей операционной системы.

Разработчики дистрибутивов Linux постоянно упрощают работу с платформой во всех отношениях, стремясь завоевать среднестатистического пользователя. Начиная с 2010 года ведется активная деятельность нацеленная на популяризацию Linux среди населения. Метод оценки числа пользователей дистрибутивов основан на косвенных признаках, в следствии чего всегда имеет приблизительный характер. Популярность оценивается такими факторами как число загруженных копий операционной системы и интенсивность установки обновлений с уникальных IP-адресов. Согласно статистике, самым востребованным Linux дистрибутивом является Ubuntu, спонсируемая компанией Canonical. Число пользователей Ubuntu в 2008 году составило 8 млн, в 2010 году — 12 млн. По последним официальным данным на конец 2012 года, Ubuntu используют 20 млн человек [1]. По

независимой оценке сервиса StatCounter, доля Linux относительно десктоп-систем составляет в России — 0.96%, в Украине — 1.14%, в Беларуси — 0.69%, в США и Великобритании — 0.73%. Из развитых стран наиболее активно Linux используется в Финляндии (2.31%), Испании (1.89%), Франции (1.73%), Италии (1.54%) и Германии (1.26%). Лидером остается Куба с показателем 6.33%. Замыкает двадцатку наиболее активно использующих Linux стран Индия (1.26%) [2]. Исследовательская компания Net Applications [3] так же опубликовала общемировую статистику использования наиболее популярных операционных систем для настольных ПК. В итоге за период с марта 2011 года по январь 2012 доля Linux выросла с 1% до 1.56%. Анализ системы OpenStat [4] за январь 2012 года предоставляет непосредственный срез статистики по российскому сегменту пользователей. Согласно результатам OpenStat, доля Linux в России составляет 4.04%, что значительно отличается от общемировых показателей.

По мнению аналитиков, рост востребованности дистрибутивов Linux связан с изменением вектора развития операционной системы как таковой. Основной упор делается на совершенствование пользовательского интерфейса, его адаптацию к современным широкоформатным экранам мониторов, ноутбуков, нетбуков, планшетных компьютеров и смартфонов. Важную роль играет активная интеграция операционной системы с социальными и облачными сервисами. На сегодня можно смело констатировать, что управление и конфигурирование Linux ни чуть не сложнее работы с линейкой операционных систем, поставляемых корпорацией Microsoft.

Крупные компании в области производства компьютерной техники, начинают наращивать выпуск гаджетов с предустановленной по умолчанию операционной системой Linux — это неоспоримое подтверждение намеченного тренда популяризации дистрибутивов Linux. На Ubuntu Developers Summit, 7 мая 2012 года, американская корпорация Dell анонсировала проект «Sputnik» [5], целью которого являлось изучение перспективы создания ноутбуков с набором предустановленного СПО для разработки. И уже спустя несколько месяцев, мощный ультрабук с операционной системой Ubuntu поступил в розничную продажу. И если данная модель лаптопа позиционируется в первую очередь для «продвинутых пользователей» и разработчиков, то модель ноутбука компании System 76, анонсированная и выпущенная осенью того же года, непосредственно рассчитана на целевую аудиторию «геймеров» [6]. Летом 2012 года на рынке Италии появились первые нетбуки [7], тайваньской компании Asus, с предустановленной Ubuntu и включенными в поставку Adobe Flash и набора мультимедийных кодеков. В том же году компания Raspberry Pi Foundation запустила в производство уникальный в своем роде одноплатовый компьютер размером с кредитную карту [8]. Изначально Raspberry Pi создавался как бюджетный компьютер (стоимость 25-35 долларов США) для обучения школьников базовым компьютерным наукам и программированию, но в последующем нашел отклик у энтузиастов, адаптировавших устройство под множество специфических задач. В сотрудничестве с CompuLab, команда разработчиков Linux Mint представила в середине 2012 года миниатюрный персональный компьютер, получивший название MintBox [9]. Спустя год была представлена усовершенствованная модель под названием MintBox 2 [10]. Помимо улучшенных технических характеристик, CompuLab предоставляет на данный мини-компьютер пятилетнюю гарантию. Соответственно, обе модели работают под управлением набирающего известность дистрибутива Linux Mint, отличающегося стабильностью, безопасностью и легкостью в использовании. Отечественные разработчики придерживаются аналогичной стратегии продвижения Linux и предлагают российским пользователям свои решения. Так например, компания ALT Linux сообщила о публикации первых сборок одноименного дистрибутива для планшетных компьютеров [11]. В 2013 году произошел всплеск популярности компактных компьютеров с предустановленной Linux. В апреле немецкая компания Cirrus7, занимающаяся разработкой ПК, анонсировала компьютер Nimbus [12], который будет поставляться с ОС Ubuntu. Конкурентная особенность Cirrus7 Nimbus заключается в алюминиевом корпусе способном рассеивать тепло выделяемое процессором, что позволяет избавиться от дополнительных кулеров. В конце июня, глава компании Cubieteam, Том Кьюби анонсировал вторую версию популярного мини-компьютера Cubieboard [13], стоимостью в 59 долларов США. Компания Cubieteam параллельно ведет работу над проектом Cubietruck [14]. Это еще более бюджетный open hardware мини-компьютер, совместимый с программными платформами ArchLinux, Ubuntu и Android. Упомянутая выше израильская компания CompuLab ведет собственную разработку ультракомпактного ПК под брендом Utilite. Компьютер доступен в трех конфигурациях (Value, Standart, Pro), работающих на Linux и, стоимость сборок варьируется в пределах от 100 до 220 долларов США.

В настоящее время, существует более 70 разновидностей дистрибутивов Linux, различия между которыми состоят не только во внутренних и внешних свойствах, но и часто в идеологических соображениях. Несколько десятков независимых компаний собирают дистрибутивы Linux под различными торговыми марками, внося в них свои наработки и улучшения, отбирая только стабильное и качественное программное обеспечение. По результатам опроса своих читателей американским журналом Linux Journal [15], рейтинг самых популярных Linux-проектов выглядит следующим образом: Ubuntu (наряду с производными разновидностями Kubuntu, Edubuntu и т. д.) — 30.1%, Debian — 14.7%, Linux Mint — 13.4%, Arch Linux — 10%, Fedora — 8.6%, OpenSUSE — 4.2%, Gentoo — 3.8%, CentOS — 3.3%, Slackware — 2.5%, Red Hat — 1.9%, PCLinuxOS — 1.5%, другие дистрибутивы — 3.1%. Стоит отметить так же устоявшуюся пятерку лидеров на Российском рынке: ALT Linux, ASPLinux, MOPSLinux, Linux XP, Calculate Linux.

Существуют и явные противники Linux — на протяжении долгих лет они ведут бесконечные дискуссии на тему серьезных недостатков этой системы, пытаясь доказать, что она изобилует всяческими изъянами. Практически все такие выпады в сторону Linux являются неоправданными или чаще всего скомпрометированы производителями проприетарного программного обеспечения. На такой шаг компании подталкивает ощущение опасности для своего бизнеса, так как им становится все труднее сдерживать возникающую на рынке конкуренцию со свободными программными продуктами.

Конечно же в нашем мире нет ничего идеального. Главным образом это обусловлено тем, что каждый человек имеет свое собственное представление об идеале. И то, что целиком устраивает одного пользователя, может быть весьма критично для другого. В полной мере оценка достоинств и недостатков ОС Linux достигается путем отбрасывания пессимистических предрассудков и субъективных мнений. В первую очередь рассмотрим главные преимущества, которые становятся доступны при переходе на ОС Linux.

**Экономическая эффективность.** Львиная доля дистрибутивов Linux распространяются абсолютно бесплатно. Исключение составляют лишь сборки предназначенные для высоконагруженных серверов. Такая политика позволяет совершенно легально копировать, распространять и устанавливать данную ОС на неограниченное количество рабочих станций. Без каких либо денежных затрат происходит и механизм обновления компонентов дистрибутива, способствующий поддержки операционной системы в актуальном состоянии. Этот экономический аспект особенно важно сейчас, когда Россия вступает во всемирные торговые организации и в связи с этим повсеместно ужесточилась волна проверок по фактам использования нелегального программного обеспечения учреждениями и организациями [16].

**Отсутствие пиратства.** Можно смело использовать Linux и набор соответствующего свободного распространяемого программного обеспечения, поставляемого в составе с операционной системой, не боясь за то, что копия дистрибутива окажется контрафактной продукцией. «Пиратам» просто не выгодно подделывать бесплатное программное обеспечение, поскольку это не несет никакой экономической выгоды.

**Высокая степень гибкости.** Linux одна из самых неприхотливых операционных систем с точки зрения системных требований. Кроме того, имеется возможность машинно-зависимой компиляции ядра операционной системы и необходимых для



его работы драйверов, что обеспечивает наивысшую степень производительности и быстродействия, так как при самостоятельной компиляции будут учитываться индивидуальные особенности конкретной аппаратной архитектуры.

**Нечувствительность к вирусам.** Система разграничения прав доступа к ресурсам и политика безопасности пользователей, применяющаяся в Linux, обеспечивает надежную защиту от вредоносного программного обеспечения и вирусов, распространяющихся посредством сети Интернет и многочисленных съемных устройств. В свою очередь, доступность исходных кодов программных продуктов, позволяет как специалистам, так и независимым программистам производить мониторинг и оценку кода, находить слабые места и в кратчайшие сроки устранять обнаруженные уязвимости. Компания Coverity, лидер автоматизированного тестирования кода на предмет наличия ошибок и уязвимостей, предоставила отчет [17], являющийся продуктом крупнейшего совместного частно-государственного проекта по аудиту исходных кодов открытого и проприетарного программного обеспечения. Отчет содержит результаты анализа более 37 млн строк кода 45 наиболее активно развивающихся проектов с открытым исходным кодом, а также около 300 млн строк кода 41 неназванного проприетарного ПО. Средний размер открытого ПО составляет 0.84 млн строк кода, при этом на 1000 строк кода было выявлено в среднем 0.45 дефектов. Средний размер проприетарной программы составляет 7.5 млн строк кода, где на 1000 строк кода приходится в среднем 0.64 дефекта. Было замечено, что открытые проекты очень активно реагируют на выявленные системой Coverity дефекты. Так, команда разработчиков BRL-CAD устранила более 1600 дефектов в течение 5 дней после того как авторы исследования уведомили разработчиков.

**Обширная языковая поддержка.** Linux прекрасно локализуется под множество национальных стандартов и культурных особенностей. Имеется поддержка более 40 языков, среди которых присутствуют языки с направлением текста справа налево (арабский, иврит и др.). Добиться хорошего эффекта помогает так же гибкость интерфейса — элементы управления всегда корректно адаптируются под используемую в системе локаль.

**Гуманность к другим ОС.** Это достоинство обусловлено множеством факторов. Поставляемый с Linux начальный загрузчик (Boot Loader) способен загружать практически любые операционные системы, установленные на одном оборудовании параллельно с Linux. «Дружелюбность» Linux к другим ОС достигается и за счет поддержки более сотни различных файловых систем. Linux обеспечивает взаимодействие с сетевым окружением операционных систем семейства Windows, что позволяет без проблем организовывать локальные сети между этими платформами. Благодаря эмулятору Wine и надстройке PlayOnLinux, пользователи Linux имеют возможность устанавливать и выполнять 16-, 32- и 64- битные приложения предназначенные для операционной системы Windows.

**Репозитории** — это централизованные архивы программ и библиотек, которые могут быть расположены в сети Интернет, в локальной сети или на установочном диске с операционной системой. Практически у каждого поставщика Linux есть набор своих собственных репозиторий, в которых находятся специально откомпилированные пакеты для конкретной архитектуры поставляемого дистрибутива. Такой механизм дает пользователю следующие преимущества:

- устанавливать в систему программные пакеты, без рутинного блуждания в глобальной паутине в поисках подходящее ПО;
- в репозиториях содержатся самые актуальные версии пакетов;
- решается проблема зависимостей (когда одна программа состоит в зависимости от нескольких других программ или библиотек);
- автоматический анализ системы на предмет поиска устаревших пакетов и обновление их свежими версиями;
- фрагментация пакетов избавляет дистрибутив от дублирования общих системных библиотек и компонентов, в следствие чего уменьшается общий суммарный размер дистрибутива занимаемый на жестком диске.

А теперь рассмотрим основные, ставшими хрестоматийными, недостатки или трудности, которые иногда возникают при переходе на Linux.

**Переобучение пользователей.** В основном эта проблема касается предприятий или небольших офисов, которые прилагают усилия, чтобы перейти на использование свободных программных решений. Ребром встает вопрос о переобучении кадров. Запомнить пять повторяющихся шагов и каждый раз механически повторять их гораздо легче, чем найти время изучить новые технологии. Очень удобно знать, как достичь требуемых результатов по заранее проработанной схеме, если пользователю изначально все равно, какой программный продукт для этого использовать. Изменить сложившуюся ситуацию в лучшую сторону поможет введение в образовательных учреждениях учебных дисциплин направленных на изучение основ работы с Linux, а также развитие информационной компетентности у будущих специалистов.

**Дефицит программного обеспечения.** Проблема острой нехватки прикладных программ осталась в прошлом, благодаря активному развитию облачных вычислений наряду с современными возможностями web-технологий и увеличением пропускной способности Интернет-канала, что привело к существенному доминированию web-приложений. Ключевая роль при этом отводится браузеру, так как весь спектр современных коммуникационных и прикладных средств сосредотачивается в виде онлайн-сервисов. Значимая роль в решении поставленного вопроса отводится конкурсам разработок открытого программного обеспечения, проводимые IT-компаниями. Розыгрыш денежных грантов и ценных призов мотивирует студентов вносить вклад в opensource-сообщество. Наиболее известны такие инициативные программы как Google Summer of Code [18] и Ubuntu App Showdown [19], анонсируемые корпорациями Google и Canonical соответственно.

**Проблема с периферийными устройствами.** Зачастую проблема связана с отсутствием у производителей программной поддержки для той периферийной продукции, которую они выпускают. В большинстве случаев это отсутствие в комплекте с устройством необходимых драйверов для операционной системы Linux. Решение данного вопроса происходит двумя способами: требуемое программное обеспечение разрабатывается независимыми программистами, либо производитель сам начинает принимать меры для совместимости своей продукции с платформой Linux.

**Недоступность современных компьютерных игр.** Прослеживается своеобразная интерференция доступности компьютерных игр на популярность операционной системы. Большинство компаний работающих в области игровой индустрии отказываются портировать современные компьютерные игры под платформу Linux. Причиной этому, конечно, является финансовая сторона — рынок операционной системы Linux пока слишком мал и невыгоден производителям игровых продуктов. Весомую роль играет тот факт, что приверженцы Linux предпочитают СПО и не желают обогащать коммерческие фирмы. Однако, с выходом первых презентацией новой операционной системы Windows 8, в области игровой индустрии произошел заметный всплеск активности лидирующих производителей компьютерных игр. Так, Гейб Ньюэлл прокомментировал позицию компании Valve, главой которой он является: *«Большой проблемой, которая тормозит распространение Linux, являются игры. Люди не понимают насколько важны игры для покупателей. Мы хотим, чтобы 2500 игр для Steam можно было как можно проще запустить на Linux. Это запасная стратегия. Я думаю, что Windows 8 — это катастрофа для всех в мире PC. Я считаю, что мы потеряем несколько передовых OEM-дистрибуторов, которые покинут рынок. Я думаю, многие люди потеряют свою прибыль. Если всё это окажется правдой, тогда будет хорошо иметь альтернативу.»* [20] Обозначился



радикальный перелом давший точку отсчета новому тренду, направленному на перенос игровых продуктов в Linux. 14 февраля 2013 года, компания Valve представила Linux-сообществу стабильный выпуск клиента Steam, по средствам которого продаются игры, выпущенные компанией Valve, а так же компьютерные игры сторонних разработчиков и издателей, таких как Epic Games, THQ, 2K Games, Activision, Capcom, Codemasters, Eidos Interactive, 1C, GSC Game World, id Software, SEGA, Atari, Rockstar Games, Ubisoft, Bethesda Softworks и многих других фирм, оформивших контракт на дистрибуцию. С 2010 года идет разработка библиотеки трёхмерной графики для драйверов устройств под названием Gallium3D. В середине 2013 года, на базе Gallium3D, разработчики представили реализацию трекера состояний Direct3D 9 для Linux. Это дает возможность прямого обращения к драйверам, без прослойки, транслирующей вызовы Direct3D в вызовы открытой графической библиотеки OpenGL. Благодаря чему удалось достигнуть более чем двухкратного увеличения кадровой частоты (FPS - Frames Per Second) в актуальных на сегодняшний день компьютерных играх [21].

Популяризация Linux среди десктопных систем способствует уменьшению зависимости пользователей от монополии в данной области компании Microsoft, что благотворно сказывается на дальнейшем развитии программных продуктов, так как именно конкуренция является основным двигателем прогресса и мотивирует инженеров и программистов искать все более новые технологические решения повседневных задач. Преодолеть инерцию пользовательских предпочтений могут только внешние факторы, зачастую даже не связанные с потребительскими качествами того или иного продукта. Продемонстрированная в статье динамика роста востребованности Linux среди разработчиков, производителей компьютерных игр, поставщиков оборудования и конечных пользователей позволяет сделать вывод о новом ветке в истории свободного программного обеспечения и дальнейших перспективах развития Linux, в качестве альтернативы коммерческим продуктам.

#### Литература

1. Partners // Canonical Ltd. URL: <http://canonical.com/partners> (дата: 28.08.2013)
2. Browser, OS, Search Engine including Mobile Market Share // StatCounter Global Stats; StatCounter URL: <http://gs.statcounter.com/#os-UA-monthly-201102-201104> (дата: 28.08.2013)
3. Desktop Operating System Market Share // Market Share Statistics for Internet Technologies; Net Applications.com URL: <http://netmarketshare.com> (дата: 28.08.2013)
4. Независимая аналитика // Openstat; ЗАО "Современные Интернет технологии" URL: <http://openstat.ru> (дата: 28.08.2013)
5. Dell XPS 13 laptop, developer edition // Dell Inc. URL: <http://dell.com/Learn/us/en/555/campaigns/xps-linux-laptop> (дата: 28.08.2013)
6. Ubuntu Laptop - Bonobo Extreme // System76 Inc. URL: <https://system76.com/laptops/model/bonx6> (дата: 28.08.2013)
7. Eee PC 1225C // ASUSTeK Computer Inc. URL: [http://asus.com/Notebooks\\_Ultrabooks/Eee\\_PC\\_1225C](http://asus.com/Notebooks_Ultrabooks/Eee_PC_1225C) (дата: 28.08.2013)
8. Raspberry Pi // Raspberry Pi Foundation URL: <http://raspberrypi.org> (дата: 28.08.2013)
9. fit-PC // CompuLab fit-PC website; CompuLab URL: <http://fit-pc.com> (дата: 28.08.2013)
10. The Linux Mint Blog // Linux Mint URL: <http://blog.linuxmint.com/?p=2383> (дата: 28.08.2013)
11. Первые сборки ALT Linux для планшетных компьютеров // Официальный сайт компании ALT Linux URL: <http://altlinux.ru/news/item/667> (дата: 28.08.2013)
12. Mehr vom neuen passiven cirrus7 nimbus // Cirrus7 Computing URL: <http://cirrus7.com/blog/cirrus7-sandwich-prototype-nimbus> (дата: 28.08.2013)
13. Cubieboard2 is here // Cubieboard URL: <http://cubieboard.org/2013/06/19/cubieboard2-is-here> (дата: 28.08.2013)
14. The 2nd PCB model cubietruck discussion // Cubieboard URL: <http://cubieboard.org/2013/06/22/the-2nd-pcb-model-cubietruck-discussion> (дата: 28.08.2013)
15. Best Linux Distribution // Linux Journal URL: <http://linuxjournal.com/slideshow/readers-choice-2012> (дата: 28.08.2013)
16. Информационные технологии на базе свободного программного обеспечения: материалы научно-практического семинара. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2009. – 109 с.
17. Coverity Scan: 2011 Open Source Integrity Report // Coverity Inc. URL: <http://softwareintegrity.coverity.com/coverity-scan-2011-open-source-integrity-report-thank-you.html> (дата: 28.08.2013)
18. Open Source Programs Office // Google Inc. URL: <http://code.google.com/soc> (дата: 28.08.2013)
19. The Ubuntu App Showdown // Ubuntu App Developer; Canonical Ltd. URL: <http://developer.ubuntu.com/showdown> (дата: 28.08.2013)
20. Valve's Gabe Newell on the Future of Games, Wearable Computers, Windows 8 and More // Tricia Duryee - Commerce - AllThingsD; Dow Jones & Company Inc. URL: <http://www.dvice.com/2013-2-11/valves-gabe-newell-skeptical-cloud-gaming-future> (дата: 28.08.2013)
21. Direct3D 9 Support Released For Linux Via Gallium3D, Running Games // Michael Larabel; Phoronix Media URL: [http://phoronix.com/scan.php?page=news\\_item&px=MTQxMjk](http://phoronix.com/scan.php?page=news_item&px=MTQxMjk) (дата: 28.08.2013)

**Комиссаров А.В.<sup>1</sup>, Васин Ю.Г.<sup>2</sup>, Еремин С.А.<sup>3</sup>, Базлов Г.В.<sup>4</sup>, Перепелица А.И.<sup>5</sup>, Морозов К.М.<sup>6</sup>, Никифоров А.К.<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Старший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент, <sup>2</sup>Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, <sup>3</sup>Заведующий отделом, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, <sup>4</sup>Ведущий технолог, <sup>5</sup>Ведущий инженер, <sup>6</sup>Заведующий отделом, кандидат технических наук, <sup>7</sup>Заместитель директора, кандидат медицинских наук, доцент, ФКУЗ РосНИПЧИ «Микроб»

#### СИСТЕМА ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ БИОРЕАКТОРА ОТ БИОЛОГИЧЕСКОГО АЭРОЗОЛЯ

##### Аннотация

*В статье рассмотрена конструкция системы очистки отходящих газов биореактора от биологического аэрозоля. Показана эффективность ее работы.*

**Ключевые слова:** биореактор, система очистки, конструкция.

**Komissarov A.V.<sup>1</sup>, Vasin Y.G.<sup>2</sup>, Eremin S.A.<sup>3</sup>, Bazlov G.V.<sup>4</sup>, Perepelitsa A.I.<sup>5</sup>, Morozov K.M.<sup>6</sup>, Nikiforov A.K.<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Senior Research Assistant, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, <sup>2</sup>Senior Research Assistant, PhD in Biological Sciences, <sup>3</sup>Head of the Department, PhD in Medical Sciences, Senior Research Assistant, <sup>4</sup>Leading process engineer, <sup>5</sup>Leading engineer, <sup>6</sup>Head of the Department, PhD in Technical Sciences, <sup>7</sup>Director Deputy, PhD in Medical Sciences, Associate Professor, RusRAPI "Microbe"

#### THE FLUE GAS CLEANING SYSTEM BIOREACTOR FROM BIOLOGICAL AEROSOL

##### Abstract

*The paper gives considerations the design of systems for cleaning exhaust gases of the bioreactor from biological aerosol. Shows the efficiency of its work.*

**Keywords:** bioreactor, system of cleaning, design.

При культивировании микроорганизмов в биореакторах за счет перемешивания культуральной среды и ее аэрирования происходит интенсивное образование над ее поверхностью биологического аэрозоля, дисперсная фаза которых содержит микроорганизмы. Поэтому основным требованием к техническим системам очистки воздуха выводимого из биореактора, в

особенности при культивировании микроорганизмов I-II групп патогенности, является абсолютная его очистка от микрофлоры [1]. Нами сконструирована система очистки, принципиальная схема которой представлена на рисунке.

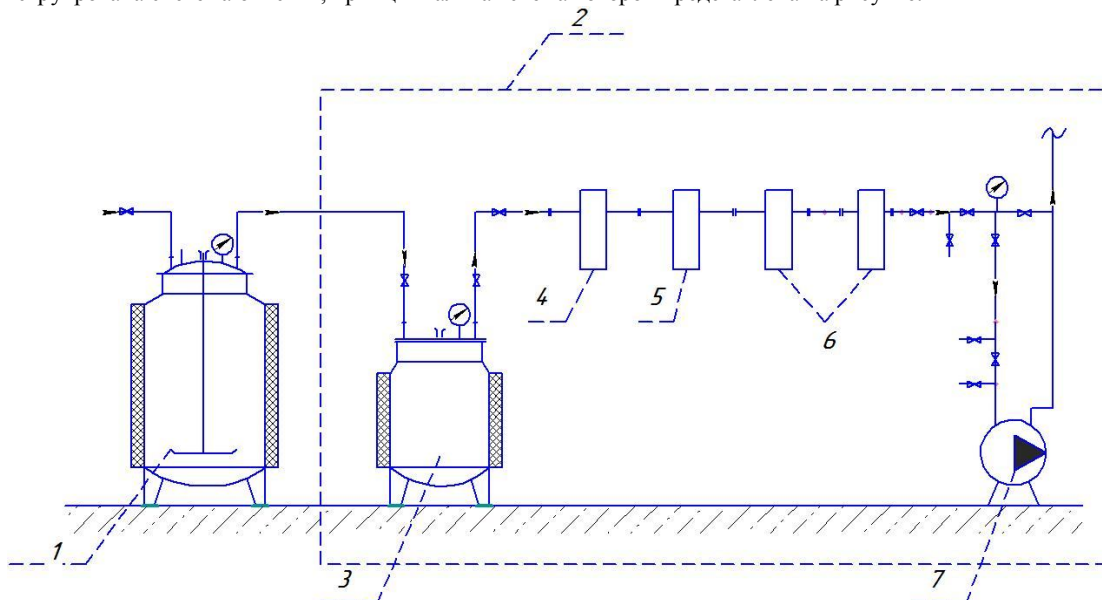


Рисунок – Принципиальная схема системы очистки отходящих газов биореактора от биологического аэрозоля (пояснения в тексте)

Система очистки (2) состоит из следующих элементов, соединенных трубопроводами: каплеуловителя (3), каскада фильтров (4 – фильтр ФП-5,0-КС-1-254/П-280, 5 – фильтр ФП-1,0-КС-1-254/П-280, 6 – два фильтра ФС-КС-1-254/А3-280), водокольцевого вакуумного насоса (7). Для контроля и регулирования процесса предусмотрены запорная арматура и контрольно-измерительные приборы.

Каплеуловитель (3) предназначен для защиты каскада фильтров от избыточной влаги при пенообразовании и представляет собой емкость закрытого типа с рубашкой и технологическими патрубками. Каскад фильтров состоит из четырех фильтров предварительной, тонкой и сверхтонкой очистки:

1. Фильтр ФП-5,0-КС-1-254/П-280 (4) предназначен для очистки водяного пара от механических примесей. Размер проникающих частиц – не более 5,0 мкм.

2. Фильтр ФП-1,0-КС-1-254/П-280 (5) предназначен для очистки водяного пара от механических примесей. Размер проникающих частиц – не более 1,0 мкм.

Фильтры ФП-5,0-КС-1-254/П-280 и ФП-1,0-КС-1-254/П-280 обеспечивают осушку насыщенного водяного пара при стерилизации системы очистки отходящих газов.

3. Два фильтра ФС-КС-1-254/А3-280 (6) предназначены для сверхтонкого и стерилизующего фильтрования воздуха и других газов. Эффективность очистки от частиц с размером более 0,01 мкм более 99,999%.

Все перечисленные фильтры, обладают требуемой эффективностью очистки, простотой обслуживания и надежностью в работе. Система очистки работает следующим образом.

При культивировании микроорганизмов отходящие из биореактора (1) газы, за счет отрицательного давления создаваемого вакуумным насосом (7), проходит последовательно через каплеуловитель (3) в котором происходит сбор пены, возникающей при выращивании микроорганизмов, и далее очищаясь на каскаде фильтров (4,5,6), попадает в атмосферу. После культивирования проводят стерилизацию ферментера, каплеуловителя и каскада фильтров.

Стерилизация системы очистки обсемененного воздуха осуществляется после стерилизации биореактора. Для этого с помощью вакуумного насоса (7) в полости каплеуловителя (3) создают отрицательное давление (минус 0,8 кгс/см<sup>2</sup>) и подают пар в рубашку каплеуловителя (3). При достижении в полости каплеуловителя температуры 98°C закрывают краны на выходе воздуха и выключают вакуумный насос. При достижении температуры в полости каплеуловителя 132°C, приоткрывают краны на выходе воздуха. Регулируя расход паровоздушной смеси, поступающей из полости каплеуловителя краном на выходе воздуха, устанавливают значение температуры на выходе с каскада фильтров 132°C. Время стерилизации 90 мин. После истечения времени экспозиции прекращают подачу пара в рубашку каплеуловителя. По достижении системой очистки газов температуры 60°C, включают вакуумный насос, открывают краны на входе и выходе воздуха из каплеуловителя для продувки каскада фильтров.

Эффективность работы предложенной системы очистки проверена в производственных условиях при культивировании *Vibrio cholerae* в производственном процессе получения холерной химической вакцины.

#### Литература

1. Биологическая безопасность при глубинном аппаратном культивировании микроорганизмов I-II групп патогенности: Методические указания МУ 1.3.2411-08 – Утв. Гл. сан. врачом РФ 28.07.2008 г. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2008.

Белоусов А.В.<sup>1</sup>, Кошлич Ю.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кандидат технических наук, Белгородский государственный технологический Университет им. В.Г.Шухова; <sup>2</sup> Аспирант, Белгородский государственный технологический Университет им. В.Г.Шухова;

#### АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕПЛОЙ ГЕЛИОУСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННО-КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА

#### Аннотация

В статье произведен анализ работы гелиоустановки в условиях умеренно-континентального климата в весеннее и осеннее время года. Представлена оценка эффективности функционирования возобновляемого источника энергии на основе тепловой гелиоустановки, эксплуатирующейся в центрально-черноземном округе. Внимание уделяется вопросу изменения температур основных технологических параметров в различное время суток, которое напрямую влияет на уровень энергоэффективности.

**Ключевые слова:** возобновляемый источник энергии (ВИЭ), тепловая гелиоустановка, солнечный коллектор, умеренно-континентальный климат

In the article the analysis of solar plants in the temperate continental climate in the spring and fall seasons. The estimation of the efficiency of renewable energy based on thermal solar plants that are operating in the Central Black Earth area. Attention is paid to the temperature change of main technological parameters at different times of day, which directly affects the level of energy efficiency.

**Keywords:** renewable energy source (RES), thermal solar heating system, solar collectors, a temperate continental climate

Решение вопроса повышения энергоэффективности зачастую касается возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Одним из наиболее перспективных видов альтернативных источников энергии, которые имеют наименьшие сроки окупаемости, является тепловая гелиоустановка [1,2].

Технологические аспекты применения гелиоустановок для регионов страны, в которых продолжительность эффективного солнечного излучения составляет более 2000 ч в год [3], а на 1 м<sup>2</sup> поверхности приходится более 4 кВт·ч излучения солнечной энергии, достаточно хорошо проработаны и изучены [2]. Для эффективной эксплуатации в условиях умеренно-континентального климата был произведен анализ работы тепловой гелиоустановки БГТУ им. В.Г. Шухова в весеннее время года.

Как показала практика использование системы целесообразно в промежуток времени с середины апреля по середину октября, когда среднесуточная температура воздуха в периоды солнечной активности не падает ниже отметки в 14°C (температуры воды, поступающей из городского водоканала) (рис.1).

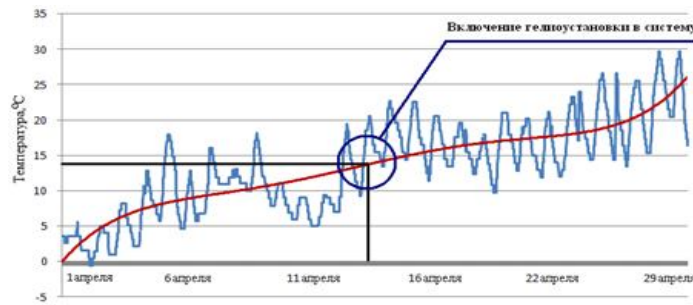


Рис.1 - Температура наружного воздуха за апрель (— температура наружного воздуха (ТНВ), — аппроксимация ТНВ)

Среднестатистические распределения технологических параметров во времени тепловой гелиоустановки БГТУ им. В.Г. Шухова в течение весенних месяцев года представлены на рисунках 2-3.

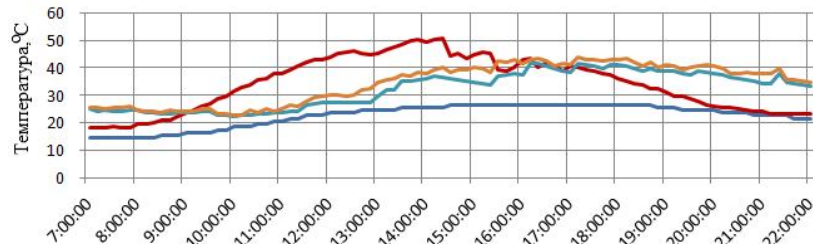


Рис. 2 - График температур ГУ с основными параметрами (— температура наружного воздуха, — температура антифриза, — температура на выходе ГУ, — температура в бойлере системы)

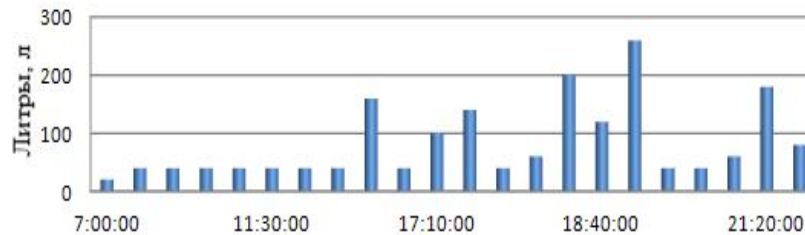


Рис. 3 - Среднесуточный объем потребляемой воды за апрель месяц

Выходную мощность можно представить в виде произведения работы по нагреву воды  $A$  гелиоустановкой на промежуток времени  $t$ :

$$N = A \cdot t;$$

В свою очередь работу  $A$  можно рассчитать как произведение удельной теплоемкости воды  $c$  на массу  $m$  и разность температур между нагретой и холодной водой  $\theta_{гв} - \theta_{хв}$ :

$$A = c \cdot m \cdot (\theta_{гв} - \theta_{хв});$$

Поскольку  $m = \rho \cdot V$ , конечная формула по расчету мощности примет вид:

$$N_{гв} = c \cdot \rho \cdot V \cdot (\theta_{гв} - \theta_{хв}) \cdot t,$$

где  $N_{гв}$  – выходная мощность, выделяемая гелиоустановкой, Вт;

$c$  – удельная теплоемкость воды, Дж/кг·°C;

$\rho$  – плотность воды, кг·м<sup>3</sup>;

$V$  – объемный воды, нагреваемой через гелиоустановку, л;

$\theta_{гв}$  – температура на выходе гелиоустановки, °C;

$\theta_{хв}$  – температура холодной воды, °C.

График изменения мощности представлен на рисунке 4.

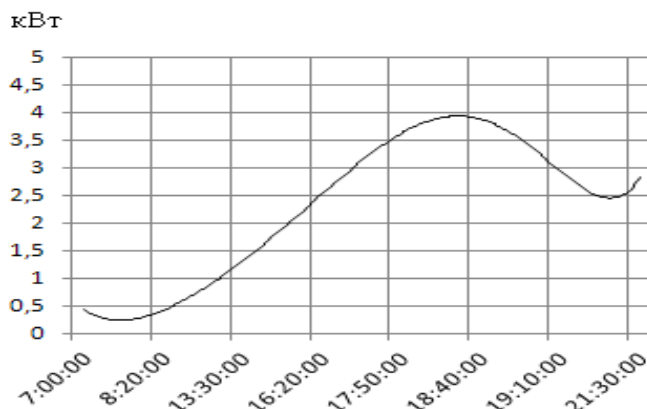


Рис. 4 - Распределение средней мощности гелиоустановки за сутки (— - аппроксимированная кривая мощности)

Например, если температура холодной воды, поступающая от горводоканала составляет 14°C, то тепловая энергия от солнечных коллекторов позволяет нагреть воду до 40°C, подняв температуру на 26°C, так как в данном случае, для комфортного обеспечения горячей водой требуется температура 50-52°C, вода нагревается еще на 12° с помощью котельной и подается потребителям. Таким образом, 68% тепловой энергии на подготовку горячей воды поступает от гелиосистемы. При суточном потреблении воды 3000 литров, соответственно экономия составит 75 кВт·ч электрической энергии при использовании электрических водонагревательных бойлеров.

По статистическим данным, полученным в процессе эксплуатации гелиоустановки, были построены графики изменения температур основных технологических параметров гелиоустановки, по которым можно судить о работе системы (рис. 5-6):

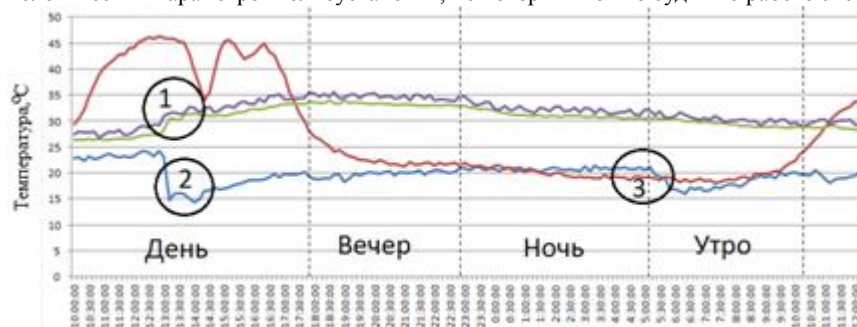


Рис. 5 - График температур основных параметров гелиоустановки за сутки (— - температура холодного водоснабжения, — - температура антифриза, — - температура на выходе ГУ, — - температура в бойлере системы)

При анализе вышеприведенных статистических данных выявлены следующие особенности работы системы в целом:

- 1) К наступлению дневного времени, в период максимальной солнечной активности, температура воды на выходе гелиоустановки стремится по значению к температуре теплоносителя (теплообменные процессы между подогреваемым каналом и каналом теплоносителя ускоряются)
- 2) При возобновлении циркуляции воды в системе холодного водоснабжения (в период активной эксплуатации потребителей), температура застоявшейся воды в трубах (нагретая до температуры помещения) опускается до первоначальной температуры воды, подаваемой с горводоканала.
- 3) При работе в ночное время объемный расход является постоянным; из-за отсутствия периодической циркуляции, а также отдачи тепловой энергии от теплоносителя, который получает ее от нагретых днем солнечных коллекторов (температура которых стремится по своему значению к температуре наружного воздуха, т.е., происходит остывание).

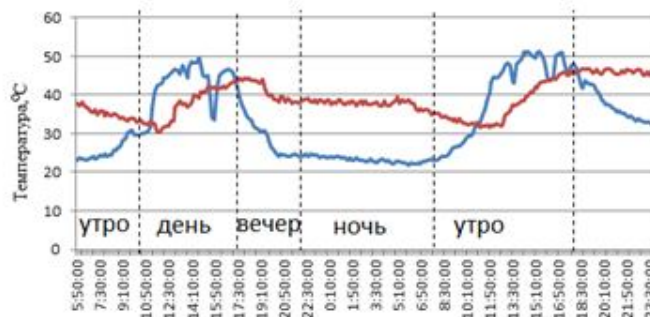


Рис. 6 - График температур основных параметров гелиоустановки за сутки (— - температура антифриза, — - температура бойлера)

Когда нет прямого солнечного воздействия на солнечные коллекторы, их температура стремится к температуре наружного воздуха. За счет постоянной рециркуляции теплоносителя (антифриза) вода в баках-аккумуляторах значительно остывает.

Таким образом, на основании анализа работы гелиоустановки в весеннее время года было выявлено, что ее применение для полного энергообеспечения потребителей в условиях умеренно-континентального климата нецелесообразно. Возможна эффективная эксплуатация тепловых гелиосистем с плоскими солнечными коллекторами в составе системы подготовки горячей воды. Период эффективной эксплуатации системы начинается с середины весны – в десятых числах апреля.

#### Литература

1. Бутузов, В. А. Анализ энергетических и экономических показателей гелиоустановок горячего водоснабжения / В. А. Бутузов // Промышленная энергетика. – 2001. – № 10. – С. 15-18.
2. Слесаренко, В. В. Оценка эффективности установок солнечной энергетики в системах теплоснабжения / В. В. Слесаренко, В. В. Копылов, В. В. Княжев // Вестник ДВО РАН. – 2010. – №3. – С. 125-130
3. Попель, О. С. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России / О. С. Попель, С. Е. Фрид, Ю. Г. Коломиец, С. В. Киселева, Е. Н. Терехова // Объединенный институт высоких температур РАН. – 2010. – С. 86.



Леонкин В.Е.

Соискатель, Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет  
**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПУТЁМ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ОБЪЕКТНОЙ МОДЕЛИ**

*Аннотация*

*В статье рассмотрена проблема повышения эффективности работы пользователя автоматизированной системы проектирования на примере использования средств параметризации объектной модели в системе T-FLEX.*

**Ключевые слова:** автоматизация проектирования, средства параметризации, язык программирования.

Leonkin V.E.

The applicant, Komsomolsk-on-Amur state technical University

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF AUTOMATED DESIGN THROUGH THE USE OF MEANS OF  
PARAMETERIZATION OF THE OBJECT MODEL**

*Abstract*

*The article considers the problem improve the user's experience of automated design system on the example of the use of means of parameterization of the object model in T-FLEX.*

**Keywords:** computer-aided design, means of parameterization programming language.

Развитие новых технологий постоянно ужесточает требования, предъявляемые к инженеру-конструктору. На первое место в современном конструировании выходят скорость и динамичность выполнения проектов (чертежей или моделей) в графическом редакторе, а также возможность быстрого внесения в них изменений без какого бы то ни было влияния на качество выполняемых работ или проектируемого объекта [1].

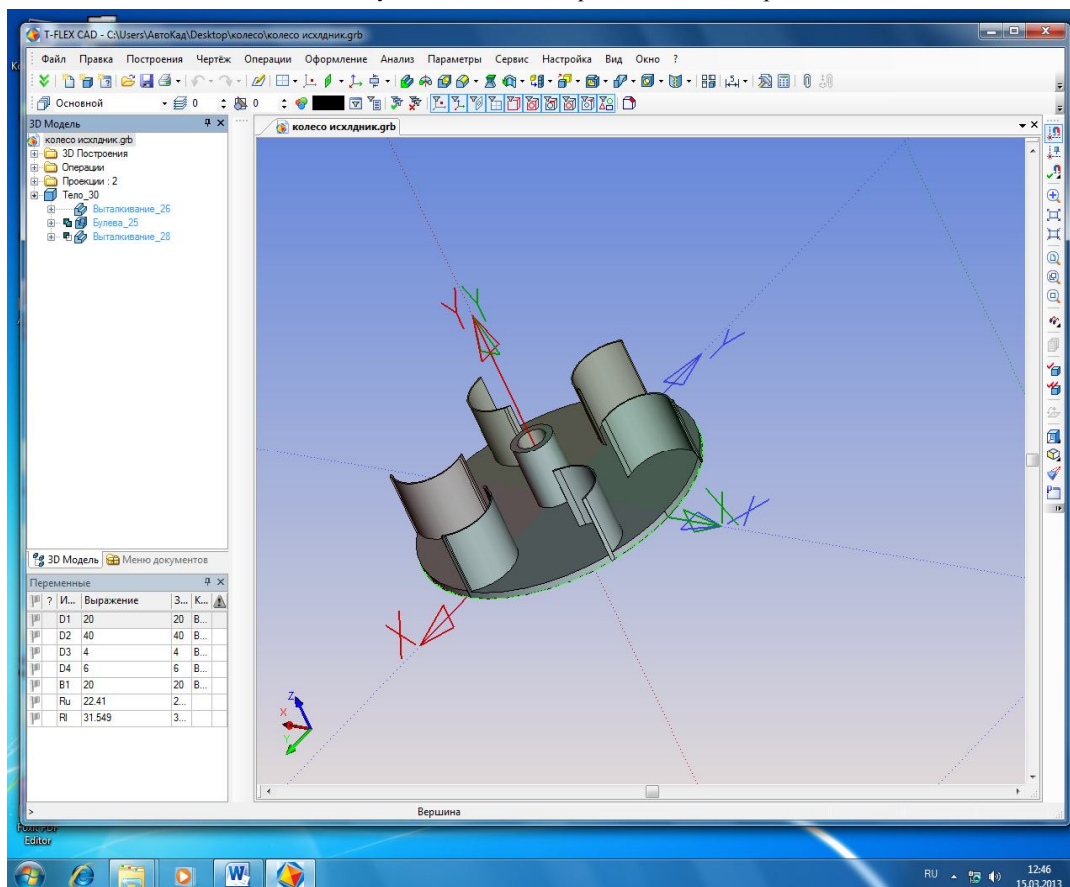
Для локальных изменений в системах проектирования (CAD-системы) имеются средства параметризации, посредством которых можно задать функциональные связи между отдельными элементами объекта проектирования, позволяющие при последующей разработке типовых конструкций не переделывать всю объектную модель (чертеж), а изменить лишь несколько её параметров. Это дает возможность многократного использования единожды построенной модели, значительно сокращая время формирования её новых модификаций.

Примером, который будет рассмотрен ниже, может служить написанный автором данной статьи модуль «Импеллер – 3D» в системе проектирования T-FLEX [2]. На рис. 1 показан снимок рабочего окна модуля.

Этот модуль может производить проектный расчет рабочего колеса центробежного насоса, расширив возможности T-FLEX за счет использования подключаемых модулей (plug-in) на языках Object Pascal, C++.

В частности, данный модуль позволяет производить выбор формы профиля: Free form 3D (профиль свободной формы), General 2D (базовый 2D-профиль), Circular 2D (круговой 2D-профиль), Straight 2D (прямой 2D-профиль), линейный профиль, радиальный профиль. Проектирование профиля по набору меридиональных секторов (от 2 до 11). Расчет оптимального значения угла установки лопаток. Построение треугольников скоростей, таблиц распределения величины скорости и углов потока. Задание толщины профиля. Скругление входной кромки лопаток. Отображение проектируемого импеллера во фронтальной плоскости. Динамическое отображение 3D-модели (вращение, сдвиг, увеличение/уменьшение размеров отображения). Дерево построения (возможность отображения выбранных пользователем объектов). Экспорт модели в другие CAD-системы.

Рис. 1. Модуль оптимизации и расчета «Импеллер»



При этом повышение функциональности и автоматизации проектов может быть практически неограниченным. Решающим фактором повышения эффективности проектной работы является способность конструктора приобрести профессиональные навыки программиста, соответствующие начальному уровню подготовки разработчика САПР.

**Литература**

1. Джонс Дж. К. Методы проектирования. - М.: Мир, 1986. - 326 с.

Леонтьев Л.Б.<sup>1</sup>, Шапкин Н.П.<sup>2</sup>, Макаров В.Н.<sup>3</sup>, Токликишвили А.Г.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор, <sup>2</sup>доктор химических наук, профессор, <sup>3</sup>магистрант, Дальневосточный федеральный университет; <sup>4</sup>ассистент, морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского

# ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СМАЗКИ И СОСТАВА МОДИФИЦИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ДИЗЕЛЯ

**Аннотация**

В статье рассмотрено влияние температуры смазки и состава износостойкого покрытия, формируемого на шейках коленчатого вала, на триботехнические свойства сопряжения «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника» судового среднеоборотного дизеля. Показана перспективность модифицирования шеек коленчатого вала минеральными материалами и металлосилоксаном для повышения износостойкости трибосопряжения.

**Ключевые слова:** коленчатый вал, модифицирование, износостойкость

Leontev L.B.<sup>1</sup>, Shapkin N.P.<sup>2</sup>, Makarov V.N.<sup>3</sup>, Toklikishvili A.G.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doktor technical sciences, professor, <sup>2</sup>doktor chemical sciences, professor, <sup>3</sup>magistrant, Far Eastern Federal University, <sup>4</sup>assistant, Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelsky

## THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE OF THE LUBRICANT AND THE COMPOSITION OF MODIFYING MATERIAL FOR HARDENING OF THE NECKS OF THE CRANKSHAFT ON THE TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF THE BEARINGS, DIESEL

**Abstract**

The article considers the effect of temperature lubrication and wear-resistant coating composition formed on the crankshaft journal, on the tribological properties of the interface "neck crank shaft – bearing" medium-speed marine diesel engine. The prospects of modifying the crankshaft journals and mineral materials to increase wear metallosiloxan tribomating.

**Keywords:** crankshaft, modification, wear

Ресурс судового среднеоборотного дизеля до капитального ремонта зависит в основном от состояния кривошипно-шатунного механизма, а коленчатый вал — главное звено этого механизма. Шейки вала подвержены трению скольжения при больших скоростях и высоких удельных давлениях. Наиболее характерными дефектами коленчатых валов судовых среднеоборотных дизелей (СОД) являются: износ и задиры шеек, деформации, коррозия и др. [1]. Для повышения изнoso- и задиростойкости трибосопряжений применяют тонкопленочные покрытия получаемые путем модифицирования поверхностей трения слоистыми силикатами [2].

Температура циркуляционного смазочного масла на входе в дизель для обеспечения заданной вязкости в зависимости от марки двигателя находится в пределах 40–60 °С. Для определения влияния температуры смазочного масла на триботехнические свойства пары трения «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника» были проведены ускоренные испытания в течение 1 ч при нагрузке 400 Н в условиях трения при граничной смазке с использованием следующих материалов для модифицирования стали 45 твердостью 212 НВ: серпентинит; металлосилоксановый полимер; алюмосиликат, модифицированный металлосилоксаном; алюмосиликат и алюмосиликат, модифицированный полисахаридом и карбонатом магния.

Модифицирование поверхности стального образца минеральными материалами и металлосилоксаном осуществляли фрикционным методом.

Триботехнические испытания проводили на универсальной машине трения УМТВК по схеме "ролик – колодка" в условиях трения при граничной смазке при скорости скольжения 0,628 м/с. В качестве неподвижного образца использовались колодки, вырезанные из вкладышей подшипников типа «Rillenkager» («Miba» 33).

Результаты испытаний представлены на рис. 1–3. В качестве базовой была взята пара трения «сталь 45 – вкладыш». Испытания контрольной пары (с неупрочненным стальным образцом) позволили установить, что с увеличением температуры подогрева смазки и образца свыше 40 °С происходит резкий рост коэффициента трения с 0,008 до 0,023 (рис. 1). Модифицирование поверхности стали металлосилоксаном, серпентинитом и алюмосиликатом позволяет избежать существенного роста коэффициента трения во всем диапазоне температур подогрева смазки (коэффициент трения возрастает с 0,007–0,008 при 20 °С до 0,010 при 60 °С).

Модифицирование поверхности стали алюмосиликатом, модифицированным металлосилоксаном и алюмосиликатом, модифицированным полисахаридом и карбонатом магния, позволяет получить эффект снижения величины коэффициентов трения по мере роста температуры смазки.

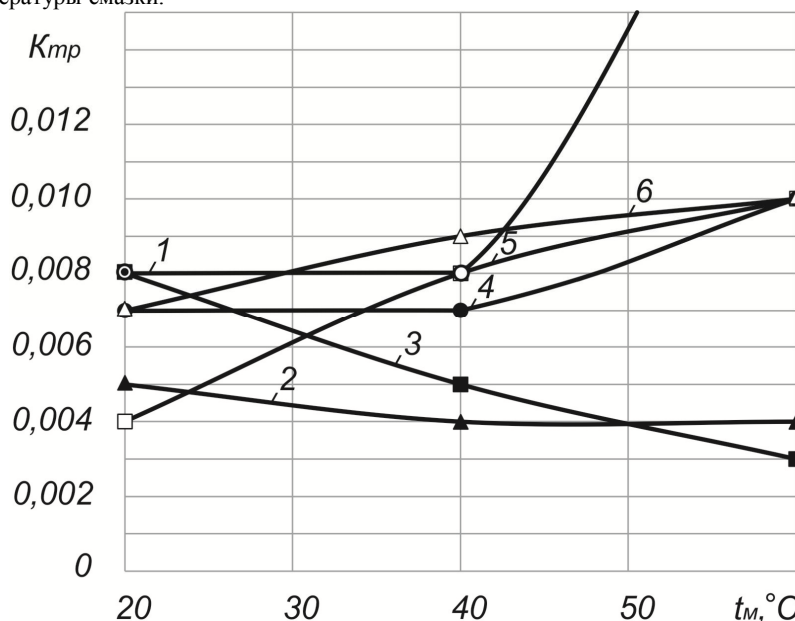


Рис. 1 – Зависимости коэффициента трения для трибосопряжения «вал – вкладыш» при граничной смазке в зависимости от температуры предварительного нагрева смазки и материала для

модифицирования стали:

- 1 – контрольный образец; 2 – алюмосиликат, модифицированный металлосилоксаном; 3 – алюмосиликат, модифицированный полисахаридом и карбонатом магния; 4 – металлосилоксан;  
5 – серпентинит; 6 – алюмосиликат

Скорость изнашивания контрольного стального образца возрастает при повышении температуры смазки, особенно интенсивно в диапазоне температур 20–40 °С. Скорость изнашивания упрочненных стальных образцов или уменьшается с увеличением температуры подогрева или незначительно возрастает (рис. 2). Наилучшие результаты повышения износостойкости в рабочем диапазоне подогрева смазки (40–60 °С) обеспечивают алюмосиликат, модифицированный металлосилоксаном (снижение скорости изнашивания более чем в 10 раз) и алюмосиликат, модифицированный полисахаридом и карбонатом магния (снижение скорости изнашивания более чем в 7,4 раза).

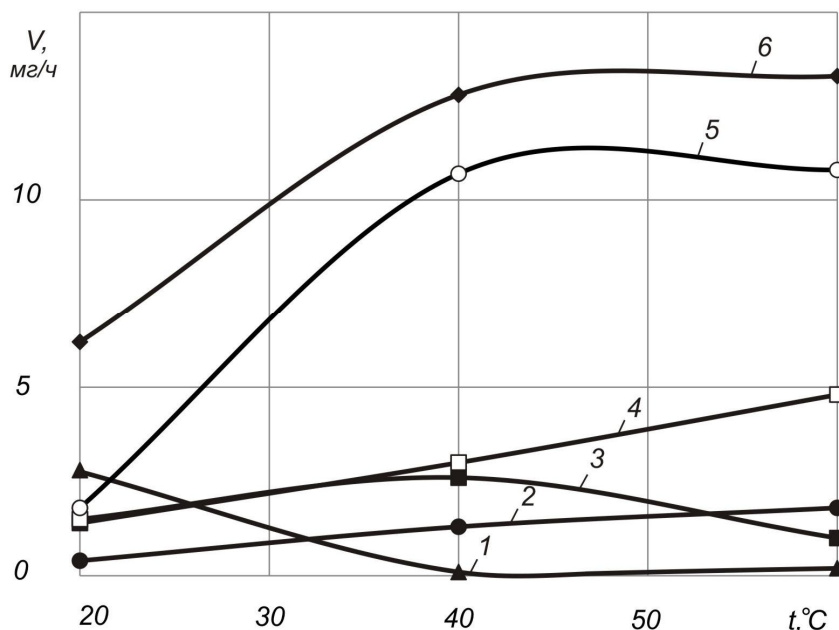


Рис. 2 – Зависимости скоростей изнашивания стали 45 в условиях трения при граничной смазке в трибосопряжении «вал – вкладыш» от температуры предварительного нагрева смазки и материала для модифицирования стали:

- 1 – алюмосиликат, модифицированный металлосилоксаном; 2 – алюмосиликат, модифицированный полисахаридом и карбонатом магния; 3 – металлосилоксан;  
4 – серпентинит; 5 – алюмосиликат; 6 – контрольный образец

Скорость изнашивания трибосопряжения со стальным неупрочненным образцом из стали по мере роста температуры увеличивается, причем наиболее интенсивно в диапазоне температур 40–60 ° (рис. 3). Модифицирование стали минеральными и органоминеральными материалами позволяет существенно снизить скорости изнашивания сопряженных поверхностей трения по сравнению с парой трения с контрольным образцом.

Наибольшую износостойкость во всем диапазоне температур подогрева смазки обеспечивает упрочнение алюмосиликатом, модифицированным полисахаридом и карбонатом магния, причем скорость изнашивания по мере увеличения температуры повышается незначительно (снижение скорости изнашивания более чем в 8,5 раза). Также высокую износостойкость в диапазоне температур 40–60 ° (рис. 3) обеспечивает покрытие, полученное в результате модифицирования стали алюмосиликатом, модифицированным металлосилоксаном (снижение скорости изнашивания более чем в 10 раз).

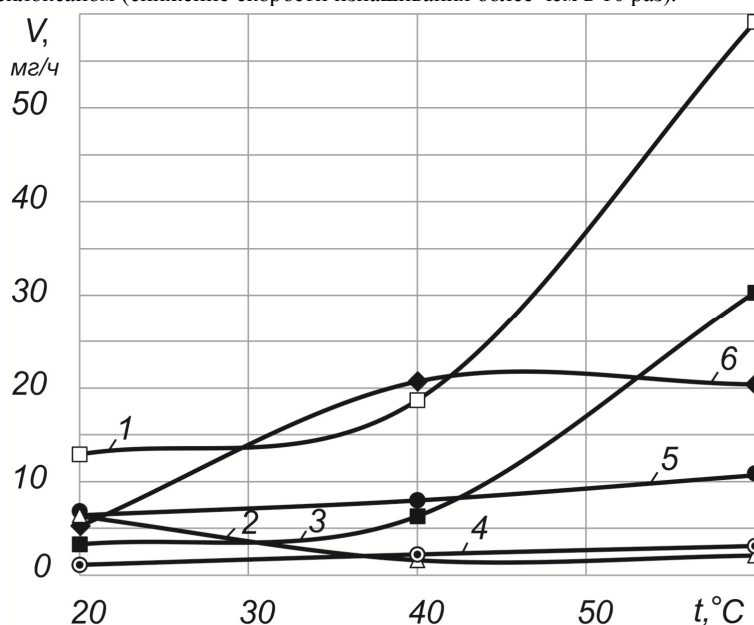


Рис. 3 – Зависимости скоростей изнашивания трибосопряжения «вал – вкладыш» при граничной смазке в зависимости от температуры предварительного нагрева смазки и материала для модифицирования стали:

- 1 – контрольный образец; 2 – алюмосиликат, модифицированный металлосилоксаном; 3 – металлосилоксан;  
4 – алюмосиликат, модифицированный полисахаридом и карбонатом магния;  
5 – серпентинит; 6 – алюмосиликат



Модифицирование металлосилоксаном эффективно при температуре подогрева масла 40 °С (снижение скорости изнашивания в 3 раза).

Модифицирование серпентинитом обеспечивает незначительное влияние температуры подогрева смазки на скорость изнашивания, однако эффект от его применения значительно ниже, чем от упрочнения алюмосиликатом, модифицированным полисахаридом и карбонатом магния или алюмосиликатом, модифицированным металлосилоксаном.

Температура в зоне трибоконтакта пар трения плавно увеличивается по мере роста температуры подогрева масла. Модифицирование минеральными материалами (за исключением алюмосиликата) и металлосилоксаном позволяет снизить температуру в зоне трибоконтакта примерно в 2 раза.

Таким образом, анализ результатов сравнительных триботехнических испытаний пары трения «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника» в условиях трения при граничной смазке при различных температурах и упрочняющих покрытиях позволил установить, что модифицирование поверхности стали минеральными материалами и металлосилоксаном позволяет во всем диапазоне температур подогрева смазки повысить износостойкость сопряжения, снизить величины коэффициентов трения и температуры в зоне трибоконтакта и тем самым существенно повысить надежность трибоузла и, соответственно, надежность дизеля.

#### Литература

1. Леонтьев Л.Б. Анализ функционирования трибосистемы «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника – смазка» судовых среднеоборотных дизелей / Л.Б. Леонтьев, А.В. Надежкин, В.М. Макаров, А.Г. Токликишвили // Двигателестроение № 2, 2013, с. 41–47.

2. Леонтьев Л.Б. Повышение надежности трибосистемы «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника» судовых среднеоборотных дизелей технологическими методами / Л. Б. Леонтьев, Н.П. Шапкин, А.Г. Токликишвили // Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 2. Т. 2. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. – С. 10–14.

Магомедов Г.О.<sup>1</sup>, Лукина С.И.<sup>2</sup>, Садыгова М.К.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Профессор, доктор технических наук, <sup>2</sup>доцент, кандидат технических наук, <sup>3</sup>докторант, кандидат биологических наук, Воронежский государственный университет инженерных технологий

#### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СБИВНОГО ХЛЕБА ИЗ МУКИ ЦЕЛЬНОСМОЛОТОГО НУТА

#### Аннотация

В статье приведены результаты исследования показателей качества и пищевой ценности сбивного хлеба из муки цельносмолотого нута. Рекомендовано применение раздробленного изделия для массового потребления с целью обогащения пищевого рациона белком, пищевыми волокнами и микронутриентами.

**Ключевые слова:** мука из цельносмолотого нута, сбивной хлеб, показатели качества, пищевая ценность.

Magomedov G.O.<sup>1</sup>, Lukina S.I.<sup>2</sup>, Sadigova M.K.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor, Doctor of Technical Sciences, <sup>2</sup>Docent, Candidate of Technical Sciences, <sup>3</sup>Doctoral student, Candidate of Biological Sciences, Voronezh State University of Engineering Technologies

#### EVALUATION OF THE QUALITY OF WHIPPED BREAD FROM WHOLE-CHICKPEA FLOUR

#### Abstract

The article presents the results of a study of quality and nutritional value of whipped bread from whole-chickpea flour. Recommended the use of product designed for mass consumption with the aim of enriching food ration in protein, fiber and micronutrients.

**Keywords:** whole-chickpea flour, whipped bread, quality indicators, nutritional value.

В последние годы в отраслях пищевой промышленности приобретает популярность зернобобовая культура – нут, семена которого характеризуются высокой пищевой и биологической ценностью. Актуальными являются исследования, направленные на получение продуктов переработки нута с повышенным содержанием полноценного белка и создание инновационных технологий новых изделий на их основе.

Ранее проведенными исследованиями доказана целесообразность получения муки из семян нута путем применения дезинтеграционно-волнового помола, при котором в результате воздействия СВЧ-КВЧ поля наблюдались значительные изменения фракционного состава белковых веществ [1]. Полученные результаты использованы при разработке инновационной технологии сбивного хлеба, полученного с помощью механического способа разрыхления теста из муки цельносмолотого нута различных сортов [2].

Целью данной работы явилось исследование показателей качества и пищевой ценности сбивного нутевого хлеба.

Для приготовления хлеба применяли рецептурные компоненты: муку из цельносмолотого нута сорта «Заволжский», соль поваренную пищевую, концентрированный яблочный сок, модифицированный крахмал, воду питьевую. Тесто готовили механическим способом разрыхления под давлением сжатого воздуха 0,5 МПа. Рецептурные компоненты вносили в дозировках, установленных с помощью реализации двухфакторного планирования эксперимента второго порядка и проведения оптимизации методом неопределенных множителей Лагранжа.

Полученные данные легли в основу разработки технологии сбивного хлеба «Нутелло Лайф», позволяющей повысить показатели качества, пищевую и биологическую ценность изделия, интенсифицировать процесс производства и расширить ассортимент продукции. Результаты анализа физико-химических показателей качества хлеба приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Показатели качества хлеба «Нутелло Лайф»

Наименование показателя	Значение показателя
Влажность, %	50,5
Кислотность, град	4,0
Пористость, %	68,0
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г	362

Для объективной оценки органолептических показателей качества, в частности, запаха, определяли содержание в хлебе ароматизующих веществ на анализаторе запахов «МАГ-8». Установлено, что хлеб сбивной из цельносмолотого нута характеризуется более выраженным ароматом за счет его обогащения аминами (33,3 %), легколетучими кислотами (44,0 %), незначительным содержанием свободной влаги (10,6 %) и фенольных соединений (8,5 %), при этом отсутствует резкий бобовый запах.

Определение антиоксидантной активности хлеба проводили на приборе «ЦветЯуза-01-АА». Выявлено, что суммарное содержание антиоксидантов в 100 г хлеба «Нутелло Лайф» составляет 11 мг, что на 83 % превышает значение данного показателя для хлеба белого, приготовленного по традиционной технологии, и на 57 % – для хлеба из цельносмолотого зерна пшеницы, приготовленного механическим способом разрыхления теста [3].

Пищевая ценность хлебобулочных изделий определяется содержанием в них необходимых организму человека пищевых веществ, в первую очередь, белков, незаменимых аминокислот, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, а также биологической и энергетической ценностью. Показатели пищевой ценности разработанного изделия в сравнении с другими видами хлеба приведены в табл. 2. В сбивном хлебе «Нутелло Лайф» повышено содержание белка и пищевых волокон, уменьшено содержание усвояемых углеводов. Кроме того, в несколько раз увеличено содержание микронутриентов: минеральных веществ и витаминов.

Таблица 2 – Показатели пищевой ценности хлебобулочных изделий

Наименование показателя	Хлеб сбивной «Нутелло Лайф» из муки цельносмолотого нута	Хлеб сбивной «Авангард» из муки цельно-смолотого зерна пшеницы	Хлеб белый из муки пшеничной первого сорта
Содержание пищевых веществ, %:			
белка	9,4	6,9	7,9
жира	3,1	1,3	0,9
углеводов усвояемых	28,0	34,7	51,7
пищевых волокон	6,7	6,3	3,3
Биологическая ценность, %	79,3	74,4	45,5
Энергетическая ценность 100 г хлеба, ккал (кДж)	164 (683)	169 (704)	246 (1031)

Таким образом, сбивной хлеб «Нутелло Лайф» характеризуется повышенной пищевой и биологической ценностью и может быть рекомендован для массового потребления с целью обогащения пищевого рациона белком, пищевыми волокнами и микронутриентами.

#### Литература

1. Магомедов Г.О. Влияние дезинтеграционно-волнового помола на фракционный и аминокислотный состав белков нута / Г.О. Магомедов, М.К. Садыгова, С.И. Лукина, В.Ю. Кустов // Вестник ВГУИТ. – 2013. - № 1. – С. 94-97.
2. Магомедов Г.О. Использование муки из цельносмолотого нута в технологии сбивного хлеба / Г.О. Магомедов, С.И. Лукина, М.К. Садыгова, Н.Е. Реброва // Хлебопродукты. – 2013. – № 11. – С. 42-43.
3. Магомедов Г.О. Научные и практические основы технологии сбивных хлебобулочных изделий / Г.О. Магомедов, Е.И. Пономарева. – Воронеж: ВГТА, 2010. – 248 с.

**Минаков В.Ф.<sup>1</sup>, Минакова Т.Е.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, <sup>2</sup> кандидат технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

#### СПОСОБ ЗАЩИТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ОТ НЕСОСТОЯВШИХСЯ ПУСКОВ

#### Аннотация

*Показана отличительная особенность электромагнитных параметров пусковых режимов электрических двигателей переменного тока, состоящая в возникновении субгармонических составляющих токов статора. На основе их выделения предложен способ токовой защиты электродвигателей.*

**Ключевые слова:** электрический двигатель, надежность, защита.

**Minakov V.F.<sup>1</sup>, Minakova T.E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Doctor of technical science, professor, St. Petersburg State University of economics, <sup>2</sup> PhD of technical science, associate professor, National Mineral Resources University

#### WAY OF PROTECTION OF ENGINES FROM CANCELLED START-UP

#### Abstract

*Distinctive feature of electromagnetic parameters of starting modes of electric motors of the alternating current, consisting in emergence of subharmonic components of currents of a stator is proved. On the basis of their allocation the way of current protection of electric motors is offered.*

**Keywords:** electric motor, reliability, protection.

Наработка на отказ парка трехфазных электродвигателей до настоящего времени остается невысокой [1 - 6]. Ограничение ресурса работы электродвигателей обусловлено отклонением условий работы от номинальных [7]. Одним из наиболее тяжелых режимов, приводящих к ускоренному износу электродвигателей, является несостоявшийся пуск.

Низкое быстродействие используемых защит от несостоявшегося пуска обуславливает актуальность проведения работ по выявлению эффективного признака, характеризующего указанный режим.

Предлагается электромагнитный способ идентификации разворота ротора, основанный на следующих физических процессах при пуске асинхронной машины, отличных от работы машины с заторможенным ротором [8]. Разворот ротора, то есть его ненулевая частота вращения, обуславливает генераторную составляющую электродвижущей силы (ЭДС), а под ее воздействием – токов в контурах статора и ротора машины. Важно, что при пуске двигателя, ввиду его подключения к сети при затухающих потокоцеплениях, возникают аperiodические составляющие обобщенных векторов токов и потокоцеплений, а их произведения на круговую частоту вращения ротора, то есть генераторные ЭДС, имеют субгармонический характер, так как синхронны изменению положения ротора при вращении относительно обобщенного вектора аperiodического потокоцепления. При неподвижном роторе электродвигателя субгармонические составляющие токов отсутствуют.

Субгармонические токи статора электродвигателя, следовательно, являются надежным электромагнитным признаком разворота ротора и могут быть использованы для целей защиты асинхронных и синхронных машин. Авторский способ защиты электродвигателей от аварийных и аномальных режимов основан на использовании следующей последовательности действий:

- выделении аperiodической и субгармонической составляющих в токе статора как разности амплитудных значений положительных и отрицательных;
- отстройке от аperiodических составляющих токов статора временем запрета ускоренного срабатывания защиты в течение первых 120 мс после повышения тока до уровня пускового;
- сохранении информации о знаке разности амплитудных значений положительных и отрицательных полуоволн и сравнении данного знака со знаком каждого последующего периода тока;
- разрешении ускоренного отключения электродвигателя через 120 мс при условии сохранения знака разности амплитудных значений положительных и отрицательных полуоволн тока, либо запрете при изменении знака.

Выдержка времени в 120 мс выбрана из условия превышения субгармоническими составляющими тока статора над апериодическими. Выдержка соответствует наибольшему электромагнитному постоянному времени двигателей большой мощности. Но так как большего быстродействия при пусковых токах не требуется [9 - 11], она сохраняется и при малой мощности.

Достоинствами защиты электродвигателей от несостоявшихся пусков по субгармоническим электромагнитным параметрам двигателей являются высокая надежность, обусловленная отсутствием механических подвижных тахометрических элементов в их составе, а также повышенное быстродействие: время срабатывания составляет 120 мс.

#### Литература

1. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Параллельная работа кабельной и воздушной линий электропередачи // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 11-1 (18). – С. 113-114.
2. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Энергосбережение – мультипликатор эффективности экономики // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 11-2 (18). – С. 60-61.
3. Минакова Т. Е. Оценка потенциала энергосбережения в общественном воспроизводстве // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 3. – С. 127-129.
4. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Синергия энергосбережения при высокой добавленной стоимости продукции // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 26.
5. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Математическая модель кумулятивного эффекта энергосбережения // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2013. – № 1. – С. 197-199.
6. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Исследование динамики производства электроэнергии региона // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2005. – № 4. – С. 74-77.
7. Минакова Т. Е. Многофакторное прогнозирование срока службы трехфазных асинхронных электродвигателей 0,4 кВ по эксплуатационным параметрам: автореф. дисс. ... к.т.н. – Ставрополь. – 2002. – 27 с.
8. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Способ быстродействующей защиты электродвигателей от несостоявшихся пусков // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 9 (76). – С. 113-115.
9. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Модернизация региональных информационных ресурсов в облачные платформы и сервисы // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 10-3 (17). – С. 56-57.
10. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Интеграция средств защиты электродвигателей сельскохозяйственного производства // Научное обозрение. – 2013. № 10. – С. 172-176.
11. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Блочная структура средств релейной защиты и автоматики // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 10 (77). – С. 114-116.

**Минаков В.Ф.<sup>1</sup>, Минакова Т.Е.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, <sup>2</sup> кандидат технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА

*Аннотация*

*Исследованы токовые погрешности трансформаторов тока при отклонении формы тока от синусоидальной. Выполнено сопоставление с погрешностью работы трансформаторов тока при синусоидальной форме тока.*

**Ключевые слова:** трансформатор тока, погрешность, модель.

**Minakov V.F.<sup>1</sup>, Minakova T.E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Doctor of technical science, professor, St. Petersburg State University of economics, <sup>2</sup> PhD of technical science, associate professor, National Mineral Resources University

#### RESEARCH OF ERRORS OF THE CURRENT TRANSFORMER

*Abstract*

*Current errors of transformers of current are investigated at a deviation of a form of current from the sinusoidal. Comparison with a margin error operation of transformers of current is executed at a sinusoidal form of current.*

**Keywords:** current transformer, error, model.

Современные энергосберегающие системы [1, 2, 3, 4] требуют использования электрического привода с глубоким регулированием частоты вращения и безударными пусками. Такие режимы обеспечиваются средствами вентильного преобразования частоты. Однако в режимах переменной частоты и трапецидальной форме токов усложняется трансформация последних.

Разработана математическая модель трансформатора тока (ТТ):

$$\begin{aligned} i_o &= i_1 + i_{2p}, \quad H = i_o \cdot W_2 / l_c, \\ \mu_d &= dB / dH, \quad M_{TTd} = \mu_d \cdot W_2 \cdot Q / l_c, \\ di_{2p} / dt &= -(M_{TTd} \cdot di_1 / dt + i_{2p} \cdot R_2) / (L_2 + M_{TTd}). \end{aligned}$$

Где  $i_1, i_{2p}, i_o$  – токи ТТ: первичный, вторичный, приведенный к первичной цепи, намагничивания;

$B, H, \mu_d, Q, l_c, W_2, M_{TTd}, L_2, R_2$  – магнитная индукция, напряженность, проницаемость, сечение, сечение, длина средней линии магнитопровода, число витков, взаимная индуктивность, индуктивность и активное сопротивление вторичной обмотки ТТ.

Алгоритм и программа расчета переходных и установившихся режимов ТТ на основе такой модели позволяет задавать первичный ток произвольной формы, причем в виде дискретного набора данных для любых моментов времени. Выполнены исследования характеристик работы в цепи синхронной машины при частотно-тиристорном пуске, связывающее погрешность ТТ

с величиной обобщенного параметра  $A_z$ :

$$A_z = \frac{Z_{SH} \cdot f}{Z_2 \cdot I_1 / I_n \cdot f_n};$$

где

$$Z_{SH} = \frac{6 \cdot B_z \cdot W_2 \cdot Q \cdot f_n \cdot W_1}{I_{lm,T,n} \cdot \cos \varphi_2 \cdot W_2}$$

$I_1, I_n, f, f_n$  – текущие и номинальные значения тока и его частоты.

Получены универсальные характеристики погрешности трансформации тока вентильного двигателя – рис. 1.

Установлено, что при работе ТТ в условиях глубокого насыщения ( $A_z = 0,15 \dots 0,35$ ) различие погрешностей по действующему значению при трансформации трапецидального тока и синусоидального максимально и достигает 14%.

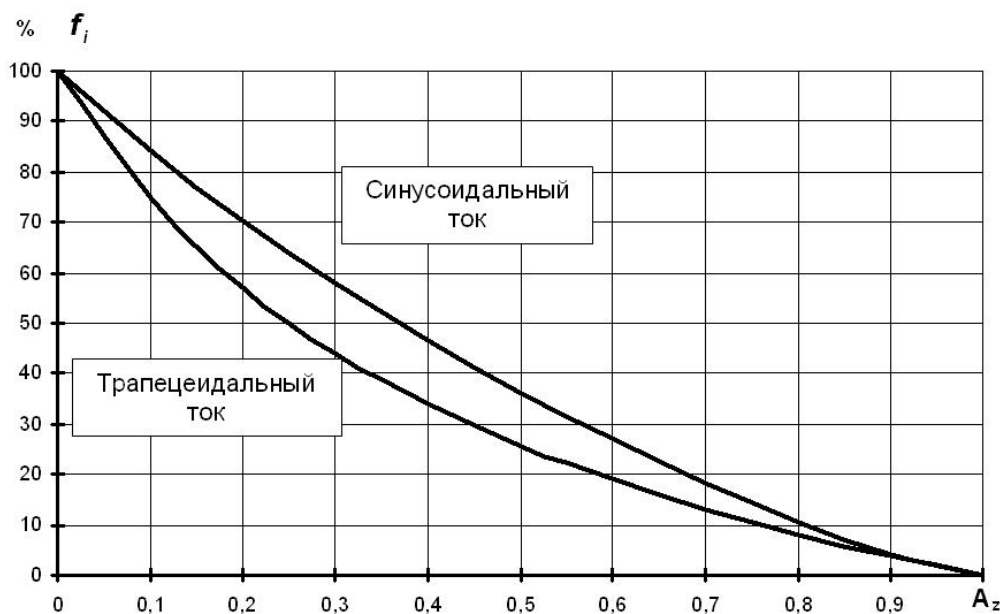


Рис. 1. Погрешности трансформатора тока

Вывод. Снижение погрешности работы трансформаторов тока при трапецидальной форме тока по сравнению с синусоидальной позволяет успешно использовать их в средствах релейной защиты и автоматики [5 - 11] частотно-регулируемых электроприводов.

#### Литература

1. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Энергосбережение – мультипликатор эффективности экономики // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 11-2 (18). – С. 60-61.
2. Минакова Т. Е. Оценка потенциала энергосбережения в общественном воспроизводстве // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 3. – С. 127-129.
3. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Синергия энергосбережения при высокой добавленной стоимости продукции // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 26.
4. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Математическая модель кумулятивного эффекта энергосбережения // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2013. – № 1. – С. 197-199.
5. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Исследование динамики производства электроэнергии региона // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2005. – № 4. – С. 74-77.
6. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Параллельная работа кабельной и воздушной линий электропередачи // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 11-1 (18). – С. 113-114.
7. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Модернизация региональных информационных ресурсов в облачные платформы и сервисы // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 10 (17). – С. 56-57.
8. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Интеграция средств защиты электродвигателей сельскохозяйственного производства // Научное обозрение. – 2013. № 10. – С. 172-176.
9. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Блочная структура средств релейной защиты и автоматики // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 10 (77). – С. 114-116.
10. Минаков В. Ф., Шарипов И. К., Редькин В. М. Принципы создания блочной многофункциональной защиты асинхронных электродвигателей 0,4 кВ // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 1993. – № 6. – С. 77-78.
11. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Способ быстрого действующей защиты электродвигателей от несостоявшихся пусков // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 9 (76). – С. 113-115.

Минакова Т.Е.<sup>1</sup>, Минаков В.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кандидат технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», <sup>2</sup> доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет

#### ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ИЗНОСА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация

Авторская модель износа изоляции электродвигателей 0,4 кВ обобщает влияние комплекса факторов разрушения: температуры, влажности, вибрации, электрического поля.

**Ключевые слова:** надежность, износ, электродвигатель, модель.

## THE GENERALIZED MODEL OF WEAR OF ELECTRIC MOTORS

## Abstract

The author's model of wear of isolation of electric motors 0,4 kV generalizes influence of a complex of factors of destruction: temperatures, humidity, vibration, electric field.

**Keywords:** reliability, wear, electric motor, model.

Анализ опыта эксплуатации электродвигателей [1, 2, 3] позволяет установить, что в 85...95% случаев их выход из строя связан с повреждением изоляции обмоток [4, 5]. Указанный факт обуславливает актуальность разработки моделей старения изоляции электродвигателей и прогнозирования на этой основе сроков их службы. Целью данной работы является синтез обобщенной модели износа изоляции обмоток асинхронных двигателей 0,4 кВ при воздействии комплекса разрушающих факторов: температуры, влажности, вибрации, электрического поля, асимметрии напряжения питания и обмоток двигателей.

Электрическое старение изоляции обмоток адекватно описывается зависимостью остаточного ресурса работы изоляции от уровня напряжения  $U$  [6, 7]:

$$T_{ocm,U} = T_n \cdot 10^{-K_U \cdot \lg(U/U_n)}$$

где  $T_n$ ,  $U_n$  – номинальные значения срока службы и напряжения двигателя,

$K_U$  – коэффициент темпа электрического старения материала.

Модель влияния влажности  $a$  на износ изоляции двигателей по близости к результатам авторских экспериментальных измерений [6]:

$$T_{ocm,a} = T_n / K_a^{(a-a_n)/10}$$

где  $a_n$  – номинальная влажность среды,

$K_a$  – коэффициент, характеризующий стойкость изоляционного материала к влажности.

Влияние вибрации на срок службы изоляции электродвигателей представим в виде [6].

$$T_{ocm,s} = T_n / [1 + K_1 \cdot \ln(1 + K_s \cdot \Delta S_{2m})]$$

где  $K_s$  – коэффициент влияния вибрационного смещения на движение атомов и молекул при химическом взаимодействии (окислении),

$K_1$  – коэффициент ускорения износа изоляции при вибрации,

$\Delta S_{2m}$  – превышение вибрационного смещения над номинальным уровнем.

Тепловое старение при отклонении температуры от номинальной на величину  $\Delta t^\circ$  [6]:

$$T_{ocm,\Delta t} = T_n \cdot e^{-b \cdot \Delta t^\circ}$$

где  $b$  – коэффициент темпа теплового старения.

Обобщение модели износа базируется на принципе независимости влияния каждого фактора разрушения изоляции на закон её старения в функции от других факторов, воздействующих в процессе эксплуатации. Тогда обобщенная математическая модель влияния всей совокупности разрушающих факторов на срок службы электродвигателей приобретает вид:

$$T_{ocm,\Sigma} = T_n \cdot \frac{e^{-b \cdot \Delta t^\circ} \cdot K_a^{(a_n - a)/10} \cdot 10^{-K_U \cdot \lg(U/U_n)}}{1 + K_1 \cdot \ln(1 + K_s \cdot \Delta S_{2m})}$$

Восстановлены коэффициенты аналитической зависимости срока службы изоляции электродвигателей от уровней воздействующих физических факторов [8]. Результаты расчета срока службы позволяют выбирать уставки релейных защит [9 - 12] в зависимости от требуемого срока эксплуатации электродвигателей, планировать сроки и объемы ремонтов, производить обоснованные амортизационные отчисления.

## Литература

1. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Энергосбережение – мультипликатор эффективности экономики // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 11-2 (18). – С. 60-61.
2. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Исследование динамики производства электроэнергии региона // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2005. – № 4. – С. 74–77.
3. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Синергия энергосбережения при высокой добавленной стоимости продукции // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 26.
4. Минакова Т. Е. Оценка потенциала энергосбережения в общественном воспроизводстве // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 3. – С. 127-129.
5. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Математическая модель кумулятивного эффекта энергосбережения // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2013. – № 1. – С. 197–199.
6. Минакова Т. Е. Многофакторное прогнозирование срока службы трехфазных асинхронных электродвигателей 0,4 кВ по эксплуатационным параметрам. Дисс. ... канд. техн. наук. – Ставрополь. – 2002. – 245 с.
7. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Параллельная работа кабельной и воздушной линий электропередачи // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 11-1 (18). – С. 113-114.

8. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Модернизация региональных информационных ресурсов в облачные платформы и сервисы // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 10 (17). – С. 56-57.
9. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Интеграция средств защиты электродвигателей сельскохозяйственного производства // Научное обозрение. – 2013. № 10. – С. 172-176.
10. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Блочная структура средств релейной защиты и автоматики // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 10 (77). – С. 114–116.
11. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Способ быстройдействующей защиты электродвигателей от несостоявшихся пусков // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 9 (76). – С. 113–115.
12. Минаков В. Ф., Шарипов И. К., Редькин В. М. Принципы создания блочной многофункциональной защиты асинхронных электродвигателей 0,4 кВ // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 1993. – № 6. – С. 77-78.

**Минакова Т.Е.<sup>1</sup>, Минаков В.Ф.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Кандидат технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», <sup>2</sup> доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет

### ОТКРЫТАЯ АРХИТЕКТУРА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

*Аннотация*

*Предложена открытая архитектура средств релейной защиты и автоматики, позволяющая расширять конфигурацию комплектов в процессе эксплуатации. При этом исключается дублирование блоков питания, датчиков параметров режимов защищаемого электрооборудования.*

**Ключевые слова:** релейная защита, противоаварийная автоматика, открытая архитектура.

**Minakova T.E.<sup>1</sup>, Minakov V.F.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> PhD of technical science, associate professor, National Mineral Resources University, <sup>2</sup> Doctor of technical science, professor, St. Petersburg State University of economics

### OPEN ARCHITECTURE OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATIC EQUIPMENT

*Abstract*

*The open architecture of means of relay protection and automatic equipment, allowing to expand a configuration of sets in use is offered. Duplication of power units, sensors of parameters of modes of protected electric equipment is thus excluded.*

**Keywords:** relay protection, automatic equipment, open architecture.

Анализ современных подходов к построению систем релейной защиты и автоматики электрооборудования позволяет установить, что наиболее распространенным являет использование такой суммы комплектов защит, которые соответствуют возможным аварийным и аномальным режимам [1, 2]. В их числе: короткие замыкания, перегрузки, витковые замыкания, асимметрия напряжения, отклонение частоты и т. д. [3, 4]. Аналогично подбираются комплекты устройств автоматики [5]. Опыт их эксплуатации показывает, что в каждом комплекте дублируется ряд органов, содержащихся в других: датчиков, логических и исполнительных органов.

В последние годы появились устройства защиты и автоматики, для которых характерна интеграция логических органов отдельных защит в едином микропроцессорном блоке. Такой подход по своей сущности является конвергенцией [6, 7] с эффектом энергосбережения [8 - 10]. Опыт конвергенции защит прогрессивен расширением функциональных возможностей каждого комплекта. Более того, комплекты дополняются библиотекой программного обеспечения для реализации функций автоматики (как противоаварийной, так и технологической). Однако подход сопряжен, во-первых, с потерей основных функций при повреждениях в цепях блоков питания, во-вторых, с дороговизной таких комплектов, средняя цена которых превышает цену среднестатистического защищаемого объекта, например, электродвигателя. Последнее обстоятельство до настоящего времени практически исключало возможность распространения микропроцессорных средств защиты.

Авторами предлагается новая архитектура средств защиты и автоматики, позволяющая использовать возможности конвергенции отдельных компонентов в интегрированную структуру. Для этого выделена шина переменного оперативного тока (клеммы *a* и *b* на рис. 1), одновременно являющаяся цепью подключения контактов исполнительных органов. Кроме того, в структуре интегрированной системы защит выделена шина команд (клеммы *c* и *d*) отдельных логических органов. В качестве шины оперативного тока используется управляющее напряжение разрыва цепи питания коммутирующего органа.

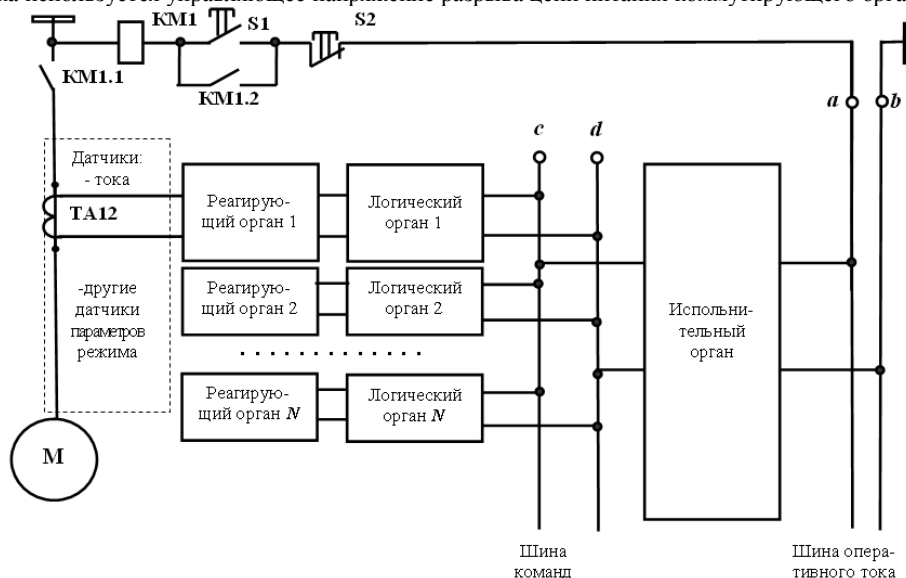


Рис. 1. Структура интегрированной релейной защиты и автоматики

Такое напряжение стандартизовано для ряда уже существующих исполнительных и других органов релейной защиты и автоматики. Напряжение управляющей цепи *c-d* (рис. 1) одновременно выделено в авторской архитектуре в качестве шины команд, что исключает возможность потери защитных свойств, происходящей из-за повреждений блоков питания, например, традиционных микропроцессорных средств защиты и автоматики.



## Литература

1. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Параллельная работа кабельной и воздушной линий электропередачи // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 11-1 (18). – С. 113-114.
2. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Исследование динамики производства электроэнергии региона // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2005. – № 4. – С. 74–77.
3. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Способ быстродействующей защиты электродвигателей от несостоявшихся пусков // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 9 (76). – С. 113–115.
4. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Интеграция средств защиты электродвигателей сельскохозяйственного производства // Научное обозрение. – 2013. № 10. – С. 172-176.
5. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Блочная структура средств релейной защиты и автоматики // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 10 (77). – С. 114–116.
6. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Модернизация региональных информационных ресурсов в облачные платформы и сервисы // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 10 (17). – С. 56-57.
7. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Галстян А. Ш., Шиянова А. А. Обобщенная экономико-математическая модель распространения и замещения инноваций // Экономический анализ: теория и практика. – 2012. – № 47 (302). – С. 49-54.
8. Минакова Т. Е. Оценка потенциала энергосбережения в общественном воспроизводстве // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 3. – С. 127-129.
9. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Математическая модель кумулятивного эффекта энергосбережения // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2013. – № 1. – С. 197-199.
10. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Синергия энергосбережения при высокой добавленной стоимости продукции // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 26.
11. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Энергосбережение – мультипликатор эффективности экономики // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 11-2 (18). – С. 60-61.

**Мирюк О.А.**

Профессор, доктор технических наук, Рудненский индустриальный институт  
**СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СМЕШАННЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ**

*Аннотация*

*В статье дан аналитический обзор тенденций развития технологии магнезиальных вяжущих. Предложен принцип выбора техногенных материалов для смешанного магнезиального вяжущего. Приведен перечень сырьевых компонентов, обоснованных для использования в композициях.*

**Ключевые слова:** магнезиальное вяжущее, техногенные сырьевые материалы.

**Miryuk O.A.**

Professor, Doctor of technical sciences, Rudny Industrial Institute  
**RAW MATERIALS FOR THE MIXED MAGNESIA BINDINGS**

*Abstract*

*The analytical review of the technology development of magnesia binding is given in the article. The principle of a choice of technogenic materials for the mixed magnesia cement is offered. The list of the input products proved for use in compositions is provided.*

**Keywords:** magnesia binding, technogenic raw materials.

Эффективным направлением ресурсосбережения в строительном комплексе является выпуск бесклнкерных комбинированных цементов с использованием техногенных материалов. В ряду комбинированных цементов смешанные магнезиальные вяжущие выгодно отличаются малой энергоемкостью, интенсивным твердением и высокой прочностью.

Анализ научно-технической информации последних лет свидетельствует о возрастающем интересе к магнезиальным материалам. Магнезиальные вяжущие – вещества, активной составляющей которых является оксид магния. Для обеспечения интенсивного твердения и высокой прочности магнезиальные вяжущие затворяют растворами солей. Наибольшее распространение получил магнезиальный цемент – каустический магнезит, затворенный раствором хлористого магния (цемент Сореля). Малая энергоемкость производства снижает себестоимость магнезиальных вяжущих почти вдвое по сравнению с портландцементом. Твердение магнезиальных вяжущих протекает интенсивно и не требует влажной среды и обогрева. Магнезиальные вяжущие по прочности превосходят портландцемент, имеют аномально высокие показатели по прочности на растяжение и изгиб.

Несмотря на потребность строительства в магнезиальном вяжущем, наличие месторождений магнезиального сырья, в Казахстане и России нет промышленного производства, позволяющего прямым обжигом природного магнезита получать качественный активный каустический магнезит целевого назначения. Магнезиальное вяжущее – уловленная пыль, образующаяся при производстве спеченного периклазового порошка – магнезиальный каустический (ПМК–75). Строительные материалы и изделия, получаемые на ПМК – 75, склонны в процессе эксплуатации к непрогнозируемому разрушению вследствие неравномерности изменения объема [1].

Основные причины, сдерживающие широкое распространение магнезиальных вяжущих: ограниченность разработанных месторождений природных магнезитов; небольшие масштабы применения доломитового сырья; низкая водостойкость и усадочные деформации при твердении. Потеря прочности при длительном увлажнении обусловлена растворимостью большинства компонентов затвердевшего камня, включающего гидроксид и гидроксихлориды магния, остаточный оксид магния [1, 2].

Необходимость в малоэнергоемких быстротвердеющих материалах вызвала новый интерес к магнезиальным вяжущим в 1990 – 2000 годы.

Основные усилия направлены на преодоления препятствий массового применения магнезиальных вяжущих. Подготовлены к разработке новые месторождения магнезита. Дефицит природных магнезитов компенсируют использованием более распространенного доломитового сырья, природного брусита, техногенных магнезиальных материалов. Накоплены значительные объемы различных многотоннажных отходов производства с высоким содержанием MgO. Однако техногенное сырье недостаточно изучено и пока мало используется при получении магнезиальных вяжущих веществ.

Предпринимаются многочисленные попытки повысить водостойкость магнезиального цемента путем введения различных добавок. В состав вяжущего вводят гидрофобизирующие компоненты, защищающие поверхность затвердевших частиц водонепроницаемой пленкой. Известные виды добавок обеспечивают различный эффект, однако в большинстве своем дорогостоящие и дефицитные.

Эффективным решением дефицита магнезита служит получение смешанных (композиционных) вяжущих. Смешанные магнезиальные вяжущие содержат минеральный наполнитель и характеризуются повышенной стойкостью к деформациям и воздействию воды.

Необходимость и целесообразность разработки составов и исследования свойств смешанных магнезиальных вяжущих обусловлена следующими факторами: ограниченный объем разработанных месторождений магнезитов; отсутствие организованного промышленного выпуска каустического магнезита; нестабильность качества порошка магнезиального каустического – пыли, уловленной при производстве спеченного периклаза; накопление положительного опыта сочетания магнезиальных вяжущих с многочисленным рядом минеральных веществ природного и техногенного происхождения.

Высокая активизирующая способность каустического магнезита по отношению к различным материалам служит основой для получения смешанных вяжущих и позволяет вовлечь в производство практически все техногенные отходы. Сочетание каустического магнезита с техногенными материалами обеспечивает расширение ассортимента и увеличение объема выпуска магнезиальных цемента [3, 4]. Формирование водостойких структур при твердении смешанных магнезиальных вяжущих достигается введением изначально водостойких минеральных компонентов, преобразованием неустойчивых к воде продуктов твердения, уплотнением структуры камня. Сочетание каустического магнезита с техногенными материалами расширяет ассортимент и увеличение объема выпуска магнезиальных цемента. Преимущества смешанных вяжущих в улучшении физико-механических характеристик при одновременной экономии магнезиального цемента и рациональном использовании природных и техногенных силикатов.

Новым направлением в технологии магнезиальных вяжущих являются композиции из каустического магнезита и гипсового компонента [5].

Все многообразие техногенных материалов, способных к структурообразованию в магнезиальных композициях оксихлоридного твердения, представлено в виде схемы (рис. 1). Основу техногенной базы смешанных магнезиальных вяжущих составляют кремнийсодержащие, алюминийсодержащие и железосодержащие материалы.

Для формирования сырьевой базы смешанных магнезиальных вяжущих предложен принцип обоснованного выбора техногенных наполнителей, предполагающий последовательную комплексную оценку химического и минерального состава, физического состояния материала (рис. 2).

Первый признак – химический состав: материалы с доминированием алюминия, кремния и железа – можно рассматривать как потенциальное сырье для магнезиальных композиций.

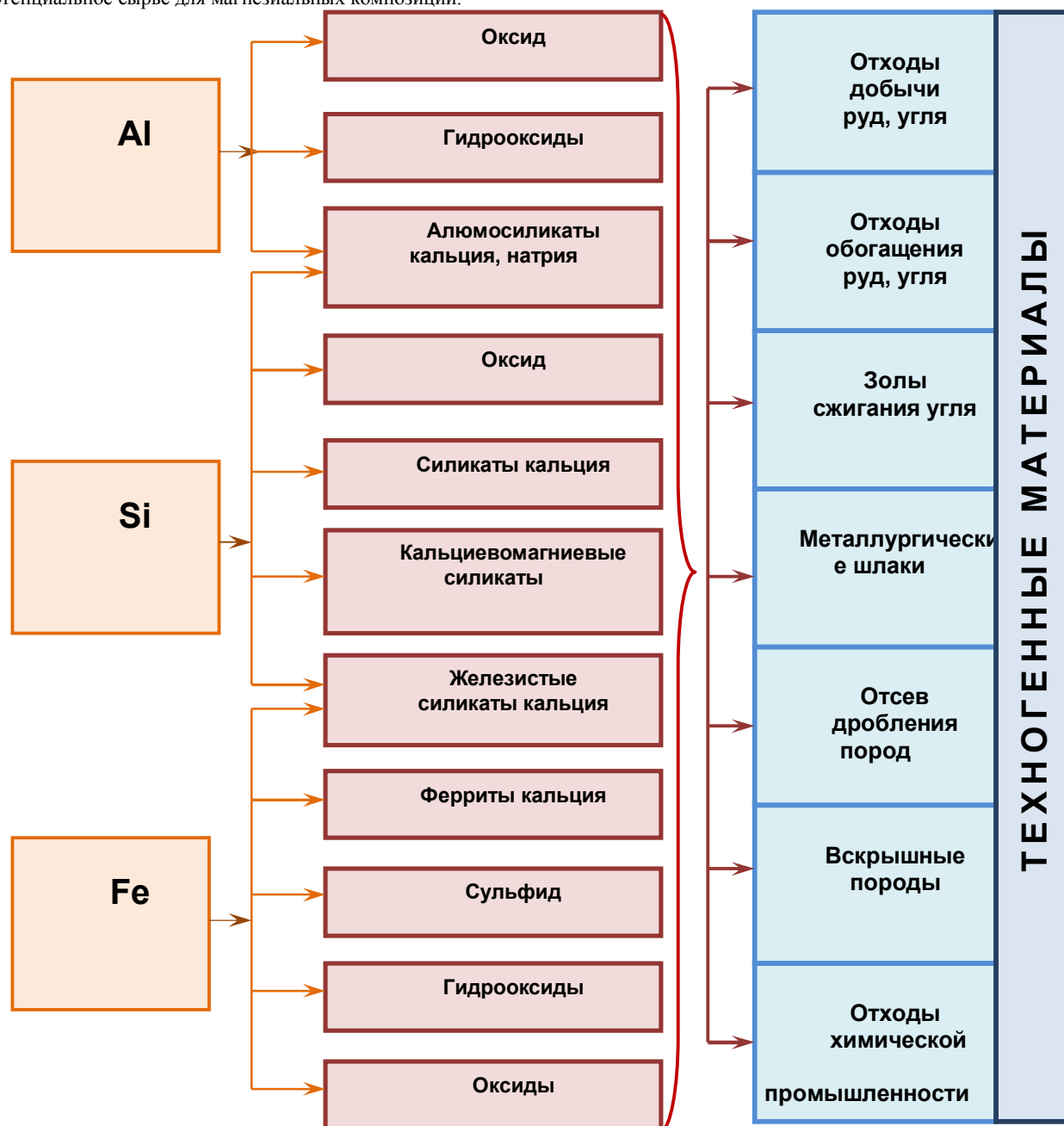


Рис. 1 – Виды техногенных материалов для магнезиальных композиций

Второй признак – минеральный (фазовый) состав: указывает на предпочтительность состава и структуры веществ, носителей алюминия, кремния и железа.

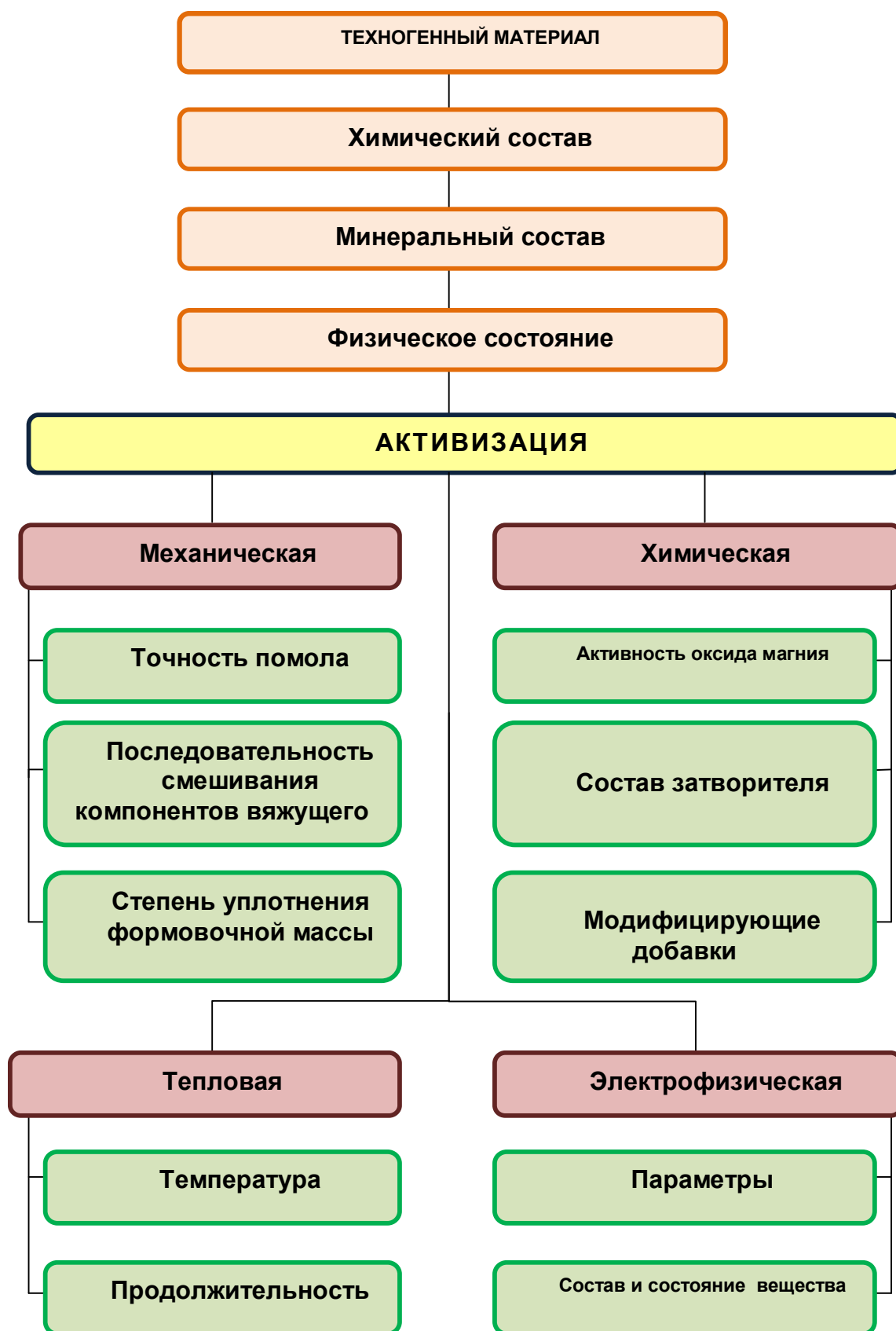


Рис. 2 – Схема оценки и способы активизации техногенного компонента смешанных магнезиальных вяжущих

Третий признак – происхождение техногенного материала, содержащего обозначенные минералы или фазы. Гидратационная способность техногенного материала зачастую характеризующегося сложным химико-минеральным составом, зависит от доли активных соединений и степени влияния других составляющих.

Большинство техногенных материалов являются латентными вяжущими – гидратационная способность невыразительна или практически не проявляется. Такие материалы следует подвергнуть активизации с помощью дополнительных приемов (рис. 2).

Предложенный принцип обоснованного выбора техногенного сырья для магнезиальных композиций реализован при исследовании целого перечня отходов различного происхождения и свойств.

Подтверждено проявление гидратационных свойств под влиянием магнезиального вяжущего оксихлоридного твердения техногенными материалами, обоснованно выбранными согласно предложенному подходу.

## Литература

1. Крамар Л.Я., Черных Т.Н., Орлов А.А., Трофимов Б.Я. Магнезиальные вяжущие из природного сырья. – Челябинск: «Искра-Профи». 2012. – 146 с.
2. Корнеев В.И., Сизоренко А.П., Медведева И.Н., Новиков Е.П. Особобыстротвердеющие магнезиальные вяжущие // Цемент. – 1997. – № 1. – С. 33 – 36. – № 2. – С. 25 – 28.
3. Зырянова В.Н., Лыткина Е.В., Бердов Г.И. Влияние минеральных наполнителей на свойства магнезиальных вяжущих // Техника и технологии силикатов. – 2010. – Т. 11. – № 2. – С. 65 – 72.
4. Мирюк О.А. Влияние различных факторов на твердение магнезиальных вяжущих // Известия вузов. Строительство. – 2007. – № 6. – С. 43 – 46.
5. Плеханова Т. А., Яковлев Г. И. Магнезиального вяжущее, модифицированное сульфатными добавками // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2006. – №3 – 4. – С. 34 – 35.

Антонов А.В.<sup>1</sup>, Михайленко В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Инженер 3 категории. Государственное предприятие «Харьковское агрегатно-конструкторское бюро», г. Харьков, Украина.

<sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент, Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков, Украина

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ЩЕЛОЧНОГО КОМПЛЕКСНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ДЛЯ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ДИОКСИДА СВИНЦА

### Аннотация

В статье рассмотрена возможность стабилизации щелочного комплексного электролита при помощи погружения в раствор металлического свинца при электролизе. В этом качестве может использоваться как свинцовая стружка, так и губчатый свинец, образующийся на катоде. Рассчитаны скорости реакций образования и восстановления соединений четырехвалентного свинца в электролите, установлены соотношения соотношения активных поверхностей для стабильного получения анодного покрытия из диоксида свинца в течение длительного времени.

**Ключевые слова:** диоксид свинца, щелочной комплексный электролит, плюмбиты, плюмбаты.

Antonov A.V.<sup>1</sup>, Mykhaylenko V.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engineer 3-katagory. State enterprise «Kharkov aggregate-construction bureau», Kharkov, Ukraine.

<sup>2</sup>PhD in technical science, associate professor. A. M. Pidhorny Institute for Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine, Kharkov, Ukraine.

## INVESTIGATION OF STABILITY OF ALKALINE COMPLEX ELECTROLYTE FOR THE ELECTRODEPOSITION OF LEAD

### Abstract

The possibility of stabilizing of alkaline complex electrolyte is considered in the article through immersion in solution of metallic lead at electrolysis. Both the leaden shaving and cathode spongy lead, formed on cathode, can be used for this effect. Speeds of reactions of formation and reduction of 4-valent plumbum joins in electrolyte are calculated, installed ratio of active surfaces in order to obtain stable anode coating of lead dioxide for a long time.

**Keywords:** lead dioxide, alkaline complex electrolyte, plumbites, plumbates.

Проблема производства стойких инертных анодов остро стоит перед современной технической электрохимией. Диоксид свинца, нанесенный на металлическую основу, в качестве инертного анода в ряде случаев не уступает платине, а иногда и превосходит ее по своим каталитическим свойствам.

Из всех растворов для электроосаждения анодного покрытия из диоксида свинца щелочной трилонатный электролит отличается высоким качеством получаемого покрытия, отсутствием в нем внутренних напряжений, возможностью покрывать детали сложного профиля. Однако, после прохождения 5...6 А·час./дм<sup>3</sup> электричества раствор сначала приобретает розово-кирпичную окраску, а затем на стенках ванны и других поверхностях начинается образование кирпично-красных осадков. Как написано в работе [1], эти отложения состоят из смешанных оксидов свинца Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> та Pb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ранее нами было установлено [2], что указанные осадки образуются в результате накопления в электролите плюмбатов вследствие неполного осаждения PbO<sub>2</sub> на аноде (выход по току примерно 99%), а также при подпитке электролита техническим оксидом свинца (II), содержащим небольшое количество соединений четырехвалентного свинца.

Поскольку масса образующегося при электрохимической реакции вещества пропорциональна количеству прошедшего через раствор электричества, и убыль в электролите плюмбитов, а следовательно, и масса добавляемого оксида свинца подчиняется такой же закономерности, нарастание концентрации плюмбатов в растворе при электролизе происходит в соответствии с формулой

$$m = K_1 q, \quad (1)$$

где  $K_1 = 1,994 \times 10^{-4}$  моль/А·ч – коэффициент в уравнении накопления соединений четырехвалентного свинца, рассчитанный исходя из экспериментальных данных, приведенных на рис. 1. С другой стороны, в соответствии с законом Фарадея

$$m = \frac{I \tau \times \Theta}{z \Phi}, \quad (2)$$

где  $m$  – количество образованного плюмбата во время опыта;  $I = 0,2$  А – сила тока через ячейку;  $\tau$  – время электролиза, с;  $\Theta$  – выход по току в реакции образования плюмбатов;  $z = 2$  – изменение заряда иона при переходе плюмбита в плюмбат;  $\Phi = 26,81$  А·ч/моль – число Фарадея.

Таким образом,

$$K_1 = \frac{\Theta}{z \Phi}, \quad (3)$$

отсюда  $\Theta = 1,069 \times 10^{-2}$ .

Из приведенных графиков видно, что когда катодный процесс и осадок металлического свинца принимает участие в электролизе (при отсутствии разделяющей катод и анод диафрагмы) накопление плюмбатов в растворе идет гораздо медленнее, чем в случае исключения катодного процесса. Таким образом, на поверхности металлического свинца протекает восстановление анионов плюмбата.

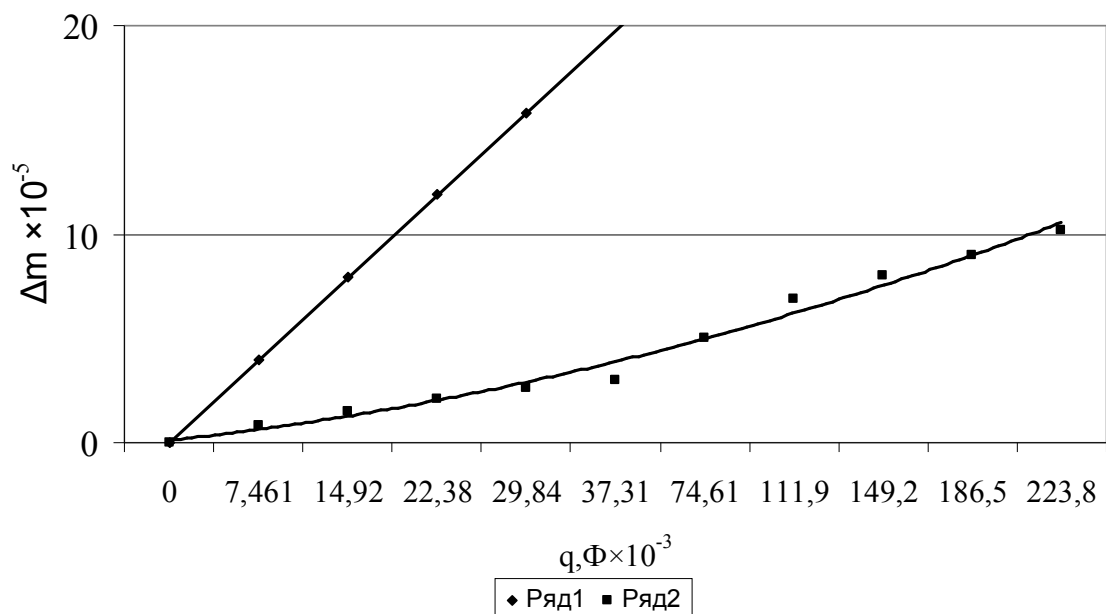


Рис. 1 - Кинетика накопления плюмбатов в трилонатном электролите,  $\Delta m$ , моль в зависимости от количества прошедшего электричества  $q$ ,  $\Phi$ . 1 – с отделением катодного пространства; 2 – без отделения катодного пространства.

В ходе экспериментов было замечено, что катодный осадок свинца имел кристаллический характер, и его кристаллы были покрыты тонким желтоватым слоем гидроксида свинца (II). Следовательно, поскольку электролит в ходе электролиза постоянно подпитывали свежесажженным гидроксидом свинца (II), и электролит поддерживался в насыщенном состоянии, поверхность металлического свинца быстро пассивировалась продуктами восстановления плюмбата, и дальнейший процесс восстановления замедлялся.

Подпитка электролита свежесажженным гидроксидом свинца в промышленных условиях практически невозможна. Реальный процесс производства анодов в заводских условиях должен предполагать подпитку электролита оксидом свинца (II). Это приведет к дополнительному накоплению плюмбатов в электролите. Средняя концентрация соединений четырехвалентного свинца в техническом оксиде двухвалентного свинца составляет  $0,9 \times 10^{-3}$  моль/кг. Тогда константа скорости накопления плюмбатов, определенная расчетным путем составит  $K_2 = 1,999 \times 10^{-4}$  моль/А·час. На практике повышение концентрации плюмбатов за счет подпитки раствора товарным оксидом свинца (II) будет носить ступенчатый характер в соответствии с загрузкой в электролит очередных порций реагента.

Насыщенная концентрация плюмбатов в трилонатном электролите для осаждения диоксида свинца составляет  $1,9 \times 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup>, таким образом, можно предполагать, что при концентрации плюмбатов, равной половине насыщенной ( $10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup>) образование донных отложений полностью прекратится.

Восстановление четырехвалентного свинца на поверхности металлического свинца является классическим гетерогенным процессом, подчиняющимся уравнению

$$\frac{dm}{d\tau} = -K'SC \quad (4)$$

где  $m$  – количество прореагировавшего четырехвалентного свинца, моль;

$C$  – концентрация четырехвалентного свинца, моль/м<sup>3</sup>;

$\tau$  – время от начала процесса, часы;

$K'$  – константа скорости процесса восстановления, м/час.;

$S$  – поверхность металлического свинца, м<sup>2</sup>;

$V$  – объем раствора, м<sup>3</sup>.

$$\frac{VdC}{d\tau} = -K'SC, \quad (5)$$

$$\frac{dC}{d\tau} = -K' \frac{S}{V} C \quad (6)$$

Данное уравнение поддается разделению переменных и аналитическому решению.

$$\frac{dC}{C} = -K' \frac{S}{V} d\tau \quad (7)$$

$$\ln \frac{C}{C_0} = -K' \frac{S}{V} \tau \quad (8)$$

$$C = C_0 e^{-K' \frac{S}{V} \tau} \quad (9)$$

где  $C_0$  – начальная концентрация плюмбатов, моль/м<sup>3</sup>.

На рис. 2 представлена зависимость остаточной концентрации плюмбатов в электролите от времени контакта его с поверхностью металлического свинца. Условия эксперимента: объем раствора – 200 см<sup>3</sup>, поверхность металлического свинца – 30 см<sup>2</sup>. Точками обозначены экспериментальные данные.

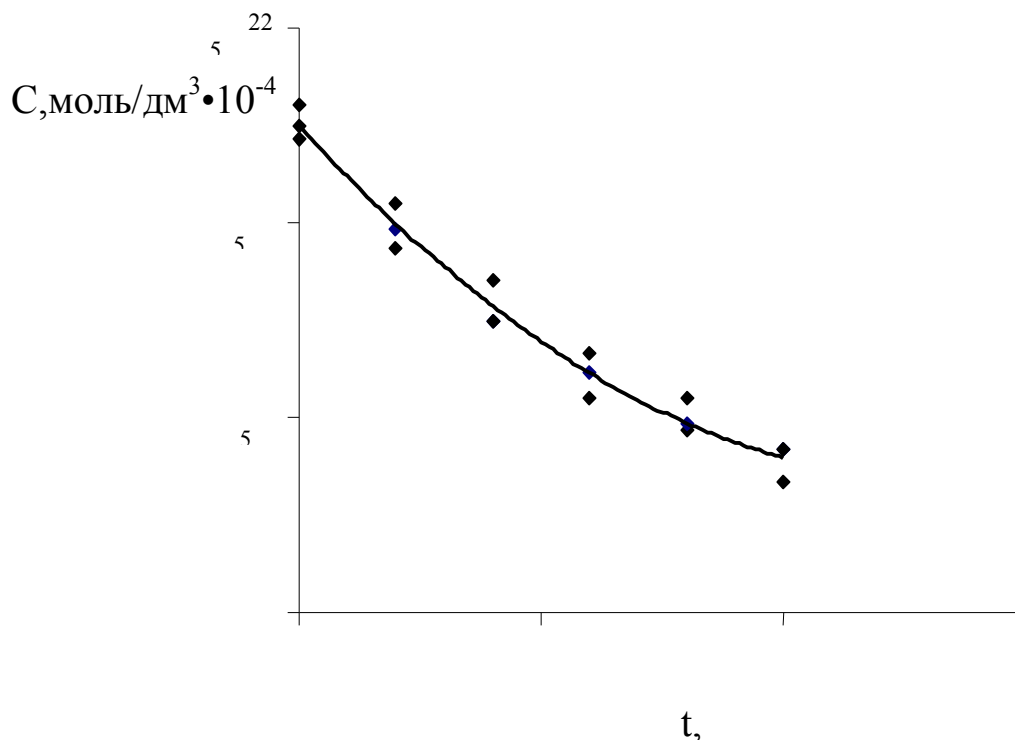


Рис. 2 - Кинетика восстановления соединений четырехвалентного свинца в трилонатном электролите на активной поверхности металлического свинца.

Полученные экспериментальные данные позволили рассчитать константу скорости реакции восстановления плюмбатов  $K'$ , которая равняется  $3,512 \times 10^{-2}$  м/час.

Определение констант скорости в процессах накопления и восстановления плюмбатов позволяет рассчитать необходимое соотношение поверхностей анода и металлического свинца, погруженного в электролит. В соответствии с уравнением 1

$$m = Kq$$

Преобразуем это уравнение в дифференциальную форму.

$$\frac{dm}{dq} = K \quad (10)$$

$$\frac{dm}{iS_A d\tau} = K \quad (11)$$

$$\frac{dm}{d\tau} = KiS_A \quad (12)$$

где  $i$  – плотность анодного тока, А/м<sup>2</sup>, которая для получения ненапряженного осадка составляет 200 А/м<sup>2</sup>;  
 $S_A$  – площадь поверхности анода, м<sup>2</sup>.

С другой стороны, в соответствии с уравнением (4)

$$\frac{dm}{d\tau} = -K'S_{Pb}C$$

где  $S_{Pb}$  – площадь поверхности металлического свинца, погруженного в раствор, м<sup>2</sup>;  
 $C$  – концентрация плюмбатов, моль/м<sup>3</sup>.

Приравняв скорости образования и восстановления плюмбатов, получаем следующее уравнение:

$$KiS_A = K'S_{Pb}C \quad (13)$$

Отсюда критерий стабильности раствора:

$$\frac{S_{Pb}}{S_A} = \frac{Ki}{K'C} \quad (14)$$

Расчет показывает, что для трилонатного электролита при питании его техническим оксидом свинца (II) с учетом необходимости поддержания в растворе концентрации плюмбата, равной половине насыщенной ( $10^{-1}$  моль/м<sup>3</sup>) минимальное соотношение площадей свинца и анода составляет 5,99.

Таким образом, разработан способ предупреждения образования донных обложений при электроосаждении оксида свинца (IV) из щелочных растворов. Способ заключается в погружении в электролит металлического свинца, на поверхности которого происходит восстановление плюмбатов до плюмбитов, которые затем участвуют в процессе электроосаждения PbO<sub>2</sub>.

#### Литература

- 1 Джафаров Э.А. Электроосаждение, свойства и применение двуокиси свинца. – Баку: Изд-во АН Азерб ССР, 1967, – 150 с.



2 Антонов О. В., Михайленко В. Г., Тульский Г. Г. Вдосконалення технології одержання свинцю двоокисного покриття з лужних електролітів // Вісник Харківського національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. – Харків:НТУ „ХПІ”. – 2008. - №16. – С. 8 – 11.

Мухутдинов И.М.<sup>1</sup>, Орлов А.Г.<sup>2</sup>, Фролов М.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Студент; <sup>2</sup>студент; <sup>3</sup>студент, Оренбургский государственный университет;

## ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ПОСЛЕДНИЕ РАЗРАБОТКИ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ

*Аннотация*

*В данной статье рассмотрено – виды наиболее эффективных ветроэнергетических установок, а также новые конструкции ветроустановок и их применение в жизни людей.*

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, воздушный поток, ветроагрегат, энергоэффективность.

Muhutdinov I.M.<sup>1</sup>, Orlov A.G.<sup>2</sup>, Frolov M.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Student; <sup>2</sup>student; <sup>3</sup>student, Orenburg State University

## WIND POWER PLANTS AND RECENT DEVELOPMENTS IN THIS AREA

*Abstract*

*In given article is devoted to the species and the most efficient wind turbines, as well as new designs of wind turbines and their application in the lives of people.*

**Keywords:** wind energy, air flow, wind turbine, energy efficiency.

Как известно, во всем мире основными источниками энергии являются невозобновляемые источники, такие как нефть, газ, уголь и т.д. С каждым годом с ростом численности населения и их потребностями происходит увеличение потребления энергии, что на сегодняшний день делает актуальной проблему постепенного сокращения запасов традиционных энергоресурсов, ростом цен на жидкое топливо и зависимость от импортируемого топлива. Всё это привело к возрождению исследований, направленных на расширение возможности преобразования ветра в пригодный для использования вид энергии.

Энергия ветра на земле неисчерпаема, т.е. это возобновляемый источник энергии. Ветер является одним из наиболее мощных энергетических источников. Многие столетия человек пытается превратить энергию ветра себе на пользу, строя ветростанции, выполняющие различные функции: мельницы, водяные насосы, электростанции. Как показала практика и опыт многих стран, использование энергии ветра крайне выгодно, поскольку, во-первых, стоимость ветра равна нулю, во-вторых, электроэнергия получается из энергии ветра, а не за счет сжигания углеродного топлива, продукты горения которого известны своим опасным воздействием на человека, в-третьих, осуществляется обеспечение децентрализованных потребителей и регионов с дальним и сезонным завозом топлива и снижение расходов на дальнепривозное топливо.

Эффективными и все больше и больше входящими в наш обиход преобразователями ветра являются ветроэнергетические установки (ВЭУ). ВЭУ – комплекс технических устройств для преобразования кинетической энергии ветрового потока в какой-либо др. вид энергии. Ветроэнергетические установки достигли сегодня уровня коммерческой зрелости и в местах с благоприятными скоростями ветра могут конкурировать с традиционными источниками электроснабжения. Из всевозможных устройств, преобразующих энергию ветра в механическую работу, используются лопастные машины с горизонтальным валом, устанавливаемым по направлению ветра и намного реже применяются устройства с вертикальным валом.

ВЭУ с горизонтальной осью вращения, имеющие две или три лопасти, установленные на вершине башни – наиболее распространенный тип ветрогенераторов. Ведущий вал ротора, соединяющий лопасти с генератором считается осью машины. У ВЭУ с горизонтальной осью вращения ведущий вал ротора расположен горизонтально. Чаще всего, установки с горизонтальной осью вращения имеют две или три лопасти, хотя есть и модели с большим количеством лопастей. ВЭУ с большим количеством лопастей обычно работают при низких скоростях вращения, в то время как установки с двумя или тремя лопастями должны вращаться с очень высокой скоростью, чтобы максимально охватить ветровые потоки, проходящие через площадь ротора. Теоретически, чем больше лопастей у ротора, тем эффективней должна быть его работа. Однако, это не так. Ветроэнергетические установки с большим количеством лопастей менее эффективны, чем установки с двумя или тремя лопастями, так как лопасти создают помехи друг другу и менее прочны.

У ВЭУ с вертикальной осью вращения ведущий вал ротора расположен вертикально. Лопасти такой установки – длинные, обычно дугообразные. Они прикреплены к верхней и нижней частям башни. Благодаря вертикальному расположению ведущего вала ротора ВЭУ, в отличие от ВЭУ с горизонтальной осью вращения, захватывают ветер, дующий в любом направлении, и для этого им не нужно менять положение ротора при изменении ветровых потоков.

К сожалению как и у любой другой установки ветроэнергетическая установка обладает рядом недостатков: неравномерность поступления энергии, дороговизна оборудования, шум от работы ветродвигателей, вредные для людей и животных низкочастотные вибрации, обледенение лопастей, образующее осколки, гибель птиц и летучих мышей. Необходимо четко представлять себе, что ветроустановка работает только тогда, когда есть ветер. Наибольший ветровой потенциал наблюдается на морских побережьях, на возвышенностях и в горах. Однако существует еще много других территорий с потенциалом ветра, достаточным для его использования в ветроэнергетике. Энергетические установки обычно используют ветер в приземном слое на высоте до 50 - 70 м, реже - до 100 м от поверхности Земли, поэтому наибольший интерес представляют характеристики движения воздушных потоков именно в этом слое. Важнейшими характеристиками, определяющей энергетическую ценность ветра, являются его скорость и плотность.

Непостоянство скорости ветра заставляет либо устанавливать параллельно с ВЭУ аккумуляторную батарею, либо резервировать ее установкой на органическом топливе. Естественно, это повышает стоимость установки и ее эксплуатации, поэтому распространение таких установок пока невелико.

В развивающихся странах интерес к ВЭУ связан в основном с автономными установками малой мощности (0,5-4 кВт), которые могут использоваться в деревнях, удаленных от систем централизованного электроснабжения. Такие установки уже сегодня конкурентоспособны с дизелями, работающими на привозимом топливе.

На сегодняшний день доля ветроэнергетики в мировом энергопроизводстве составляет 1%, причем в некоторых странах на долю энергии вырабатанной за счет ветра, приходится 20% и более от общего объема энергопоставок.

Так, в США установлено более 1,5 млн. кВт мощностей ВЭУ, в Дании ВЭУ производят около 3% потребляемой страной энергии. Велика установленная мощность ВЭУ в Швеции, Нидерландах, Великобритании и Германии. На сегодняшний день идет изучение, разработка и внедрение новых видов преобразователей ветра. Китайским конструктором Цзян Цянь и его итальянский коллега Алессандро Леонетти Лупарини создали ветроагрегат под название Т-Вокс, который улавливает воздушный поток проезжающего поезда со скоростью до 240 км/ч. Такая скорость поезда образует воздушный поток со скоростью до 15 м/с. Т-Вокс помещается под землю между шпалами — на поверхности остаются только вентиляционные отверстия. Внутри расположена турбина, которая и преобразует ветер в электричество. Если 200-метровый поезд пройдет этот участок со скоростью 300 км/ч, суммарная мощность полученной энергии составит 2,6 кВт.

Еще одной последней разработкой является ветроустановка от фирмы Magenn Power Air Rotor System. Установка представляет собой аэростат, наполненный гелием, по бокам которого размещены два генераторных блока и удерживаемый с

помощью привязи. Сам аэростат и является ротором с горизонтальной осью вращения. Устройство работает за счет эффекта Магнуса – возникновения подъемной силы в результате циркуляции воздуха вокруг твердого тела.

Традиционные ветряные генераторы эффективны при скоростях ветра от 3 до 28 м/с, а на высоте, куда можно поднять баллон MARS, скорость ветра может достигать гораздо больших значений (120-300 м), что увеличивает скорость вращения. Мощность установки составляет от 1кВт и выше. Ещё одно преимущество – лёгкость монтажа. Также он абсолютно экологичен, и не приносит вреда птицам.

Однако MARS имеет и свои недостатки. Такие генераторы смогут работать только в тёплое время года или в странах с постоянным теплым климатом, так как при нулевой температуре и сильном ветре конструкция будет обледеневать и разрушаться. При сильных порывах возможен даже разрыв троса. Также при установке требуется согласование с авиационными службами.

Все эти устройства требуют дальнейшего изучения, разработки и рассмотрение возможного применения на территории Российской Федерации.

#### Литература

1. Строительство и недвижимость [Электронный ресурс] URL: <http://www.nestor.minsk.by> (дата обращения 15.12.2013).
2. Компания ООО «АЭнерджи» [Электронный ресурс] URL: <http://aenergy.ru> (дата обращения 12.12.2013).
3. Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс] URL: <http://minenergo.gov.ru/> (дата обращения 12.12.2013).

Пакляченко М.Ю.

Адъюнкт кафедры информационной безопасности, Воронежский институт МВД России

#### ПРИМЕНЕНИЕ ИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация

*В статье проводится обзор итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений. Приводятся необходимые и достаточные условия сходимости методов. Обосновывается выбор оптимального метода решения с учетом определенных требований. Предложенный анализ представляет интерес для математического моделирования многоканальных систем.*

**Ключевые слова:** метод простых итераций, сходимость, устойчивость, система линейных алгебраических уравнений.

Paclayachenko M.Y.

Post-graduate cadet of the Information Security chair, Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

#### APPLICATION OF THE ITERATIVE METHODS OF SYSTEMS OF LINEAR ALGEBRAIC EQUATIONS SOLUTIONS FOR MULTI-CHANNEL INFORMATION SYSTEMS ANALYSIS

Abstract

*The article reviews iterative methods of solution systems of linear algebraic equations is spent. The required and adequate conditions for the convergence of methods are resulted. The choice of the optimal method of solution with specified requirements is proved. The suggested analysis is significant to the mathematical modeling of multi-channel systems.*

**Key words:** iteration, method of simple iterations, convergence, constancy, system of linear algebraic equations, matrix.

Для решения задач обработки информации в случае изменяющейся во времени интенсивности потоков данных  $P(t)$ , в особенности наличия пиковых выбросов, применяют многоканальные системы с резервированием. При обработке информации в многоканальных системах с параллельным включением каналов важными характеристиками системы является быстроедействие (скорость перераспределения информации между каналами) и устойчивость к динамическим перегрузкам.

Математическое моделирование информационных систем такого рода может осуществиться на основе систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), в матрице коэффициентов которой элементы главной диагонали отражают свойство изоморфности канала, а остальные элементы - взаимосвязи между каналами, определяющие быстроедействие подсистемы распределения информации между каналами (диспетчеризация) и устойчивость к динамическим нагрузкам.

Скорость сходимости решения СЛАУ может характеризовать быстроедействие многоканальной системы, а устойчивость сходимости - реакцию системы на динамические перегрузки. Дополнительным достоинством СЛАУ как прототипа математической модели многоканальной системы являются возможность учета неоднородностей каналов и взаимосвязей между ними в значениях соответствующих коэффициентов.

В связи с этим итерационные методы (ИМ) решения СЛАУ представляют интерес для анализа многоканальных систем, поскольку пошаговое воспроизведение процедур с получением промежуточных решений может отождествляться с динамической реакцией системы.

Итерационные методы решения характеризуются тем, что при их реализации точное решение системы представляется как предел некоторой бесконечной последовательности векторов (приближений). Простота вычислительных схем и однообразие производимых операций делают эти методы удобными при использовании вычислительной техники для решения СЛАУ, описывающих некоторые информационные процессы (например, обработка или передача информационных потоков) в информационных системах.

Одно из значимых свойств таких методов решения – самоисправляемость [3]. При их использовании отдельный сбой в вычислениях не приведет к ошибкам в окончательном результате, он может лишь увеличить число проводимых итераций. Так же преимущество итерационных методов перед точными состоит в том, что они позволяют достичь решения с заданной точностью гораздо быстрее. Кроме того, они применимы для решения СЛАУ больших размерностей (порядка  $10^7$ ).

В зависимости от применяемого подхода ИМ могут быть основанными на расщеплении, вариационного типа, проекционного типа. Примером итерационных методов, основанных на расщеплении, могут служить метод простых итераций (МПИ), метод Якоби, метод Зейделя и др. К классу вариационных ИМ относят метод минимальных невязок, метод скорейшего спуска и т.д.

Существенными характеристиками ИМ являются сходимость и устойчивость. ИМ будет сходящимся, если для любого начального приближения можно построить последовательность, сходящуюся к точному решению уравнения. Таким образом, сходимость определяется близостью получаемого численного решения задачи к истинному решению. Устойчивость представляется как особенность вычислительного процесса, заключающаяся в росте промежуточных значений и в накоплении ошибок округления. При устойчивом методе малое приращение исходных данных приводит к малому изменению искомого.

#### Метод простой итерации

Практически вычислять простые итерации СЛАУ вида  $Ax = f$  можно двумя способами.

1) по формуле:

$$x^{(k+1)} = Bx^{(k)} + b,$$

(1)

компоненты последующего приближения находятся суммой матрицы перехода, представленной разностью единичной и исходной матриц, умноженных на начальное приближение, и столбца свободных членов. Начальное приближение можно выбирать произвольно (обычно в качестве  $x^{(0)}$  выбирают столбец свободных членов  $b$ ). Здесь каждое найденное приближение рассматривается как исходное. Это придает МПИ самоисправляющийся характер, но недостатком этого может быть большое количество проводимых итераций.

2) по формуле:

$$x^{(k)} = b + Bb + B^2b + \dots + B^k b \quad (2)$$

Такая организация удобна своим единообразием процесса, и тем, что каждое слагаемое этой суммы является лишь поправкой к найденному приближению. Но при этом самоисправляемость теряется, возникает чувствительность к случайным ошибкам, накопление ошибок при округлении от возрастания числа слагаемых.

Судить о сходимости метода можно при помощи достаточных признаков, связанных непосредственно с самой матрицей перехода и ее элементами.

Теорема 1: для того, чтобы МПИ сходил при любом начальном приближении, необходимо и достаточно, чтобы все собственные значения матрицы перехода были по модулю меньше единицы.

Теорема 2: для того, чтобы МПИ сходил, достаточно, чтобы какая-либо норма матрицы была меньше единицы (фактически это следствие теоремы 1).

Теорема 3: для того, чтобы МПИ сходил, достаточно, чтобы матрица системы обладала преобладанием диагональных элементов [1].

Скорость сходимости определяют оценки погрешности метода. Сравнить точность двух последовательных приближений можно по формуле:

$$\|x^{(*)} - x^{(k)}\| \leq \|B\| \|x^{(*)} - x^{(k-1)}\| \quad (3)$$

Касательно вычислительной неустойчивости, можно отметить, что метод является устойчивым, при соблюдении достаточного условия сходимости. В этом случае, он так же будет самоисправляющимся, т.е. отдельная ошибка в вычислении новых приближений не отразится на результате, т.к. ошибочное приближение всегда можно рассматривать за начальное.

#### Метод Якоби

Данный метод является модификацией МПИ, работающей на матрице перехода, приведенной к специальному виду путем деления уравнений на диагональные элементы матрицы системы.

Так как метод Якоби представляет собой модифицированный МПИ, с априорным выполнением требования теоремы 3 то для осуществления сходимости требуется выполнение условий теоремы 1 или теоремы 2.

Скорость сходимости, исходя из определения точности, будет зависеть от нормы матрицы перехода.

#### Метод Некрасова

Этот метод является модификацией рассмотренного выше метода, которая заключается в определенном преобразовании матрицы системы. Производится ее разложение на диагональную и треугольные матрицы, в одной из которых элементы, стоящие выше главной диагонали и на ней равны 0, а остальные численно равны соответствующим элементам матрицы системы, в другой треугольной матрице – наоборот: элементы ниже главной диагонали и стоящие на ней – нули, а стоящие выше численно равны элементам  $a_{ij}$ .

Для того, чтобы метод Некрасова сходил при любом начальном приближении необходимо и достаточно, чтобы все собственные значения матрицы перехода были по модулю меньше единицы. Т.о. характер сходимости и ее скорость рассматриваемого метода аналогичны рассматриваемым характеристикам порождающего метода.

#### Метод Зейделя

Данный метод - модификация МПИ, в итерационном процессе которого, при вычислении последующих координат вектора  $x^{(k+1)}$  используются уже найденные компоненты этого вектора.

При реализации данного ИМ производится расщепление на диагональные матрицы не матрицы системы (как в методе Некрасова), а матрицы перехода, причем первая из расщепляющих треугольных матриц (элементы, стоящие выше главной диагонали и на ней, которой равны нулю) коммутирует с найденными компонентами искомого вектора.

Области сходимости метода Зейделя и МПИ различны. Для того, чтобы метод Зейделя сходил необходимо, чтобы норма произведения матрицы расщепления и второй треугольной матрицы была меньше 1. Проверка этого условия затруднительна. Для ускорения сходимости метода Зейделя применяют ускоряющие коэффициенты, определяющие иной ИМ - метод релаксации [2].

#### Метод релаксации

Метод релаксаций содержит свободный параметр, изменяя который можно получать различную скорость сходимости итерационного процесса.

Согласно методу Зейделя компоненты вектора  $x^{(k+1)}$  вычисляются в строго определенном порядке, определенном порядком следования компонент. Так как все компоненты вектора равноправны, то можно начинать вычисления с любой компоненты, при этом порядок нахождения компонент можно подчинить какому-нибудь разумному принципу. Например, в первую очередь можно исправлять ту компоненту решения, которая хуже найдена, чтобы при нахождении других компонент участвовало уже улучшенное ее значение. Эта идея ослабления влияния «плохой» компоненты может быть осуществлена по-разному.

О точности приближенного значения можно судить по величине вектора ошибки, однако, этот вектор невозможно вычислить, не зная точного решения. Поэтому иногда прибегают к вектору, который отражает разность между приближением на определенном шаге и предшествующем ему приближением, вычисляемым по формуле:

$$\delta^{(k)} = x^{(k)} - x^{(k-1)} \quad (4)$$

Тогда при нахождении вектора  $x^{(k+1)}$  вычисляют его компоненты в порядке убывания модулей компонент вектора  $\delta^{(k)}$ , т.е. первой находится та компонента вектора  $x^{(k+1)}$ , номер которой совпадает с номером максимальной по модулю компоненты вектора  $\delta^{(k)}$ .

О точности релаксационного метода можно судить по вектору ошибки или вектору невязки. Условие сходимости определяется так: если в процессе релаксации для системы с положительно определенной матрицей выполнены условия такие

что, последовательность ведущих индексов  $i_1 \dots i_k$  имеет интервал повторяемости и множители релаксации  $q_k$  удовлетворяют условию формулы:

$$\varepsilon \leq q_k \leq 1 - \varepsilon \quad (5)$$

Учитывая вышесказанное, можно сделать следующие выводы. Итерационные методы позволяют построить последовательность приближенных решений СЛАУ. Их значащими характеристиками являются сходимость, скорость сходимости и устойчивость.

В основе построения всех ИМ лежит принцип перехода от системы к ее эквивалентному виду. Отличие конкретного итерационного метода заключается в выборе матрицы перехода.

Общее условие сходимости матричной прогрессии в методах состоит в том требовании, чтобы все собственные значения матрицы были по модулю меньше единицы. Однако в каждом методе к этому требованию могут присоединяться дополнительные (обусловленные, например, матрицами перехода и расщепления). Скорость сходимости метода будет зависеть от максимального значения собственного числа матрицы перехода. Чем меньше норма матрицы – тем быстрее сходимость метода. Кроме того, о ней можно судить и по оценкам погрешности.

Базисным можно считать МПИ. Его модификациями являются методы Якоби и Зейделя, метод Некрасова является модификацией метода Якоби, и соответственно МПИ. Релаксационный метод – фактически улучшенный и модифицированный метод Зейделя, и соответственно так же является модификацией МПИ.

Из рассмотренных методов оптимальным с точки зрения минимизации ошибки и улучшения скорости сходимости является метод релаксации, однако он требует затрат на определение вектора невязки и порядка изменения компонент искомого вектора для решения. В методах Зейделя и Некрасова при определении скорости сходимости может возникнуть проблема нахождения собственных значений. Метод Якоби эффективен в случае диагонального преобладания элементов системы, однако он, так же как и методы Зейделя, Некрасова, Релаксации требует расщепления исходной матрицы, что влечет за собой затрату ресурсов и вычислительного времени на воспроизведение данных действий. По сложности методы, предложенные Якоби и Зейделем, одинаковы, однако если итерационный процесс может проводиться как в виде итераций Якоби, так и в виде итераций Зейделя, то последний в этом случае предпочтительней по причине улучшения сходимости.

Метод простой итерации уступает другим в точки зрения скорости сходимости, однако он не требует преобразований матрицы системы, имеет простые, в смысле реализации, требования к сходимости итерационного процесса. Кроме того, в случае, если важна наглядность процесса решения, он является наиболее удобным для реализации программным способом пошагового воспроизведения результатов текущей итерации. Реализация данного метода предпочтительна с точки зрения возможности проведения исследований в зависимости от параметров задачи (размерности матриц) касающихся устойчивости и сходимости метода, влияния повышения точности решения и числа необходимых итераций, влияния начального приближения, изменения коэффициентов матрицы перехода.

#### Литература

1. Бахвалов Н.С. Численные методы. - М.: Высшая школа, 2000. - 631 с.
2. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики. - М.: Наука, 1966. - 664 с.
3. Думачев В.Н. Численные методы. - Воронеж: ВИ МВД России, 2002. - 72 с.

Полищук С. В.<sup>2</sup>, Смахун Я. А.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Магистрант, <sup>2</sup>магистрант, Дальневосточный федеральный университет

#### БЕСПРОВОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ

#### Аннотация

*В статье рассматривается технология Z-Wave, благодаря которой все электроприборы в доме связываются с датчиками и управляющими контроллерами в единую сеть с помощью радио протокола передачи данных. В работе описывается принцип работы стандарта Z-Wave для обеспечения энергосбережения и управления электропитанием бытовой электротехники в жилом доме. В ходе исследования было установлено, что использование устройств управления домашней электротехникой, работающих по стандарту Z-Wave, позволяет сохранить от 30% до 50% электроэнергии за год.*

**Ключевые слова:** энергосбережение, технология Z-Wave, интеллектуальный дом.

Polischuk S.V.<sup>2</sup>, Smekhun Y.A.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Undergraduate, <sup>2</sup> undergraduate, Far Eastern Federal University

#### WIRELESS TECHNOLOGY OF CREATING ENERGY CONSERVATION SYSTEMS

#### Abstract

*In the article it is discussed the Z-wave technology, due to such technologies all electrical appliances in the home are connecting with sensors, managers controllers into a network via radio data transmission protocol. The paper describes the principle of the Z-wave standard for energy conservation and power management of household electrical appliances in a residential house. The research found that the using of control devices in electrical home working with Z-wave standard, and it allows you to save 30% - 50% of electricity per year.*

**Keywords:** energy conservation, Z-wave technology, home automation.

Современные энергосберегающие технологии представляют собой усовершенствованный или совсем новый технологический процесс, который характеризуется наиболее эффективным использованием и потреблением топливно-энергетических ресурсов. Одними из перспективных энергосберегающих технологий для построения автоматизированных интеллектуальных систем «Умный дом» стали беспроводные технологии на базе стандарта Z-Wave.

Технология Z-Wave — это радио протокол передачи данных, предназначенный для домашней автоматизации. Все устройства, работающие на протоколе Z-Wave совместимы друг с другом, что подтверждается Z-Wave сертификацией. Использование радио шины позволяет устанавливать систему, не изменяя уже существующую проводку, что существенно повышает привлекательность такого решения.

Протокол Z-Wave в России работает на частоте 869 МГц, что делает его малочувствительным к помехам со стороны радио и сотовых телефонов, бытовых приборов и компьютерных сетей Wi-Fi. Устройства сети Z-Wave являются не только передатчиками (выключателями) или исполнителями (реле, диммерами), но и ретрансляторами, т.е. способны участвовать в пересылке сигнала от одного устройства к другому, что позволяет обходить препятствия на прямом пути между устройствами, делая сеть более надёжной (так называемая ячеистая сеть, mesh network). Радиус действия устройств достигает до 30 метров, а сеть в целом может иметь размеры до 120-150 метров в диаметре.

Системы энергосбережения, построенные на технологии Z-Wave, могут выполнять следующие функции [1]:

- Управление освещением (настенные выключатели, регуляторы яркости, патроны для ламп).
- Управление жалюзи, шторами, рольставнями и другими моторами (10-230 В)
- Управление электроприборами. Включение/выключение любых нагрузок до 3.5 кВт.
- Управление отоплением (термостаты, система теплый пол).
- Управление кондиционерами.
- Мониторинг состояния микроклимата в доме (датчики температуры, влажности, освещённости).
- Связь с любым программным обеспечением через контроллер персонального компьютера.

- Сбор данных со счётчиков.

Использование устройств управления домашней электротехникой, работающих по технологии Z-Wave, позволяет сохранить от 30% до 50% энергоресурсов за год [1, 2].

**Построение сети Z-Wave.** Сеть Z-Wave определяется уникальным номером Home ID (генерируется при создании сети генератором случайных чисел с шумом от радиоприёмника в качестве источника случайных чисел). На одной территории может сосуществовать несколько сетей Z-Wave с разными номерами Home ID. При этом они не будут друг друга видеть и друг с другом взаимодействовать. Благодаря обязательному требованию скважности не более 1% (не более 1% времени находится в состоянии передачи), эти сети не будут друг другу мешать.

У каждого узла в сети есть свой уникальный идентификатор Node ID, который присваивается первичным контроллером при включении устройства в сеть. Также при включении в сеть включаемое устройство запоминает Home ID первичного контроллера для дальнейшего общения. Сеть может содержать до 232 устройств.

Включение происходит переводом контроллера в специальный режим «Включение» (Inclusion Mode). Включаемое устройство входит в режим «Обучение» (Learn Mode). При этом контроллер и включаемое устройство должны находиться в прямой видимости. Многие современные (версии протокола 4.5х или 6.х) постоянно питающиеся (не спящие) устройства первые 3-5 минут после включения в сеть электропитания самостоятельно переходят в специальный режим обучения (Network Wide Inclusion, NWI), если они ещё не включены в сеть. При этом условие нахождения в прямой видимости уже не требуется. Это позволяет достаточно легко включать в сеть новые устройства. Устройство, уже прописанное в одной сети, не может подключиться к другой сети.

Исключение из сети происходит аналогично: контроллер переводится в режим «Исключение» (Exclusion Mode), а дочерний узел в режим «Обучение». После исключения Node ID и Home ID устройства сбросятся на 0 (для контроллеров Node ID сбросится на 1, а Home ID на заводское значение).

Z-Wave — это беспроводная ячеистая сеть (mesh network), где каждый узел знает окружающие его узлы и может направлять через них пакеты. Использование маршрутизации позволяет успешно преодолевать препятствия между узлами, не позволяющие им общаться напрямую. Однако перестановки мебели и другие изменения в обстановке, а также выход из строя одного узла могут привести к появлению нерабочих маршрутов. Для этого их нужно периодически обновлять. Первичный контроллер может это делать профилактически раз в неделю или по запросу пользователя.

**Закключение.** Интерес к технологиям, позволяющим сделать дома энергосберегающими, постоянно растёт. Технологии управления умным домом, такие как Z-Wave, становятся основой управления домашним энергопотреблением для энергосбережения. Используя датчики и контроллеры, поддерживающие стандарт Z-Wave, стало возможным гибко настроить использование потребляемой энергии устройством, комнатой или целым домом. Эти датчики и средства управления могут автоматически реагировать на изменение различных как внешних, так и внутренних условий и управлять энергопотреблением соответствующим образом. Управление энергопотреблением с помощью Z-Wave может быть автоматизировано или дистанционно настроено через персональный компьютер или мобильный телефон.

Применение устройств Z-Wave позволяет в реальном времени следить за освещением, отоплением и потреблением любых нагрузок, включённых в контролируемые цепи. Слежение может осуществляться как локально на дисплеях, так и дистанционно через интернет. По желанию можно реализовать алгоритмы, ограничивающие потребление электроэнергии в так называемые "пиковые" моменты, отключая менее приоритетных потребителей.

Использование устройств управления домашней электротехникой, работающих по протоколу Z-Wave, позволяет сохранить от 30% до 50% энергоресурсов за год.

#### Литература

1. Гололобов, В.Н. «Умный дом» своими руками. / Гололобов В.Н. – М.: НТ Пресс, 2007. – 416 с.
2. Сопер, М.Э. Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / Сопер М. Э. – М.: НТ Пресс, 2008. – 432 с.

**Вахнина В.В.<sup>1</sup>, Рыбалко Т.А.<sup>2</sup>, Зюзин М.О.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, профессор, Тольяттинский государственный университет; <sup>2</sup>Магистрант 2 года обучения, Тольяттинский государственный университет; <sup>3</sup>Аспирант 1 года обучения, Тольяттинский государственный университет

#### **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГЕОИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ**

#### **Аннотация**

*Представлена разработанная методика компьютерного моделирования геоиндуцированных токов при геомагнитных бурях в электроэнергетической системе. Исследовано влияние геоиндуцированных токов при геомагнитных бурях на насыщение магнитной системы силовых трансформаторов.*

**Ключевые слова:** геоиндуцированные токи, силовой трансформатор, ток намагничивания.

**Vahina V.V.<sup>1</sup>, Rybalko T.A.<sup>2</sup>, Zyuzin M.O.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Candidate of Technical Sciences, professor, Togliatti State University; <sup>2</sup>Undergraduate 2-year education, Togliatti State University

<sup>3</sup>Postgraduate 1-year education, Togliatti State University

#### **DEVELOPMENT MATHEMATICAL MODEL OF POWER SYSTEM UNDER THE INFLUENCE OF GEO INDUCED CURRENTS**

#### **Abstract**

*Presents the developed method computer simulation of geo induced currents at geomagnetic storms in power systems. Investigated the influence of geo induced currents at geomagnetic storms on saturation of magnetic system in power transformers.*

**Keywords:** Geo induced currents, power transformer, magnetizing current.

Энергетический сектор обеспечивает жизнедеятельность всех отраслей национального хозяйства, способствует консолидации субъектов Российской Федерации и во многом определяет формирование основных финансово-экономических показателей страны. Природные топливно-энергетические ресурсы, производственный, научно-технический и кадровый потенциалы энергетического сектора экономики являются национальным достоянием России. Эффективное его использование создает необходимые предпосылки для вывода экономики страны на путь устойчивого развития, обеспечивающего рост благосостояния и повышение уровня жизни населения [1].

Главной особенностью современного развития электроэнергетики является сооружение электроэнергетических систем, их объединение и расширение Единой энергетической системы (ЕЭС) страны. Однако, с увеличением генерирующей мощности и протяженности высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) повышается вероятность возникновения тяжелых системных аварий, при которых без электроснабжения остаются крупные потребители электрической энергии (ответственные промышленные предприятия и целые города).

Анализ системных аварий в электроэнергетических системах (ЭЭС) показывает, что основными причинами их возникновения являются ошибочные действия оперативного персонала, неисправность электротехнического оборудования, а также природные явления. При этом по статистическим данным наибольшая доля устойчивых отключений воздушных линий

происходит от опасных природных воздействий [2]. Стихийные бедствия приводят к разрушению или значительному повреждению энергетических объектов. Разновидностью природных катаклизмов являются геомагнитные бури (ГМБ).

Из работ отечественных и зарубежных ученых А.В. Белова, А.И. Гершенгорна, G. Karpenman, A.J. Key, R. Pirjola, A. Pulkkinen и др. известно, что во время сильных геомагнитных бурь наблюдается увеличение числа отказов в работе СЭС по сравнению с относительно спокойными днями.

При геомагнитных бурях вариации геомагнитного поля индуцируют на поверхности Земли квазистационарные электрические поля в низкочастотном спектральном диапазоне, в результате чего между заземлителями подстанций наводится квазипостоянная электродвижущая сила (ЭДС). В ЭЭС между глухозаземленными нейтралью обмоток силовых трансформаторов, расположенных на трансформаторных подстанциях и электростанций, ЭДС создает в замкнутой цепи геоиндуцированные токи (ГИТ).

На рис. 1 представлен прямолинейный участок линии электропередачи ЛЭП длиной  $l$  между двумя трансформаторными подстанциями. Обмотки ВН силовых трансформаторов Т1 и Т2 подстанций имеют заземления в точках А и В. Возникающая между этими точками квазипостоянная ЭДС  $E=E_{(x,y)} \cdot l$ , обусловленная вариациями напряженности геоэлектрического поля, генерирует геоиндуцированные токи.

Для оценки влияния ГИТ на работу ЭЭС разработан алгоритм расчета модели при геомагнитных бурях (Рис. 2). Расчет реализован в математической среде MATLAB. При создании модели объекта СЭС могут использоваться как стандартные блоки Simulink и SimPowerSystems, так и блоки, разработанные пользователем.

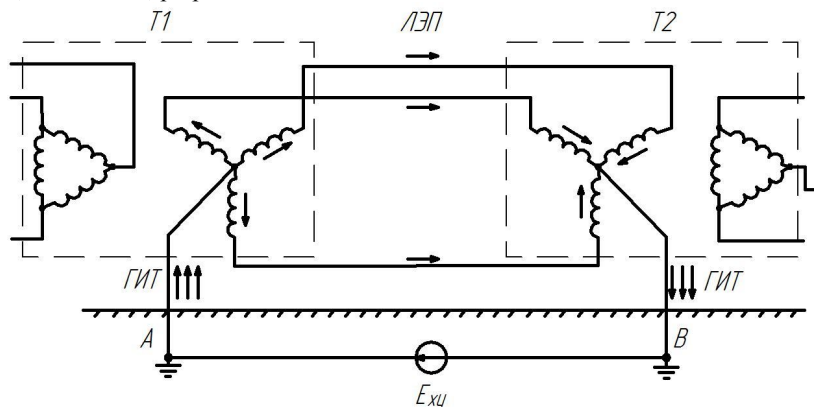


Рис. 1 – Протекание ГИТ по обмоткам высокого напряжения трансформаторов и высоковольтной линии электропередач ЭЭС

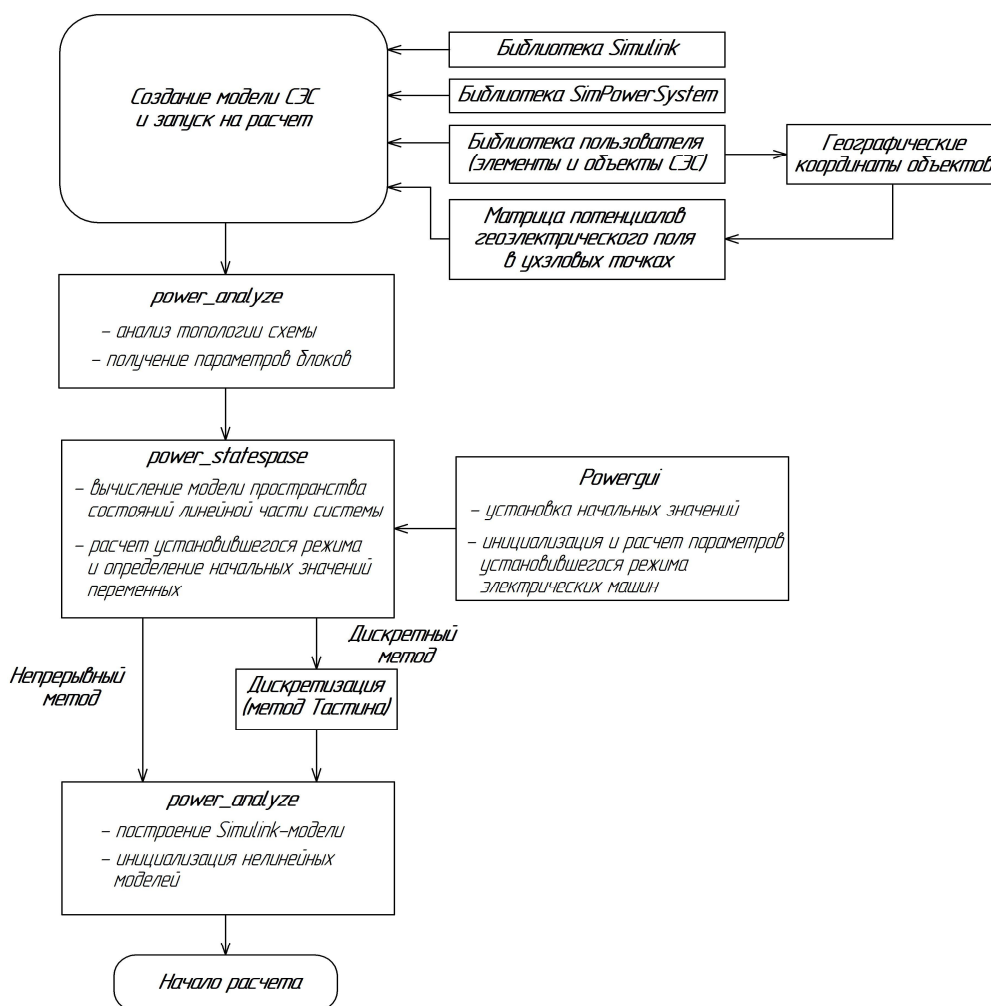


Рис. 2 – Алгоритм расчета модели ЭЭС

Важным этапом при разработке модели является привязка объектов ЭЭС к географическим координатам местности. Для расчета геоиндуцированных токов в системе электроснабжения первоначально необходимо определить напряженности



геоэлектрического поля  $E_i$  на каждом  $i$ -м прямолинейном участке ЛЭП и углы ориентации участков ЛЭП  $\alpha_i$  относительно направления компоненты напряженности геоэлектрического поля  $E_{(x,y)}$  [2].

Для расчета ГИТ в ЭЭС при геомагнитных бурях необходимо задать матрицу потенциалов геоэлектрического поля в узловых точках расчетной модели  $U_{ij}$ . Для этого необходимо вычислить разность потенциалов  $U_j$  и  $U_i$  между точками  $N'_i$  и  $N'_j$ , которая определяется как разность ППЗ между координатами  $N_i$  и  $N_j$  точек заземления нейтралей силовых трансформаторов подстанций, которые являются также географическими координатами подстанций на карте местности (Рис. 3):

$$U_j - U_i = \int_{N_j}^{N_i} E_{ij} dl_{ij} \quad (1)$$

где  $E_{ij}$  – напряженность геоэлектрического поля между подстанциями с географическими координатами  $N_i(\gamma_i, \xi_i)$  и  $N_j(\gamma_j, \xi_j)$  на карте местности;

$l_{ij}$  – длина прямолинейного участка ЛЭП между подстанциями с географическими координатами  $N_i(\gamma_i, \xi_i)$  и  $N_j(\gamma_j, \xi_j)$  на карте местности.

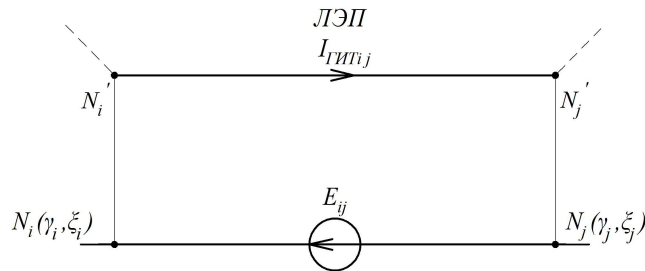


Рис. 3 – Модель СЭС с двумя узлами с географическими координатами на карте местности  $N_i(\gamma_i, \xi_i)$  и  $N_j(\gamma_j, \xi_j)$

Перед началом каждого расчета режима функционирования ЭЭС происходит инициализация модели. При инициализации вычисляется модель пространства состояний структурной схемы ЭЭС, и строится эквивалентная модель, которая затем рассчитывается в Simulink.

Процесс инициализации расчетной модели ЭЭС начинается вызовом функции power\_analyze и выполняется в несколько этапов:

1. Сортировка SimPowerSystems-блоков, получение параметров блоков, определение топологии схемы и автоматическое присвоение номеров узлам схемы. При сортировке блоки разделяются на блоки Simulink и SimPowerSystems - блоки (SPS-блоки). Кроме того, SPS-блоки делятся на линейные и нелинейные;
2. Вычисление модели пространства состояний линейной части системы функцией power\_statespace. На этом же этапе происходят расчет установившегося режима и определение начальных значений переменных. Если задана дискретизация модели, то определяется дискретная модель схемы в пространстве состояний. При этом используется метод Тастина;
3. Строится эквивалентная Simulink-модель.

В эквивалентной Simulink-модели используется блок State-Space или блок S-function для моделирования линейной части системы. Для моделирования нелинейных SimPowerSystems - блоков используются Simulink-модели из библиотеки powerlib\_models или модели разработанные пользователем. Для моделирования источников энергии используются блоки источников Sources библиотеки Simulink.

После завершения инициализации функцией power\_analyze программа Simulink начинает расчет модели.

Для начала расчета модели ЭЭС с установившегося режима при отсутствии ГИТ (при синусоидальных токах и постоянных скоростях) предварительно необходимо инициализировать модель: выполнить расчет балансов активных и реактивных мощностей в модели. Такая инициализация осуществляется инструментом Load Flow and Machine Initialization блока Powergui [3].

Влияния геоэлектрического поля при геомагнитной буре рассмотрено на примере упрощенной модели системы электроснабжения изображенной на рис. 4. Модель системы электроснабжения состоит из источника переменного напряжения ( $U_n = 230$  кВ), автотрансформатора (АТ) АТЦТН-200000/230/115/10,5, воздушной линии электропередач ( $U_n = 115$  кВ)  $l=55$  км, силового трансформатора ТРДН-63000/115/6,3/6,3 и нагрузки. Для моделирования геоэлектрического поля при ГМБ к заземленным нейтралям трансформаторов присоединен источник постоянного напряжения с ЭДС  $E=330$  В (амплитуда напряженности геоэлектрического поля  $E_{(x,y)}=6$  В/км).

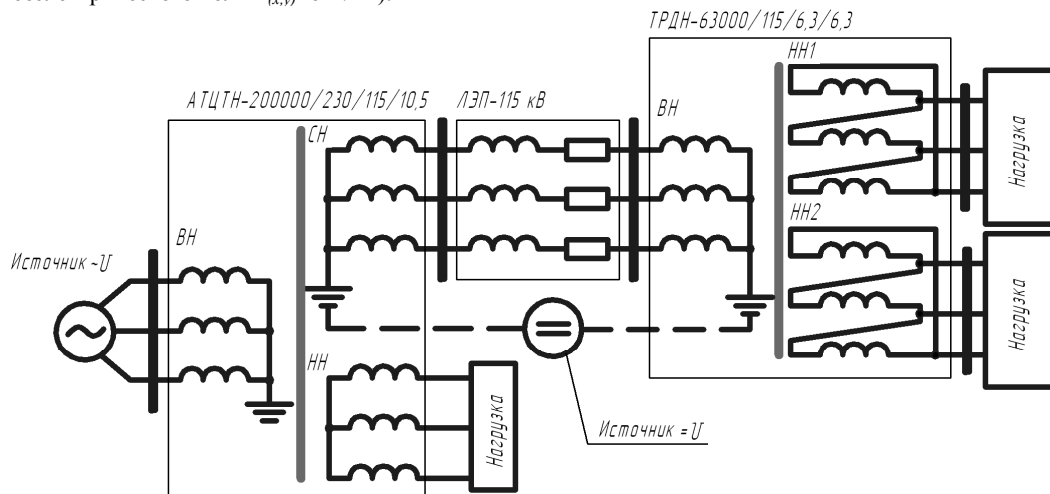


Рис. 4 – Упрощенная модель системы электроснабжения

В результате компьютерного моделирования были получены графики тока в ЛЭП 115 кВ (Рис. 5) и кривой тока намагничивания силового трансформатора (Рис. 6).

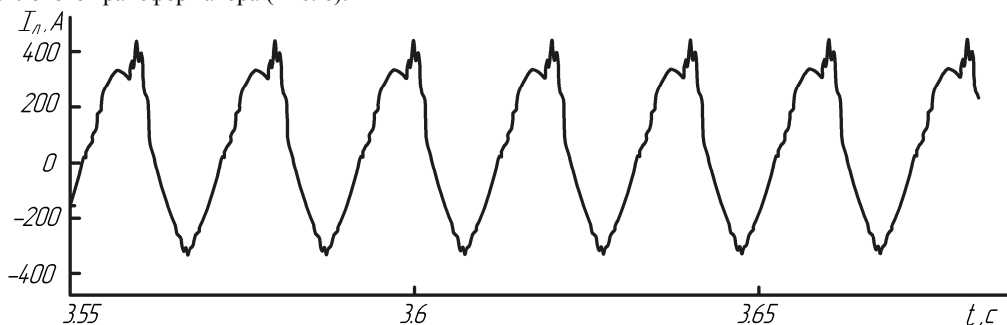


Рис. 5 - График изменения тока фазы А в ЛЭП 115 кВ при импульсе напряженности геоэлектрического поля  $E_x = 6$  В/км

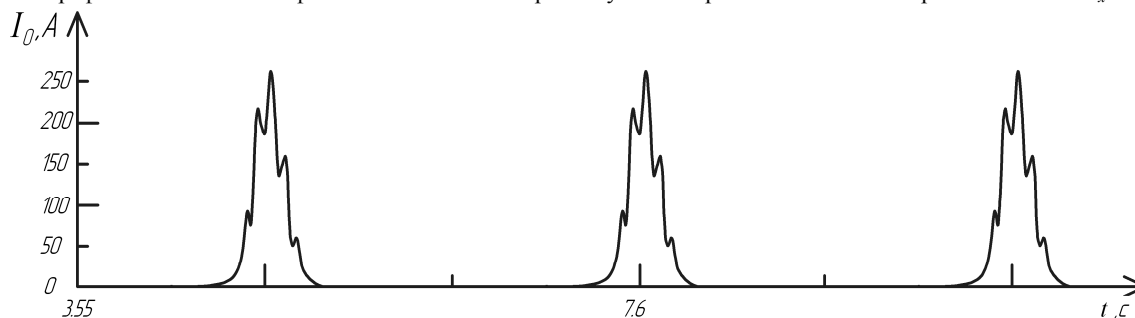


Рис. 6 - Кривая тока намагничивания силового трансформатора ТРДН-63000/115/6,3/6,3 при импульсе напряженности геоэлектрического поля  $E_x = 6$  В/км

В результате моделирования получено, при протекании ГИТ в заземленных обмотках силовых трансформаторов амплитудные значения токов намагничивания возрастают в сотни раз, что приводит к насыщению магнитной системы и искажению кривой тока намагничивания и, как следствие, к появлению высших гармонических составляющих тока и напряжения, которые распространяются в электрической сети. Из-за нелинейности кривой намагничивания помимо нечетных гармоник тока появляются четные гармоники  $k=2n+1$ ,  $k=3n-1$ , где  $n=1,2,3,\dots$ , а так же постоянная составляющая, которые оказывают негативное воздействие на систему электроснабжения, при этом постоянная составляющая составляет  $I_{(0)}=36\%$ ,  $I_{(2)}=65\%$ ,  $I_{(3)}=56\%$ . Протекание токов высших гармоник в силовых трансформаторе создает электродинамические усилия, вызывая акустические шумы, а так же дополнительные потери активной мощности, что приводит к нагреву конструктивных и токоведущих частей.

#### Литература

1. Энергетическая Стратегия России на период до 2020 года. Министерство промышленности и энергетики РФ, г. Москва, 2003 г., [Электронный ресурс] URL: [http://www.cpn.ru/userfiles/\\_files/\\_normativ\\_energysafe\\_energostrategy.pdf](http://www.cpn.ru/userfiles/_files/_normativ_energysafe_energostrategy.pdf) (дата обращения 28.11.2013).
2. Вахнина В.В. Влияние геоиндуцированных токов на насыщение магнитной системы силовых трансформаторов/ В.В. Вахнина, А.Н. Черненко, В.А. Кузнецов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. - 2012. - №3(21).- С. 65 – 69.
3. Вахнина В.В. Автореф. дис. докт. техн. наук. – Москва, 2013. – с. 40.

#### Самила А.П.

Кандидат технических наук, Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, Украина  
**РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТ НА ПЛИС ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ФУРЬЕ-РАДИОСПЕКТРОМЕТРА ЯКР**

#### Аннотация

Разработан синтезатор частот на программируемой логической интегральной схеме с использованием метода прямого цифрового синтеза сигналов. Устройство испытывалось в составе формирователя последовательностей импульсов возбуждения сигнала спиновой индукции импульсного Фурье-радиоспектрометра ядерного квадрупольного резонанса. Диапазон рабочих частот составляет  $1 \div 50$  МГц а минимальная длительность формируемого радиоимпульса – 100 нс.

**Ключевые слова:** прямой цифровой синтез, ПЛИС, спектрометр ЯКР.

**Samila A.P.**

PhD in Engineering, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine  
**DEVELOPMENT of DIGITAL FREQUENCY SYNTHESIZER PLD BASED FOR NQR PULSE FOURIER SPECTROMETER**

#### Abstract

Frequency synthesizer designed for programmable logic device using the direct digital synthesis signal. The device was tested as a part of sequencer for pulse Fourier spectrometer of nuclear quadrupole resonance. Operating frequency range is  $1 \div 50$  MHz and the minimum duration of the formed pulse - 100 ns.

**Keywords:** direct digital synthesis, PLD, NQR spectrometer.

Формирование высокочастотных колебаний на основе метода прямого цифрового синтеза (Direct Digital Synthesizers или DDS) в последнее время находит широкое применения в радиоэлектронных устройствах и системах телекоммуникаций [1,2]. Прямой цифровой синтез – относительно новый метод синтеза частоты, появившийся в начале 70-х годов прошлого века. Однако, только в последнее время DDS уделяется пристальное внимание, что обусловлено повышением степени интеграции цифровых устройств позволяющее значительно снизить времена задержки прохождения сигналов. Объединение в одном чипе быстродействующего цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) и DDS позволило получить весьма заманчивую альтернативу обычным синтезаторам на основе фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Интегральные однокристальные синтезаторы частоты (Complete DDS) широко используются в качестве источников колебаний несущих частот при разработке портативных систем связи, лабораторного и учебного оборудования. Кроме того, заслуживают внимания генераторы с числовым управлением

без встроенного ЦАП – Numerically Controlled Oscillator (NCO), которые предназначены для построения высокоскоростных синтезаторов частоты (информационное вещание, медицинское оборудование, научно-исследовательские лаборатории, и др.).

Предлагаемое разработчиками оборудование формирования импульсов возбуждения ядерной спиновой индукции для ядерных резонансных и релаксационных исследований обладает рядом недостатков. В частности, большинство из них исполнены в виде плат расширения персонального компьютера и требуют написания специализированного программного обеспечения, что накладывает ограничения на их мобильность [3]. Кроме того, в силу своей широкой функциональности, и соответственно, высокой цены такие устройства зачастую недоступны для большинства научных лабораторий.

В данной работе предложен цифровой синтезатор частот для импульсного Фурье-радиоспектрометра ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) с диапазоном 1–50 МГц, который обеспечивает возможность работать с частотами наиболее актуальных с точки зрения исследований ядер изотопов  $^{14}\text{N}$ ,  $^{35}\text{Cl}$ ,  $^{63}\text{Cu}$ ,  $^{69}\text{Ga}$ ,  $^{71}\text{Ga}$ ,  $^{113}\text{In}$ ,  $^{115}\text{In}$  и др.

Структура предложенного синтезатора включает генератор с числовым управлением, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), фильтр нижних частот (ФНЧ), ЦАП и систему управления. В основе предложенной разработки лежит программируемая логическая интегральная микросхема (ПЛИС) EP1C6Q240C8 [4] от фирмы Altera, использование которой позволило создать не только несущее колебание со строго заданной частотой и начальной фазой, но и гибкую систему формирования когерентных импульсов возбуждения сигналов ЯКР.

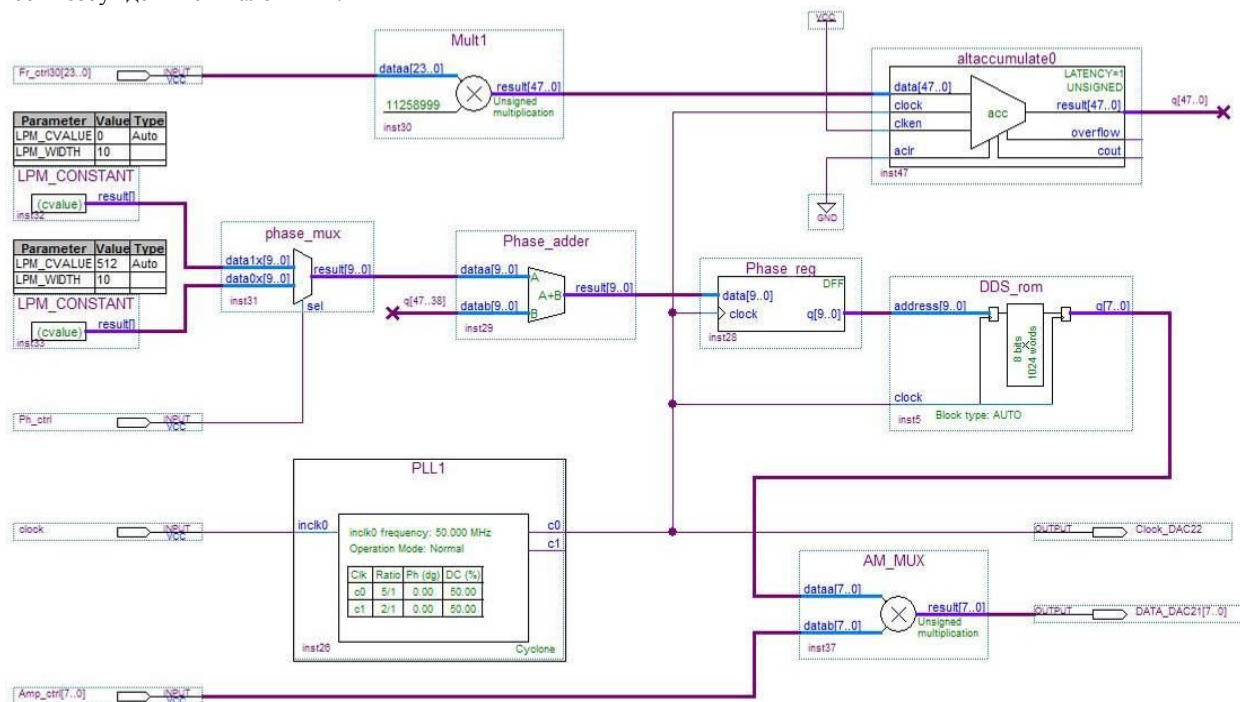


Рис. 1 - Цифровая часть синтезатора на основе ПЛИС

Цифровая часть синтезатора изображенного на рис. 1 построена средствами моделирования и разработки для сверхбольших интегральных схем и систем-на-кристалле от Altera [5]. Основой устройства является 48-битный аккумулятор фазы «altaccumulate0», формирующий линейно изменяющуюся последовательность кодов мгновенной фазы сигнала. Расчет табличных значений одного периода гармонического колебания, изменяющегося по закону  $y = \sin x$  осуществлен в программной среде Origin Pro v8 [6] (рис. 2). Период колебания разбиваем на  $2^{10}$  8-битных отсчетов. Циклически повторяющиеся значения отсчетов выходного сигнала, записанные в таблицу ПЗУ «DDS\_rom» реализуют формирование выходного сигнала DDS в виде периодической функции  $y(t) = A \cdot \sin(2\pi f \cdot t + \varphi)$ .

Модуль «PLL1» является программируемой системой ФАПЧ, использование которой позволяет обеспечить формирование колебаний с частотой  $f_{clk} = 250$  МГц при использовании внешнего тактового генератора работающего на частоте 50 МГц. Модули «phase\_mux», «phase\_adder» и «phase\_reg» служат для осуществления двоичной фазовой манипуляции несущей частоты выходного сигнала DDS. Умножитель «mult 1» обеспечивает возможность ввода входного кода частоты непосредственно в виде числовой константы соответствующей предполагаемому числовому значению генерируемой частоты. Он умножает входной код частоты  $K_1$  на константу  $K_2 = 11258999$  задающую шаг перестройки синтезатора равный  $\Delta f = 10$  Гц

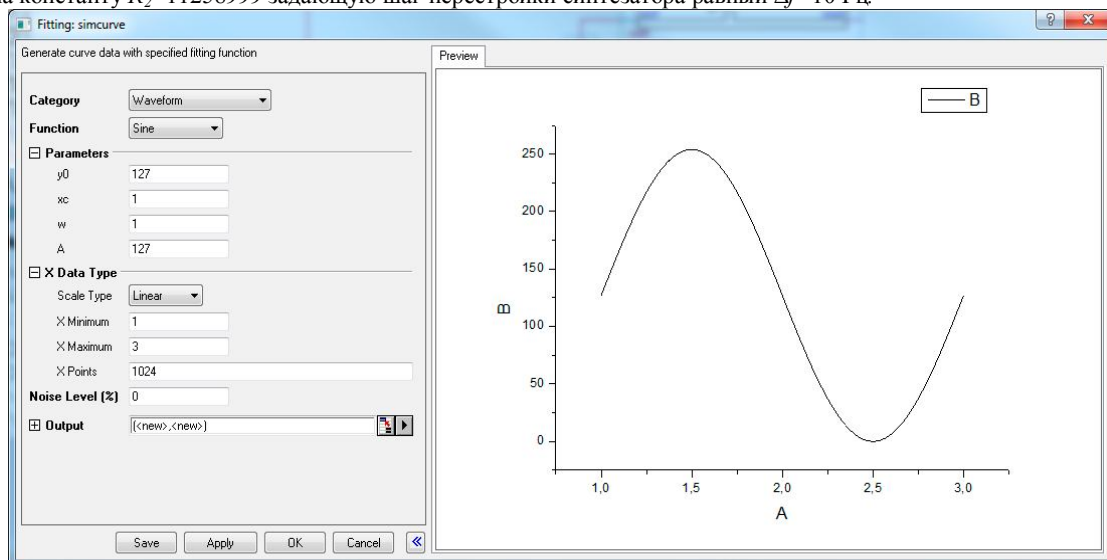


Рис. 2 - Окно симуляции Waveform simcurve

Зависимость частоты сигнала  $f_{out}$  на выходе генератора с числовым управлением зависит от опорной тактовой частоты  $f_{clk}$ , разрядности аккумулятора фазы  $M$  и кода частоты  $K$  определяется следующим выражением [2]:

$$f_{out} = \frac{K \times f_{clk}}{2^M} \quad (1)$$

При этом шаг перестройки частоты не зависит от ее значения и равен:

$$\Delta f_{out} = \frac{f_{clk}}{2^M} \quad (2)$$

В нашем случае рабочая частота накапливающего сумматора разрядностью  $M=48$  бит равна  $f_{clk}=250$  МГц. Таким образом, шаг перестройки частоты будет составлять  $\Delta f_{out} \approx 1 \times 10^{-6}$  Гц. Следовательно, для формирования сигнала с частотой  $f_{out}$  на вход «Fr\_ctrl30[23..0]» синтезатора необходимо подать 24-битный код частоты, который рассчитывают с выражения:

$$K_1 = \frac{2^M f_{out}}{f_{clk} K_2} = 25 \times 10^6 \frac{f_{out}}{f_{clk}} \quad (3)$$

Умножитель «AM\_MUX» обеспечивает возможность регулировки амплитуды выходного сигнала DDS. Кодовое слово регулировки амплитуды разрядностью 8 бит подается на порт «Amp\_ctrl[7..0]». Фазовая манипуляция осуществляется через порт «Fin\_ctrl».

Цифро-аналоговое преобразование выходного сигнала осуществляется внешним ЦАП AD9708 с дальнейшей фильтрацией аналоговым ФНЧ. Согласование выходного сопротивления синтезатора с внешними устройствами осуществляется с использованием операционного усилителя MAX4450 с полосой пропускания 55 МГц при неравномерности АЧХ  $\pm 0,1$  дБ и Rail-to-Rail выходом. Спектры выходного сигнала синтезатора для крайних частот рабочего диапазона приведены на рис. 3, а осциллограмма выходного напряжения на рис. 4, а.

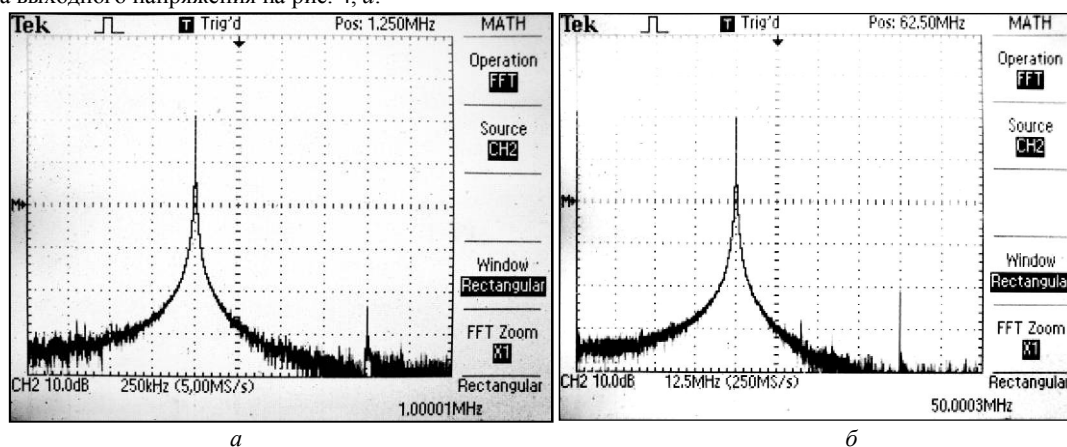


Рис. 3 - Спектры выходного сигнала DDS: а - частота 1 МГц, б - частота 50 МГц

Предложенный синтезатор частот испытывался в составе формирователя последовательностей импульсов возбуждения сигнала спиновой индукции (ССИ). Отметим, что синтезатор и формирователь разработаны на одной ПЛИС, что обеспечивает минимальные задержки прохождения сигнала и соответственно возможность формирования последовательностей коротких радиоимпульсов (рис. 4, б). Значение длительности импульсов и паузы могут принимать заданные значения в диапазоне 0,1÷12 мкс и 0,1 мкс÷1 с соответственно.

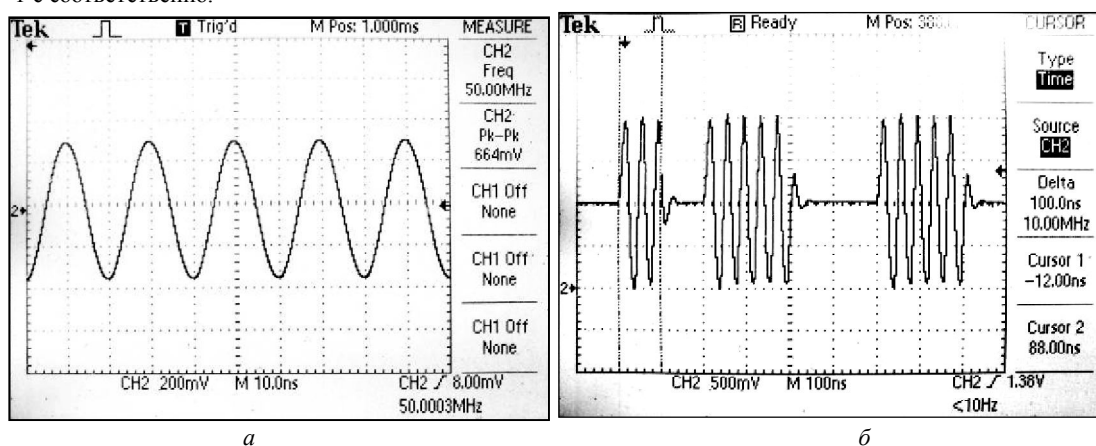


Рис. 4 - Осциллограммы выходных сигналов DDS: а - непрерывная генерация (частота 50 МГц), б - работа в составе формирователя последовательности импульсов возбуждения ССИ (частота несущей 26,006 МГц).

Исследования показали, что параметры использованной ПЛИС не позволяют получить тактовые частоты для ЦАП более 250 МГц. Для работы на более высоких частотах рассматривается разработка устройства на основе чипа семейства Altera Cyclone® V или Altera Stratix®. Это обеспечит возможность использовать цифро-аналоговые преобразователи со скоростью преобразования более 1 Гвыб/с.

#### Литература

1. Bopche Manjiri A., Deshmukh A.Y. FPGA based direct digital synthesis function generator // International Journal of VLSI and Signal Processing Applications. – 2011. Vol. 1, Issue 2. – P. 8-14.
2. Ридико Л.И. DDS: прямой цифровой синтез частоты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.digit-el.com/files/articles/dds.pdf> (дата обращения 16.02.2012).

3. RadioProcessor™ Owner's Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.spincore.com/CD/RadioProcessor/RadioProcessor\\_manual.pdf](http://www.spincore.com/CD/RadioProcessor/RadioProcessor_manual.pdf) (дата обращения 27.12.2013).
4. EP1C6Q240C8 - Cyclone FPGA Family - Altera Corporation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/131597/ALTERA/EP1C6Q240C8.html> (дата обращения 17.02.2013).
5. Quartus II Subscription Edition Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altera.com/products/software/quartus-ii/subscription-edition/qts-se-index.html> (дата обращения 06.10.2013).
6. Origin/OriginPro Evaluation (Demo) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.originlab.com/index.aspx?go=DOWNLOADS/OriginEvaluation> (дата обращения 05.12.2013).

Смехун Я. А.<sup>1</sup>, Полищук С. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Магистрант; <sup>2</sup>магистрант, Дальневосточный федеральный университет

## ТЕХНОЛОГИЯ RS-485 В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДОМОВ

*Аннотация*

В статье рассматривается технология RS-485, благодаря которой все электроприборы в доме связываются с датчиками и управляющими контроллерами в единую сеть. В работе описываются основные возможности применения технологии RS-485 для создания автоматизированных интеллектуальных систем для обеспечения энергосбережения и управления электропитанием бытовой электротехники в жилом доме. В ходе исследования было установлено, что использование стандарта RS-485 в системах интеллектуального дома для энергосбережения в среднем сокращает расходы электроэнергии на 40%.

**Ключевые слова:** энергосбережение, технология RS-485, интеллектуальный дом.

Smekhun Y.A.<sup>1</sup>, Polischuk S.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Undergraduate; <sup>2</sup>undergraduate, Far Eastern Federal University

## RS-485 TECHNOLOGY IN ENERGY CONSERVATION SYSTEM OF HOME AUTOMATION

*Abstract*

In this article we discuss the RS-485 technology, which connects all electrical appliances in scrap with sensors and with management controller. In this paper we describe the main features of the application of RS-485 technology to create intelligent automated systems to ensure energy conservation and power management of household electrical appliances in a residential house. The study found that using a standard, RS-485 systems for smart house energy conservation reduces the average power consumption by 40%.

**Keywords:** energy conservation, RS-485 technology, home automation.

Одними из самых актуальных проблем современной энергетики в нашей стране являются развитие и внедрение энергосберегающих технологий для рационального и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов. Одними из перспективных технологий энергосбережения стали автоматизированные системы интеллектуальных домов.

Система интеллектуального дома или «Умный дом» для энергосбережения и энергоэффективности включает в себя подсистемы управления электробытовой и электронагревательной техникой, которые выполняют следующие функции [1]:

- **Управление освещением.** Система может автоматически включать и выключать освещение, менять яркость ламп в доме в зависимости от времени суток. Благодаря интеллектуальной системе управления освещением расход электроэнергии понижается на 35% и более. Энергосбережение обеспечивают автоматические выключатели света с использованием инфракрасных и электронных датчиков. Электронные датчики измеряют уровень освещенности помещения и, при достижении заданного значения, выдают команду на включение или выключение освещения (датчики освещенности), либо непосредственно «видят», что в помещение вошел человек, и включают свет (датчики движения). Светочувствительный элемент блокирует включение освещения при достаточном естественном освещении.
- **Управление электропотреблением.** Электроприборы не потребляют электроэнергию в режиме ожидания, технологии умного дома включают бытовую электротехнику только при необходимости, что позволяет снизить потребление электроэнергии на 20% и более. Постоянный контроль состояния электросети позволяет исключить потери электроэнергии в электропроводке дома. Устройства с высокими токами потребления могут синхронно работать без риска отключения питания вследствие перегрузки.
- **Управление отоплением дома.** Поддержка определенного температурного режима в умном доме происходит автоматически в соответствии с изменением внешних воздействующих факторов.
- **Управление климатом в доме.** Поддержание заданной температуры, влажности и освещенности.
- **Управление шторами, жалюзи или рольставнями.**
- **Домашняя метеостанция.** Наблюдение и прогнозирование погоды за окном. Корректировка работы систем освещения и отопления в зависимости от погодных условий.

«Умный дом» позволяет сократить расходы на оплату счетов за электроэнергию, обезопасить жильцов от коротких замыканий в электросети и дополнительно обеспечить домашний комфорт.

Программное обеспечение интеллектуального дома обеспечивает согласованную работу всего электрооборудования в автоматическом режиме и управление электропитанием устройств. Для этого все электроприборы в доме связываются с датчиками и управляющими контроллерами в сеть посредством следующих сред передачи сигналов: по проводной шине, сети электропитания 220В и с помощью радиосигналов. Наиболее распространенными технологиями объединения датчиков, электроприборов и управляющих контроллеров в сеть стал стандарт RS 485[2].

### Технология RS-485.

RS-485 (RS-485 — Recommended Standard 485) стандарт передачи данных по двухпроводному полудуплексному многоточечному последовательному каналу связи. В стандарте RS-485 для передачи и приёма данных часто используется единственная витая пара проводов. Физически сеть RS-485 выполнена стандартным сетевым кабелем категории 5е. Так как в таком кабеле всего есть четыре пары проводов, то можно одну пару задействовать непосредственно для интерфейса RS-485, а по оставшимся свободным парам подавать постоянное напряжение 12-24В для питания различных модулей и устройств. Передача данных осуществляется с помощью дифференциальных сигналов. Разница напряжений одной полярности между проводниками означает логическую единицу, разница другой полярности — ноль. RS-485 — это физическая среда передачи данных, для того чтобы устройства могли понимать друг друга, данные кодируются с помощью протоколов передачи данных ModBus и Adicon.

Наиболее распространенным протоколом передачи данных в стандарте RS-485 стал протокол ModBus — открытый стандарт обмена данными. ModBus передает данные через последовательные линии между устройствами. Простейшая схема будет состоять из одного последовательного кабеля, соединяющего последовательные порты на двух устройствах, активного устройства типа Master и пассивного устройства типа Slave, в качестве которого обычно выступают датчики и бытовая электротехника. В качестве активного устройства типа Master выступает микроконтроллер либо персональный компьютер. Протокол позволяет к одному устройству типа Master присоединять до 247-ми устройств типа Slave.



Основой структуры запросов и ответов протокола ModBus - является пакет протокола, называемый PDU (Protocol Data Unit). Структура PDU протокола Modbus не зависит от типа линии связи и включает в себя код функции и поле данных. Код функции - это однобайтовое поле. Оно может принимать значения в диапазоне 1...127. Значения 128...255 зарезервированы для кодов ошибок. Поле данных может быть переменной длины. Размер пакета PDU ограничен 253 байтами.

Каждому устройству Slave в сети RS-485 с протоколом ModBus присваивается уникальный адрес устройства от 1 до 247. Когда устройство Master запрашивает данные, то первый байт, что оно посылает, является адресом Slave. Таким образом, каждое устройство Slave знает после первого байта пропускать ли это сообщение дальше по сети. Протокол ModBus не способен производить групповой запрос к устройствам, поэтому каждый запрос ведущего устройства требует непосредственного обращения к ведомому устройству. Ведомое устройство должно получить сообщение, сработать и послать ответ. Лишь затем ведущее устройство может переходить к соединению с другим ведомым устройством.

Сеть RS 485 используют для объединения и питания датчиков для сбора информации и исполнительных устройств с управляющим контроллером. Модули соединяются между собой витой парой [3], например, кабелем CAT5, в котором 4 свитые пары, т.е. 8 проводов (рис. 1). Питание соединяется звездой, соединив параллельно 2 пары, и подключается общей точкой к источнику питания. Сигнал подключается треугольником, т.е. последовательно. По одной паре сигнал должен приходиться к модулю, а по другой паре должен уходить к следующему модулю. С двух концов должны быть подключены резисторы 120 Ом.

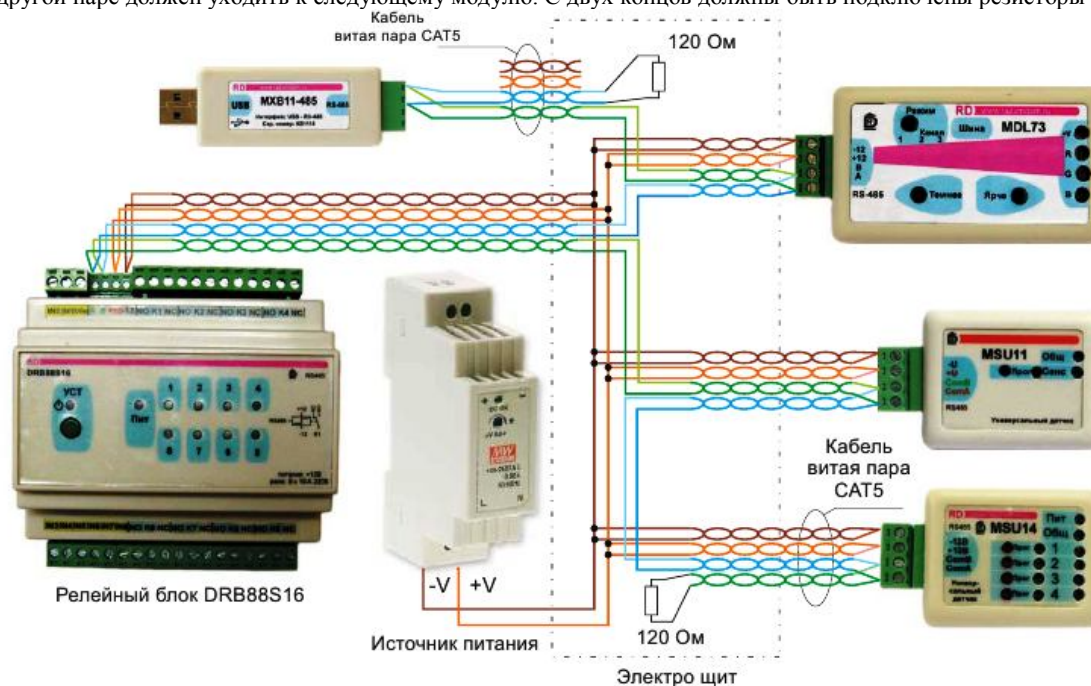


Рис. 1. – Пример подключения датчиков и управляющих устройств по шине RS-485.

Таким образом, автоматизированная интеллектуальная система «Умный дом» позволяет управлять активной нагрузкой электроприборов, сберегать и эффективно потреблять электроэнергию, продлевать срок службы электроприборов. Применение систем интеллектуального дома для энергосбережения в среднем сокращает расходы электроэнергии на 40%. Развитие, совершенствование и внедрение высокотехнологичных решений интеллектуального дома максимально расширяют потенциал энергосбережения.

#### Литература

1. Гололобов, В.Н. «Умный дом» своими руками. / Гололобов В.Н. – М.: НТ Пресс, 2007. – 416 с.
2. Сопер, М.Э. Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / Сопер М. Э. – М.: НТ Пресс, 2008. – 432 с.
3. Харке, В.Н. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве / Харке В.Н. – М.: Техносфера, 2009. – 292с.

Солер Я.И.<sup>1</sup>, Нгуен Ван Ле<sup>2</sup>, Нгуен Чи Киен<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, доцент; <sup>2</sup>аспирант, <sup>3</sup>студент, Иркутский государственный технический университет

#### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ МАЯТНИКОВОМ ШЛИФОВАНИИ ПЕРИФЕРИЕЙ АБРАЗИВНОГО КРУГА

#### Аннотация

Установлено, что при оценке точности формы плоских деталей из различных закаленных сталей целесообразно воспользоваться средними арифметическими и квадратичными показателями, содержащими наиболее полную информацию о всей шлифуемой поверхности.

**Ключевые слова:** шлифование, статистика, среднее, медиана, отклонение от плоскостности.

Soler Ya.I.<sup>1</sup>, Nguyen Van Le<sup>2</sup>, Nguyen Chi Kien<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Candidate of technical sciences, associate professor; <sup>2</sup>postgraduate student, <sup>3</sup>student, Irkutsk state technical university

#### PREDICTION OF SHAPE PRECISION OF HARDENED STEEL FLAT PARTS AT PENDULAR GRINDING WITH PERIPHERY OF THE ABRASIVE WHEEL

#### Abstract

There is estimation of complex of hardened steel flat parts when use of the arithmetic and quadratic mean marks with most complete data of grinded surface is expedient.

**Keywords:** grinding, statistics, mean, median, flatness.

Отклонение погрешностей формы оказывает непосредственное воздействие на пространственное расположение деталей, трудоемкость и точность сборки. В некоторых случаях макрогеометрия поверхности может оказаться более значимой, чем отклонения размеров. Сказанное в полной мере относится к ответственным высоконагруженным деталям силового набора летательных аппаратов, большинство из которых изготавливаются из высокопрочных легированных сталей. Их обработка на завершающем этапе технологического процесса чаще всего завершается шлифованием сопрягаемых поверхностей. Особенности данной операции обусловлены абразивным инструментом, режущие способности которого не представляется охарактеризовать некоторой детерминированной величиной, как принято при лезвийной обработке. В черепке круга абразивные зерна имеют



произвольную форму и неориентированное расположение. Это приводит к существенному рассеянию углов резания, количества зерен на единицу площади его рабочей поверхности и их расположения на различных уровнях в радиальном и осевом направлениях. Перечисленные явления носят случайный характер и их изучение целесообразно вести с привлечением теоретико-вероятностных методов [1]. Для снижения трудоемкости вычислений при принятии статистических гипотез в работе использована программа *Statistica 6.1.478*.

Статистические методы позволяют изучать  $e$ -ые независимые последовательности наблюдений

$$\{y_{ev}\}, e = \overline{1, k}, v = \overline{1, n}, \quad (1)$$

которые желательно представлять выборками равного объема  $n$ .

По методам интерпретации (1) разделяются на параметрические и непараметрические. Для их использования необходимо иметь следующую информацию по одномерному расположению частот [2; 3], ГОСТ Р ИСО 5721-1-2002:

\* мерам положения (опорным значениям)

$$\text{средним } y_e = y_{e\bullet}, \quad (2)$$

$$\text{медианам } \tilde{y}_e; \quad (3)$$

\* мерам рассеяния (прецизионности)

$$\text{стандартам отклонений } SD_e, \quad (4)$$

$$\text{размахам } R_e = (y_{\max} - y_{\min})_e, \quad (5)$$

$$\text{интерквартильным широтам } ИКШ_e = (y_{0,75} - y_{0,25})_e; \quad (6)$$

\* мерам формы расположений, в частности асимметрии (скошенности)

$$As_e = \left[ 3(\bar{y} - \tilde{y}) / SD \right]_e. \quad (7)$$

В одномерном и многомерном дисперсионном анализе (ОДА и МДА соответственно) знак «•» в индексах опорных значений свидетельствует о проведении процедуры осреднения наблюдений по этой независимой переменной. Например, в (2) дается среднее наблюдений (1) по дублирующим опытам. Этот прием в ДА позволяет адресно отражать одновременно поиск средних по нескольким входным переменным.

Параметрический метод базируется на распределениях частот (2), (4), (5), а альтернативное направление – на (3), (6). В теоретической статистике первая группа критериев разработана наиболее полно. В частности, это касается теории эксперимента, которая позволяет выполнять поиск моделей МДА с постоянными факторами, адекватно отражающих технологический процесс. К сожалению, сказанное имеет место только в том случае, когда наблюдения удовлетворяют требованиям нормальности и гомоскедастичности распределений (синонимы – однородность и гомогенность дисперсий). Второе ограничение к (1) должно выполняться наиболее строго. В противном случае точные параметрические оценки могут привести к принятию неверных гипотез. При шлифовании такие нарушения среди (1) встречаются довольно часто. Это заставляет обращаться к непараметрической теории, свободной от перечисленных ограничений, которая «на своем поле» (терминология [4]) обладает большей надежностью принятия нуль-гипотезы ( $H_0$ ) или ее отклонения в пользу альтернативного утверждения  $H_1$ .

Требование относительно нормальности распределений (1) в программе проверено по статистике Шапиро-Уилка ( $W$ ), для которой  $H_0$  принимается при условии:

$$W > 0,5. \quad (8)$$

Для оценки однородности дисперсий  $SD_e^2$  привлечены тесты ( $q = \overline{1; 3}$ ): 1-Хартли, Кохрена и Бартлетта, представленные в программе одной группой; 2-Левене; 3-Брауна-Форсайта, которые в случае случайного рассеяния должны удовлетворять неравенству:

$$\alpha > 0,05, \quad (9)$$

где  $\alpha$  - надежность принятия  $H_0$ .

Вероятностный характер гипотез не исключает того, что отдельные решения  $f = \overline{1; 3}$  могут различаться. Окончательное решение по гомогенности  $f_0$  или негомогенности  $f_1$  дисперсий принято из следующих соображений:

$$H_0 \text{ при } f_0 \in [2; 3], \quad (10)$$

$$H_1 \text{ при } f_1 \in [2; 3]. \quad (11)$$

После обоснования метода исследования (1) процедура поиска ожидаемых средних  $\hat{y}_e$  и медиан  $\hat{m}y_e$  включает два последовательно выполняемых этапа. Первоначально с помощью ОДА устанавливается наличие значимого различия среди (2) и (3) без поименного их выявления. Для (2) используется аппарат классического ОДА с расчетом  $F$ -отношения, равного частному от деления среднего квадрата фактора на средний квадрат ошибки [2]. Для (3) роль ОДА формально выполняет критерий Краскелла-Уоллиса [3], в котором выступают средние квадраты ранговых сумм. В случае положительного решения проводится

множественный анализ (2), (3) с предсказанием соответственно их ожидаемых величин  $\hat{y}_e$  и  $\hat{m}y_e$ . Подробно поиск ожидаемых мер положения изложен в работах [5, 6].

Для количественной оценки стабильности процесса использован индекс воспроизводимости  $C_p$  [3], который для конкретного

множества  $e = \overline{1; k}$  представляется выражением:

$$C_{pv} = (USL - LSL)_e / (6SD)_e, \quad (12)$$

где  $USL_e$ ,  $LSL_e$  -соответственно наибольшее и наименьшее предельные отклонения  $e$ -ой последовательности (2);  $SD_e$  -ее выборочный стандарт.

В работе приняты следующие неизменные условия проведения опытов: плоскошлифовальный станок модели 3Г71, круг формы 1 с размерами  $250 \times 20 \times 76$  и характеристикой 34А60К6V5 (ГОСТ Р 52781 - 2007) ; скорость резания  $v_k = 35$  м/с;

продольная подача  $s_{np}=7\text{м/мин}$ ; поперечная подача  $s_r=1\text{мм/дв.ход}$ ; глубина резания  $t=0,015\text{мм}$ , межпереходный припуск  $z=0,15\text{мм}$ ; СОЖ – 5%-ная эмульсия Аквол-6 (ТУ 0258-024-00148843-98), подаваемая поливом на заготовку (7-10л/мин); образцы с размерами  $D \times H = 40 \times 30$ , шлифуемые по круглому торцу с повторением опытов  $n=30$  без выхаживания. Опускание абразивного инструмента на глубину  $t$  вели в промежутки времени, когда продольный стол с заготовкой выходил из зоны резания и смещался в крайнее левое положение относительно оператора. В связи с этим его движение слева направо принято рабочим, а обратное, выполняемое без врезания в металл, – выхаживающим, окончательно формирующим макрогеометрию поверхности заготовки по схеме попутного шлифования. Последнее утверждение обусловлено тем, что абразивный инструмент имеет вращение по часовой стрелке. Переменные условия эксперимента в (1) представлены марками шлифуемых сталей ( $e = \overline{1;5}$ ): 1 - 30ХГСА, 2 – 30ХГСН2А-ВД, 3 – 40ХН2СМА-ВД, 4 – 13Х15Н4АМЗ (ВНС-5), 5 – 08Х15Н5Д2Т (ВНС-2).

Отклонения от прямолинейности измерены с помощью микрокатра 2-ИПМ (ТУ 20234-229-89) с ценой деления 1 мкм в полярной системе координат (рисунок), начало координат которой совмещено с центром

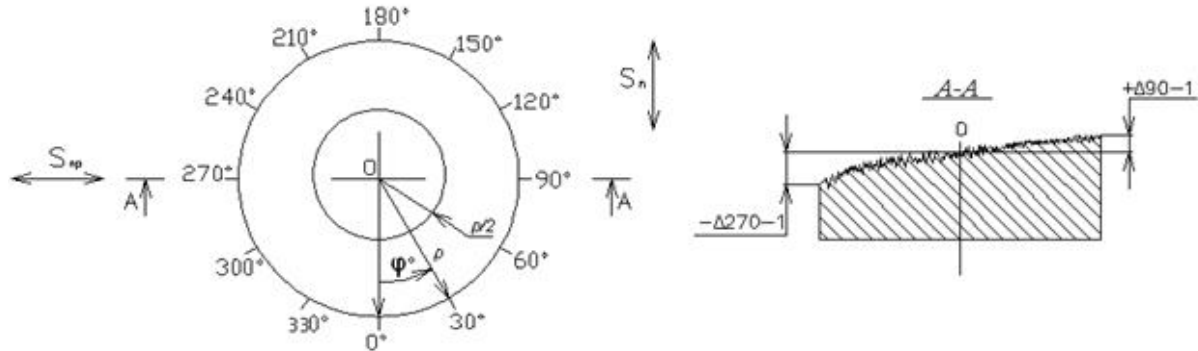


Схема измерения отклонений от прямолинейности в плоскости

заготовки. Замеры вели в 12-ти сечениях через  $30^\circ$  на полном радиусе  $D/2=20\text{мм}$ , который для сокращения записи представлен в виде  $\rho = 1$ . Реальное расположение поверхности в сечениях  $\varphi \in [0^\circ, 330^\circ]$  относительно начала координат

$\rho = 0$  может оказаться выше ( $+\Delta_{90;1}$ ) или ниже ( $-\Delta_{270;1}$ ), которые в ГОСТ 24642-81 именуются соответственно вогнутостью и выпуклостью. Полученная информация используется для повышения точности сборки соединений и машин. Однако целью данного исследования является оценка обрабатываемости различных сталей абразивным инструментом. В этом случае величины макроотклонений целесообразно представлять одной вещественной переменной, что позволит получить поправочные коэффициенты на шлифуемые стали и ввести их в базовую модель МДА. Наблюдение макрогеометрии, представленные на

рисунке, с учетом (1) преобразуем к виду  $\Delta_{ev(\varphi,1)}, e = \overline{1;5}, v = \overline{1;30}, \varphi \in [0^\circ, 330^\circ]$ . Полученные отклонения от прямолинейности в плоскости после смены точки отчета находим из выражений (рисунок):

$$EFL_{ev(\varphi,1)} = |\Delta \pm \Delta_{\min}|_{ev(\varphi,1)}, \quad (13)$$

$$\varphi, \varphi_{\min} \in [0^\circ, 330^\circ], e = \overline{1;5}, v = \overline{1;30},$$

где  $|\Delta_{ev(\varphi,1)}|$  - модуль отклонения от прямолинейности для фиксированных  $e, v, \varphi$ ;

$|\Delta_{ev(\varphi,1)}|_{\min}$  - модуль минимального отклонения от прямолинейности при варьировании  $\varphi \in [0^\circ, 330^\circ]$  для постоянных  $e$  и  $v$ .

В (13) берется знак «+» при разноименных частных видах отклонений от прямолинейности и соответственно знак «-», если обе составляющие (13) находятся одновременно выше или ниже точки 0. Находим среднее по  $v$  для всех сечений (13):

$(EFE_{e\bullet(\varphi;1)})$ ,  $\varphi \in [0^\circ, 330^\circ]$ . Наибольшая из полученных величин по ГОСТ 24642-81 принимается в качестве отклонения от плоскостности:

$$EFE_e = (EFE_{e\bullet(\varphi;1)})_{\max}. \quad (14)$$

Одновременно в работе воспользовались дополнительными параметрами отклонений от плоскостности (ГОСТ 24642-81): - средним арифметическим

$$EFE_{ea} = \sum_{\varphi=0^\circ}^{330^\circ} EFE_{e\bullet(\varphi;1)} / 12, \quad (15)$$

- средним квадратичным

$$EFE_{eq} = [\sum_{\varphi=0^\circ}^{330^\circ} (EFE_{e\bullet(\varphi;1)})^2 / 12]^{0.5}. \quad (16)$$

При использовании (15), (16) отклонение (14) в дальнейшем будем именовать наибольшим и дополним индексом «max», т.е. (14) получит обозначение -  $EFE_{e\max}$ . Для формализации информации дополнительные индексы в (14) – (16) будем именовать через  $j = \overline{1;3}$ :  $EFE_{ej}$ , 1 - max, 2 - a, 3 - q. Допуск на отклонение от плоскостности  $TFE$  принят для нормальной относительной геометрической точности (ГОСТ 24643-81):  $TFE=0,6T$ , где  $T$  – допуск на размер детали.

Влияние непараметрического метода на меры положений оцениваем медианными коэффициентами при одноименных  $e \in [1;5]$ .

$$* \text{ для отклонений от прямолинейности при } \varphi \in [0^0, 330^0]$$

$$K_{m(e\varphi)} = (\tilde{y} / y_{\bullet})_{e\varphi}, \quad (17)$$

$$\widehat{K}_{m(e\varphi)} = (m\hat{y} / \hat{y}_{\bullet})_{e\varphi}; \quad (18)$$

$$* \text{ для отклонений от плоскостности при } j = \overline{1;3}$$

$$K_{m(ej)} = (\widehat{EFE} / EFE_{\bullet})_{ej} \quad (19)$$

$$\widehat{K}_{m(ej)} = (m\widehat{EFL} / \widehat{EFL}_{\bullet})_{ej}. \quad (20)$$

Величины (17), (19) характеризуют медианные коэффициенты, полученные по опытным данным, а (18), (20) - по их прогнозируемым аналогам. В качестве базового материала принята сталь 30ХГСА ( $e=1$ ), по отношению к которой обрабатываемость остальных сталей  $e \in [2;5]$  оценивалась коэффициентами отклонений от плоскостности при одноименных  $j \in [1;3]$ .

$$K_{ej} = m\widehat{y}_{(ej)} / m\widehat{y}_{(1j)}, \quad (21)$$

$$K_{CTej} = C_{p(ej)} / C_{p(1j)}. \quad (22)$$

Приняв в (12) предельные отклонения от прямолинейности равными, упростим (22) и представим коэффициенты стабильности для каждого  $i = \overline{1;3}$ :

$$\begin{cases} K_{CTej1} = (SD_{1j} / SD_{ej}), \end{cases} \quad (23)$$

$$\begin{cases} K_{CTej2} = R_{1j} / R_{ej}, \end{cases} \quad (24)$$

$$\begin{cases} K_{CTej3} = ИКШ_{1j} / ИКШ_{ej}, \end{cases} \quad (25)$$

которые характеризуют меры рассеяния (4) - (6) для  $e = \overline{2;5}$ .

Величины (23) – (25), меньшие единицы, свидетельствуют о том, что шлифование базовых деталей 30ХГСА ( $e=1$ ) протекает с наибольшей прецизионностью процесса, а при  $K_{CTej} > 1$ , напротив в условиях наименьшей его воспроизводимостью по отношению к остальным деталям  $e = \overline{2;5}$ .

По критерию Шапиро-Уилка проанализированы распределения  $EFL_{\varphi,e}$ ,  $\varphi \in [0^0, 330^0]$ ,  $e = \overline{1;5}$  в количестве  $N=12 \times 5=60$ . При этом только в двух случаях из 60-ти принята гипотеза  $H_0$  при минимальной надежности  $\alpha=0,52$  для  $EFL_{\varphi,e}$ :  $\varphi=240^0$ ,  $e=5$  и  $\varphi=270^0$ ,  $e=1$ . Проверку гомогенности дисперсий по сечениям  $\varphi \in [0^0, 330^0]$  вели для всех марок сталей  $e = \overline{1;5}$  одновременно. Установлено, что  $H_0$  по (9) с учетом критериев  $q = \overline{1;3}$  приняты по следующим  $\varphi$ :  $0^0, 30^0, 120^0, 300^0$  (4 случая) – по критериям  $q=1$ ;  $0^0, 30^0, 120^0, 270^0, 300^0$  (5 случаев) – по  $q=2$ ;  $0^0, 120^0, 240^0, 300^0$  (8 случаев) – по  $q=3$ . В целом,  $H_0$  по (10) следует отклонить, а интерпретацию (1) следует вести с привлечением непараметрического метода.

В таблице 1 представлены опытные и ожидаемые меры положения макроотклонений при шлифовании базовой стали, которые востребованы для обоих методов статистики. Опытные и прогнозируемые средние носят информационный характер и позволяют убедиться в целесообразности использования непараметрических статистик. По опорным значениям в сечениях

$\varphi \in [0^0, 330^0]$  просчитаны медианные коэффициенты (17) и (18) и представлены отклонения от плоскостности по (14) – (16). Сопоставление опытных мер положения (2) и (3) в (7) показало, что из 12-ти анализируемых сечений распределения (1) имеют

положительный эксцесс в пяти случаях, при  $\varphi=300^0$  асимметрия  $As_{(330^0;1)} = 0$ , в остальных сечениях  $As_{(\varphi;1)} < 0$ . Различие между опытными (2), (3) при всех  $\varphi$ , за исключением  $\varphi=60^0$ , находится в пределах одной геометрической точности. В отмеченном сечении опытная медиана оказалась больше средней в 1,17 раза и вышла за пределы допуска  $TFL_6$  на один квалитет.

Относительно прогнозируемых медиан следует отметить, что их величины  $m\widehat{EFL}_{\varphi 1}$  в девяти случаях из 12-ти предсказаны

больше своих параметрических аналогов  $\widehat{EFL}_{\varphi 1}$ , хотя и остались в том же квалитете геометрической точности с меньшей надежностью. Медианные коэффициенты (17), (18), представленные по опытным и ожидаемым мерам положения, могут различаться не только на количественном уровне, но и на качественном. В первом случае имеем результаты следующего вида

(таблица 1):  $K_{m(1;60)}=1,17$ , а  $\widehat{K}_{m(1;60)} = 1,02$ . При качественном различии (17) их

Таблица 1 – Опытные и ожидаемые меры положения отклонений от прямолинейности и плоскостности и медианные коэффициенты (17), (18) при шлифовании деталей 30ХГСА

$\varphi^0$	$EFL_{\varphi 1} (TFL)$ , мкм				$K_{m(1\varphi)}$ по (17)	$\widehat{K}_{m(1,\varphi)}$ по (18)
	$\bar{y}$	$\hat{y}$	$\tilde{y}$	$m\hat{y}$		
0	9,13 (6)	8,51 (6)	9,00 (6)	8,75 (6)	0,96	1,03
30	8,84 (6)	8,91 (6)	10,00 (6)	9,25 (6)	1,13	1,04
60	9,40 (6)	9,67 (6)	11,00 (7)	9,88 (6)	1,17	1,02
90	10,17 (7)	10,84 (7)	11,00 (7)	11,50 (7)	1,08	1,06
120	11,17 (7)	11,09 (7)	11,50 (7)	11,12 (7)	1,03	1,00
150	11,10 (7)	11,95 (7)	11,50 (7)	11,50 (7)	1,04	0,96
180	10,80 (7)	10,88 (7)	10,00 (6)	10,67 (7)	0,93	0,98
210	9,90 (6)	9,57 (6)	10,00 (6)	9,75 (6)	1,01	1,02
240	9,93 (6)	9,83 (6)	9,50 (6)	9,62 (6)	0,96	0,98
270	8,10(6)	7,34 (6)	8,00 (6)	7,75 (6)	0,99	1,06
300	7,00 (6)	6,81 (6)	7,00 (6)	6,83 (6)	1,00	1,00
330	7,40 (6)	7,50 (6)	7,00 (6)	7,80 (6)	0,95	1,04
$EFE_{1max} (TFE)$	11,17 (7)	11,95 (6)	11,50 (7)	11,50 (7)	-	-
$EFE_{1a} (TFE)$	9,41 (6)	9,41 (6)	9,62 (6)	9,54 (6)	-	-
$EFE_{1q} (TFE)$	9,51 (6)	9,54 (6)	9,75 (6)	9,65 (6)	-	-

использование в базовых моделях МДА может сопровождаться уменьшением макрогеометрии в плоскости, а по (18) – напротив, их ростом (таблица 1,  $\varphi=150^0$ ) или наоборот ( $\varphi=300^0$ ). Отмеченные результаты позволяют сделать вывод в пользу привлечения статистических методов для изучения точности формы шлифованных деталей.

Отклонения от плоскостности деталей 30ХГСА, просчитанные по (19), (20) для опытных мер положения (2), (3) и их ожидаемым аналогам, представлены в нижней части таблицы 1 и соответствуют:  $TFE7$  – по показателю  $EFE_{11}$  (14) и  $TFE6$  – для (15), (16). При этом (15), (16) оказались практически равными, но меньше наибольшего показателя (14) в 1,17-1,27 раза.

Таблица 2 – Влияние материала детали на отклонения от плоскостности

Показатели отклонений от плоскостности	Отклонения от плоскостности ( $TFE$ ), мкм				
	Марки сталей $e = \overline{1;5}$				
	1	2	3	4	5
$m\widehat{EFE}_{e\max} (14)$	11,50 (7)	11,50 (7)	13,25 (7)	13,25 (7)	7,33 (6)
$m\widehat{EFE}_{ea} (15)$	9,54 (6)	9,36 (6)	10,38 (7)	10,51 (7)	5,66 (5)
$m\widehat{EFE}_{eq} (16)$	9,65 (6)	9,47 (6)	10,46 (7)	10,62 (7)	5,81 (5)
Поправочные коэффициенты $\widehat{K}_{ej}, j = \overline{1;3}$					
$\widehat{K}_{e1}$	1,00	1,00	1,15	1,15	0,64
$\widehat{K}_{e2}$	1,00	0,98	1,09	1,10	0,59
$\widehat{K}_{e3}$	1,00	0,98	1,08	1,10	0,60
Примечание: стали $e$ – 1 – 30ХГСА, 2 – 30ХГСН2А-ВД, 3 – 40ХН2СМА-ВД, 4 – 13Х15Н4АМЗ, 5 – 08Х15Н5Д2Т					

Таблица 2 иллюстрирует результаты исследования влияния закаленных сталей  $e = \overline{1;5}$  на макроотклонения поверхности деталей, которые просчитаны для ожидаемых медиан по показателям  $j = \overline{1;3}$ :  $m\widehat{EFE}_{e\max} (j = 1)$ ;  $m\widehat{EFE}_{ea} (j = 2)$  и  $m\widehat{EFE}_{eq} (j = 3)$ . Установлено, что наибольшая точность формы предсказана при шлифовании деталей 08Х15Н5Д2Т: ( $TFE$ )<sub>51</sub> – 6 квалитет, ( $EFE$ )<sub>51</sub>,  $j = \overline{2;3}$  – 5 квалитет. Сопоставление ожидаемых мер положения представлено в нижней части таблицы 2 коэффициентом (21), по возрастанию величины которого снижение точности деталей прогнозируется следующим рядом:

08X15H5Д2Т ( $e=5$ ), 30ХГСН2А-ВД ( $e=2$ ), 30ХГСА ( $e=1$ ), 40ХН2СМА-ВД ( $e=3$ ) и 13Х15Н4АМ3 ( $e=4$ ). При этом точности формы деталей  $e = \overline{1;2}$  практически совпали:  $K_{ej}=0,98-1,00$ ,  $j = \overline{1;3}$ . Сказанное в полной мере относится и к деталям из закаленных сталей 40ХН2СМА-ВД и 13Х15Н4АМ3 ( $e = \overline{3;4}$ ):  $K_{e1}=1,15$ ;  $K_{e2}=1,09-1,1$  и  $K_{e3}=1,08-1,1$ .

Повышение качества изготовления деталей возможно, если технологическая система является статистически управляемой, для чего в каждый момент времени необходимо обладать информацией по опорным значениям и прецизионности (1). Наиболее часто такой подход используется при статистическом управлении процессами по двойным контрольным картам [3]. В работах [7, 8 и др.] наглядно показана его целесообразность для повышения эффективности процесса шлифования. Следует констатировать, что меры рассеяния (4), (5), используемые параметрическими статистиками, являются общепринятыми. Для них в теоретической статистике имеются коэффициенты [3], позволяющие отыскать теоретические средние квадратичных отклонений  $\sigma_e(y)$ . Но даже в этом случае конкретно для отклонений от плоскостности остается открытым вопрос, какой из показателей (14)-(16) обладает наибольшей информативностью, т.е. несет большую информацию о поверхности. В непараметрических статистиках [4] вообще не обсуждается проблема рассеяния (1). Нами выбраны ИКШ<sub>e</sub> по (6), которые содержат информацию по рассеянию 50%-тов наблюдений (1). В условиях нарушения гомоскедастичности и нормальности распределений их оценки (25) рассматриваются приоритетными, а (23), (24) – справочными, которые приведены, в частности, для того, чтобы показать опасность использования параметрических критериев «на чужом поле». Из таблицы 3 видно, что меры рассеяния отклонений от плоскостности,

предсказанные по показателям (15), (16), практически совпали при постоянных  $e$  и переменных  $i = \overline{1;3}$  и  $j = \overline{2;3}$ . По интерквартильным широтам при тех же условия шлифования предсказаны близкие по величинам коэффициенты стабильности

$K_{CT(ej3)}, j = \overline{2;3}$  (25). Например, при шлифовании деталей 30ХГСН2А-ВД ( $e=2$ ) предсказаны: 1,077 по (24) и 1,094 по (25). Одновременно отмеченные закономерности подтверждены по (25) для наибольшей величины ИКШ<sub>e1</sub> (14). По снижению

коэффициентов  $K_{CT(ej3)}, j = \overline{2;3}$ , отражающих возрастание нестабильности процесса, шлифуемые марки сталей следует расположить в следующем порядке: 13Х15Н4АМ3 ( $e=4$ ); 30ХГСН2А-ВД ( $e=2$ ); 30ХГСА ( $e=1$ ); 08Х15Н5Д2Т ( $e=5$ ), 40ХН2СМА-

ВД ( $e=3$ ). По параметрическим коэффициентам  $K_{CT(eji)}$ ,

Таблица 3 – Влияние материала детали на стабильность формирования отклонений от плоскостности

Показатели стабильности	Величины мер рассеяния, мкм				
	Марки сталей $e = \overline{1;5}$				
	1	2	3	4	5
$SD_{e1}$	3,714	5,059	6,383	3,670	3,978
$SD_{e2}$	2,917	3,336	4,284	2,675	2,836
$SD_{e3}$	2,976	3,479	4,443	2,746	2,885
$R_{e1}$	15,000	21,000	30,000	15,000	15,000
$R_{e2}$	12,417	13,000	19,083	10,417	10,917
$R_{e3}$	12,672	13,626	20,185	10,704	11,079
ИКШ <sub>e1</sub>	5,000	5,000	7,000	5,000	6,000
ИКШ <sub>e2</sub>	3,500	3,250	4,417	2,833	3,583
ИКШ <sub>e3</sub>	3,697	3,379	4,573	3,082	3,926
Коэффициенты стабильности (23) – (25)					
$K_{CTe11}$	1,00	0,734	0,582	1,012	0,934
$K_{CTe21}$	1,00	0,874	0,681	1,090	1,029
$K_{CTe31}$	1,00	0,855	0,670	1,084	1,032
$K_{CTe12}$	1,00	0,714	0,500	1,000	1,000
$K_{CTe22}$	1,00	0,955	0,651	1,122	1,137
$K_{CTe31}$	1,00	0,930	0,628	1,184	1,144
$K_{CTe13}$	1,00	1,00	0,714	1,000	0,833
$K_{CTe23}$	1,00	1,077	0,792	1,235	0,977
$K_{CTe33}$	1,00	1,094	0,808	1,200	0,942
Примечание: стали $e = 1 - 30ХГСА$ , $2 - 30ХГСН2А-ВД$ , $3 - 40ХН2СМА-ВД$ , $4 - 13Х15Н4АМ3$ , $5 - 08Х15Н5Д2Т$					

$j = \overline{1;3}, i = \overline{1;2}$  неизменным осталось расположение сталей: 13X15H4AM3, 30XГСА и 40XH2CMA-BД. Оставшиеся две марки: 30XГCH2A-BД и 08X15H5Д2Т - поменялись своими местами. По терминологии, принятой при обсуждений мер

положения, имеет место варьирование  $K_{CT(eji)}, j = \overline{1;3}, i = \overline{1;2}$  как на качественном, так и количественном уровнях.

Результаты проведенного исследования показали, что для оценки точности формы деталей из исследуемых сталей, шлифуемых электрохромистыми корундовыми кругами нормальной пористости, следует использовать показатели  $EFE_{ea}$  (15) и  $EFE_{eq}$  (16), содержащие наиболее полную информацию о состоянии получаемой поверхности. Их также следует использовать для поиска поправочных коэффициентов к базовым моделям МДА, которые в исходном состоянии содержат конкретную

информацию по наибольшим отклонениям от прямолинейности по всем сечением  $\varphi \in [0^0, 330^0]$ .

#### Литература

1. Зубарев Ю.М. Теория и практика повышения эффективности шлифования материалов/ Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев. - СПб: Изд-во «Лань», 2010. – 304с.
2. Закс Л. Статистическое оценивание/ Л. Закс; пер. с нем. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
3. Уилер Д. Статистическое управление процессами/ Д. Уилер, Д. Чамберс; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 409 с.
4. Холлендер М. Непараметрические методы статистики/ М. Холлендер, Д. Вулф; пер. с англ. М: Финансы и статистика, 1983. – 578 с.
5. Солер Я.И. Исследование влияния выхаживания на микрорельеф пластин Р9М4К8 при шлифовании кругами из кубического нитрида бора/ Я.И. Солер, А.В. Прокопьева// Обработка металлов, 2009. - №1 (42). С.55-64.
6. Солер Я.И. Выбор абразивных кругов при плоском шлифовании деталей силового набора летательных аппаратов по критерию шероховатости поверхности/ Я.И. Солер, Д.Ю. Казимиров// Вестник машиностроения, 2010. - №3. – С.55-64.
7. Солер Я.И. Оценка режущих свойств кругов нового поколения «Аэробор» по критерию шероховатости при шлифовании плоских деталей основного и вспомогательного производств самолетостроительных предприятий/ Я.И. Солер [и др.]// Вестник ИрГТУ, 2013. - №4 (75). – С.43-50.
8. Солер Я.И. Прогнозирование шероховатости поверхности плоских деталей из закаленных сталей 30XГСА при различном задании поперечной подачи в условиях маятникового шлифования высокопористым синтеркорундом/ Я.И. Солер, С.С. Небого, А.А. Доморат// Вестник ИрГТУ, 2013. - №7 (78). – С. 22-31.

**Цапко Ю.В.,**

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Докторант, Киевский национальный университет строительства и архитектуры

#### АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ

*Аннотация*

*В статье рассмотрено - внедрение модификаторов на основе неорганических (сульфаты и фосфаты аммония), органических (полигексаметиленгуанидинфосфат, полиорганосилоксаны), обеспечение на этой основе эффективного использования древесины и расширение сферы применения.*

**Ключевые слова:** пропитки, древесина, антипирены, антисептики, модифицирование.

**Tsapko Ju. V.**

Cand. of technical sciences, Doctoral, Kiev National University of Construction and Architecture

#### ASPECTS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF MODIFICATION OF WOOD

*Abstract*

*In article - introduction of modifiers based on inorganic (sulfates and phosphates of ammonium), organic (antiseptic, polyorganosiloxanes), thereby ensuring the efficient use of wood and the expansion of the scope.*

**Keywords:** impregnation, wood, fire retardants, antiseptic, modification.

Капитальное строительство и реконструкция существующих объектов гражданского, промышленного и специального назначения, связана с использованием древесины, которая чувствительна к воздействию высокой температуры, биологическому разрушению и водопоглощению, т.е. способностью сохранять функциональные свойства в условиях эксплуатации.

Повышение эксплуатационных свойств древесины решается благодаря использованию покрытий, которые наносятся на поверхность конструкций и материалов, которые из нее изготавливаются, и ее пропиткой антипиренами.

Для комплексной защиты древесины от возгорания и биологического разрушения предложено небольшое количество препаратов, в частности смесь сульфата аммония, диаммонийфосфат и фтористого натрия (МС), или ортоборату натрия и борной кислоты (ББ) и смесь карбоната натрия и борной кислоты (БС) [1]. На сегодняшний день появились эффективные пропиточные композиции (смеси) для древесины, в частности композиции из антипирена (фосфаты и сульфаты аммония) и антисептика полимерного происхождения (полигексаметиленгуанидинфосфат (“Гембар”)) - ДСА-1 и ДСА-2.

Проведены исследования по определению биостойкости древесины методом определения биологической устойчивости к воздействию микрофлоры лесной почвы, пораженного культурами грибов рода *Ceratocystus*, *Sporodemia*, *Penicillium* согласно [2] в условиях лаборатории. Образцы древесины сосны размером 30х30х15 мм пропитывали биопрепаратом полигексаметиленгуанидинфосфат (“Гембар”). Контрольные и обработанные образцы в условиях испытаний по [2] выдерживали в течение двух календарных месяцев. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты исследования влияния препарата “Гембар” на устойчивость древесины к биоразрушению

Объект исследования	Средняя потеря массы, %
Необработанные образцы древесины (сосна) (контрольные в данной серии испытаний)	37,9
Образцы древесины (сосна), обработанные препаратом “Гембар”	1,87

Анализ результатов показывает, что максимальная потеря массы в случае биоразрушения контрольных образцов древесины составляет 38 %, а потеря массы образцов древесины, которые были обработаны препаратом “Гембар”, составляет менее 1,9 %, что значительно меньше, нежели регламентировано нормами [2].

Все образцы древесины, которые были защищены препаратом “Гембар” после проведения биоисследований не имели видимых признаков поражения плесневыми и дереворазрушающими грибами.

Эффективность огнезащиты проводили согласно ГОСТ 16363 [3], в результате испытаний (табл. 2), древесина огнебиозащищенная смесями (ДСА-1, ДСА-2), обеспечивает эффективность пропиточных средств.



Таблица 2 - Результаты определения эффективности огнезащиты древесины.

Огнезащитный образец древесины	Расход антипирена, кг/м <sup>2</sup>	Расход антисептика, г/м <sup>2</sup>	Средняя потеря массы образцов, %	Группа эффективности огнезащиты древесины
Смесью ДСА-1	0,350	1,5	9,1	ІБ, трудногорючая
Смесью ДСА-2	0,350	3,0	8,8	ІБ, трудногорючая

Необходимо отметить, что в случае применения ДСА на поверхности древесины образуется полимерная пленка, препятствующая выходу антипирена из древесины на поверхность и предотвращает свободному доступу кислорода воздуха, изменяя механизм пиролиза целлюлозы [1].

Водорастворимые антипирены и антисептики для древесины типа МС, ББ-11, БС-13 по истечении короткого промежутка времени из модифицированной древесины мигрируют вместе с влагой на поверхность и высыпаются из нее под действием окружающей атмосферы, что является главной причиной ослабления огнезащитных свойств. В случае применения ДСА после испарения влаги из древесины образуется полимерная пленка, которая препятствует выходу антипирена из древесины на поверхность. Для большего улучшения эксплуатационных свойств и расширения сферы применения модифицированной древесины предложено применение специальных гидрофобизирующих составов на основе полиорганосилоксанов (Силол).

Таким образом, учитывая, что одними из проблемных при эксплуатации модифицированной древесины являются вопросы срока сохранения эксплуатационных свойств во времени и применения защитных покрытий, в настоящее время разрабатываются экспресс-методики определения этого показателя.

Суть экспресс-метода испытаний заключается в моделировании процессов диффузии огнезащитных пропиточных средств искусственным путем и определении изменения оценочных показателей до и после “ускоренной диффузии антипирена из древесины”.

Испытания проводились на фоне образования циклических условий для ускоренной (искусственной) диффузии пропиточных средств путем их выдерживания при переменных значениях температуры и влажности (4 цикла приравнивают к одному условному году применения пропиточного средства в условиях реальной эксплуатации).

После окончания четырех циклов “ускоренной диффузии антипирена из древесины” (или одного условного года хранения огнезащитной древесины) определяют огнезащитную эффективность образцов пропитанной древесины. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты определения стойкости модифицированной древесины на “ускоренную диффузию”.

модификатор	Количество циклов испытаний	Масса образца, г		Потеря массы образца %	Группа эффективности
		до испытаний	после испытаний		
фосфаты и сульфаты аммония	Контрольный	143,1	132,5	7,4	I
	4	137,6	125,0	9,2	II
	8	130,2	112,7	13,4	II
ДСА-2	Контрольный	148,5	138,5	6,7	I
	20	141,0	128,4	8,9	I
	40	146,6	132,6	9,4	I
	48	151,1	134,2	11,2	II
ДСА-2 + Силол	Контрольный	144,2	131,9	6,5	I
	40	147,5	135,1	8,4	I
	80	142,1	129,6	8,8	I
	120	143,2	128,5	10,3	II

Проведенные исследования по определению огнезащитной эффективности после циклических испытаний по разработанной экспресс- методике (табл. 3) показали, что гидрофобизированная древесина, только через 120 циклов “ускоренной диффузии антипирена из древесины” теряет свои огнезащитные свойства и переходит из I группы эффективности в II группу согласно ГОСТ 16363 [3].

Таким образом, пропиточные огнезащитные составы для древесины ДСА-1 и ДСА-2, благодаря использованию нового подхода к огнебиозащите, заключающегося в соединении солевых антипиренов с полимерным антисептиком, являются эффективными огнезащитными композициями, а применение гидрофобизирующих составов продлевает срок службы модифицированной древесины.

#### Литература

- Бут В.П. Новый подход к огнебиозащите изделий из целлюлозы [Текст] / В.П. Бут, В.М. Жартовский и др. // Пожаровзрывобезопасность. – М.: ВНИИПО, 2004. – Вып. 5.– с. 31–32. – 3000 пр. – ISSN 0869-7493.
- ГОСТ 26603-1985. Полотна нетканые (подоснова) антисептированные из волокон всех видов для теплозвукоизоляционного линолеума. Метод определения биостойкости. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
- ГОСТ 16363-98 Межгосударственный стандарт. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. – Киев: Изд-во стандартов, 2000.

#### Эфендиева З.Дж.

Кандидат технических наук, доцент, Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия

#### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАЛЫХ МЕТАЛЛОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

#### Аннотация

*Рассмотрены состояние и перспектива разработки месторождений малых металлов (ртуть, сурьма и мышьяк) имеющие промышленное значение на основе которых возможно создание обрабатывающих предприятий. Промышленное освоение месторождений малых металлов значительно улучшит экономику государства.*

**Ключевые слова:** полезные ископаемые, месторождений малых металлов, ртуть, сурьма, мышьяк.

#### Afandiyeva Z.J.

Technical science associate, professor, Azerbaijan State Oil Academy,

#### PERSPECTIVES OF SMALL METAL MINING DEVELOPMENT IN AZERBAIJAN

#### Abstract

*The state and perspective of small metal deposits development (mercury, antimony and arsenic) having a commercial value which on the basis of metal it is possible to create manufacturing enterprises. Industrial harnessing of small metal deposits is significantly to improve the state's economy.*

**Keywords:** minerals, deposit small metals, mercury, antimony, arsenic.

Азербайджан известен миру как страна богатая месторождениями нефти, но менее известно, что он богат также металлическими и неметаллическими месторождениями. Полезные ископаемые имеют огромное значение в экономике республики, являясь основой строительства и промышленности, а масштаб их добычи и переработки определяет уровень материального производства, богатства и экономического развития государства.

Достижения современного научно-технического прогресса в области разработки и переработки рудных полезных ископаемых позволяют по новому подходить к оценке и освоению минеральных ресурсов недр Азербайджана.

**Месторождение малых металлов** К малыми металлам относятся ртуть, сурьма и мышьяк. В настоящее время на Малом Кавказе выявлен ряд ртутных месторождений. Основное количество ртутных месторождений размещено в центральной части Малого Кавказа (Шорбулагское, Эйванское, Левчайское, Агягское, Чилгячайское Нарзанлинское Аггаинское, Камышлинское, Арзунское, Зульфугарлинское и др.). [1].

Рассмотрение месторождений трех весьма различных полезных ископаемых ртутных, сурьмяных и мышьяковых определяется принадлежностью их к единой мышьяково-сурьмяно-ртутной рудной формации. Эти элементы, несмотря на весьма различные геохимические характеристики, образуют нередко комплексные, в особенности сурьмяно-ртутные месторождения. При этом нам представляется, основным связывающим звеном этой триады является сурьма, участвующая в формировании комплексных месторождений как с мышьяком. Так и с ртутью (часто), что является довольно редким для мышьяково-ртутного сочетания. Но чаще металлы этих месторождений пространственно разобщены. [2,4].

Ртуть (киноварь) встречается на участках кислых магматических пород различного возраста и состава, больше всего в вулканогенных отложениях и вулканогенных породах верхнемелового периода. Киноварь ассоциирует с пиритом, халькопиритом, антимонитом, магнетитом, гематитом, сфалеритом и другими минералами.

Ртуть, имеет свыше тысячи областей применения. Все соединения ртути, а также ее пары крайне ядовиты. Жидкое состояние при нормальной температуре, способность растворять (амальгамировать) золото, серебро, олово, кадмий, свинец, висмут, излучение в парообразном состоянии ультрафиолетовых лучей и взрываемость некоторых соединений обусловили разнообразное применение ртути в электро- радиотехнике, в медицине.

Кларк ртути сто тысячные доли процента месторождения редки. Примерно из 25 ртутьсодержащих минералов важнейшее промышленное значение имеет киноварь  $\text{HgS}$  (86.2 % Hg).

**Месторождение сурьмы.** Сурьмяные месторождения известны в Азербайджане Ордубадском (Айлиское) и в Кельбаджарском районе (Левчайское). В Левчайском месторождении содержание сурьмы в рудах 0.4-11.68% и в среднем составляет 11%, запасы сурьмы в разведенной части месторождения определяется 2 тыс.т.

Сурьма на 80% используется в виде сплавов. Кларк сурьмы сто тысячные доли процента, месторождения редки, но некоторые из них весьма значительны. Примерно 40 минералов содержат сурьму, но промышленное значение имеет лишь антимонит, или стибнит, изредка сурьмяные охры зоны окисления.

**Месторождение мышьяка.** Самое крупное месторождение мышьяка в Азербайджанской Республике известно в Кедабек (Биттибулагское) и Джульфе (Джюльфинское и Дарыдагское). Дарыдагское месторождение эксплуатировалось до 1941 г. Руда в форме штока. В состав руды входят аурипигмент, реалгар, антимонит, арсенопирит, арсенный и мельникит.

Мышьяк встречается в гидротермальных рудных жилах с самородным серебром и арсенидами кобальта и никеля или с киноварью и антимонитом.

Распространенность мышьяка в земной коре, по А.П. Виноградову, следующая ( в % ) ультрамафиты  $5 \cdot 10^{-5}$ , мафиты  $2 \cdot 10^{-4}$ , мезиты  $2.4 \cdot 10^{-4}$ , окисты  $1.5 \cdot 10^{-4}$ , осадочные породы  $6.6 \cdot 10^{-4}$ , кларк  $1.7 \cdot 10^{-4}$ . Мышьяк нередко ассоциирует с S, Au, Pt. [3].

Хотя соединения мышьяка ядовиты, он входит в состав растений и животных. Морские организмы содержат стотысячные, а пресноводные и наземные миллионные доли процента мышьяка. В печени человека от 2 до 12 мг/ кг мышьяка. Считается, что очень малые дозы стимулируют жизненные процессы и повышают устойчивость организмов.

Промышленными минералами мышьяка являются арсенопирит  $\text{FeAsS}$ , реалгар  $\text{AsS}$ , аурипигмент  $\text{As}_2\text{S}_3$ , скородит  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , леллингит  $\text{FeAs}_2$ , энаргит  $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$ , и теннантит  $\text{Cu}_3\text{SAsS}_3$ . В промышленных рудах обычно содержится 2-7% As.

Мышьяк применяют в производстве ядохимикатов для сельского хозяйства и в медицине, для получения некоторых лекарственных препаратов (для лечения малокровия и малярии) а также в стоматологии.

В металлургии мышьяк используют для добавления к свинцу, для получения антикоррозийный сплавов сурьмы и свинца, для изготовления меди с повышенной прочностью на разрыв, твердостью и коррозионной стойкостью. Добавляют мышьяк в типографические сплавы и баббиты. Мышьяк применяют при изготовлении некоторых стекол, в керамике, в кожевенной промышленности, в производстве средств для антисептирования древесины.

Таким образом, исследований позволяют рассматривать месторождений малых металлов Азербайджана как перспективный источник продукции, позволяющий использования их в различных отраслях промышленности.

#### Литература

1. Геология Азербайджана: -VI том // Полезные ископаемые Баку: Из-во Нафта Пресс, 2003. – 576с.
2. Минерально-сырьевые ресурсы Азербайджана Баку: Из-во Озан, 2005. – 807с.
3. Баба-заде В.М, Насибов Н.Т, Насибов Т.Н. // Ртутные сурьмяные и мышьяковые месторождения Азербайджана. Из-во Нафта Пресс Баку. 2001.с 142
4. Эфендиева З.Дж. Генетическая классификация месторождений метал- лических и неметаллических полезных ископаемых Азербайджана // Физика, Математика и Науке о земле. - 2005. № 2. –с. 119-126.