



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

*Сборник статей по материалам
XXVII международной научно-практической конференции*

№ 10 (23)
Октябрь 2013 г.

Часть II

Издается с октября 2011 года

Новосибирск
2013

УДК 62
ББК 30
Т 38

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

Ахметов Сайранбек Махсutowич — д-р техн. наук, проф., ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем, действительный член (академик) Национальной инженерной академии Республики Казахстан, заместитель председателя Западно-Казахстанского филиала НИА РК, г Уральск.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович — канд. техн. наук, доц. Полтавского национального технического университета им. Ю.Кондратюка;

Елисеев Дмитрий Викторович — канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

Романова Алла Александровна — канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной физики Санкт-Петербургского государственного университета сервиса и экономики.

Т 38 Технические науки — от теории к практике. № 10 (23). Часть II: сборник статей по материалам XXVII международной научно-практической конференции. — Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 130 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Технические науки — от теории к практике» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

Оглавление	
Секция 5. Горная и строительная техника и технологии	6
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО И РАЗДЕЛЬНОГО СПОСОБОВ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА	6
Галкин Александр Фёдорович Николаева Дарья Викторовна	
Секция 6. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии	13
ТЕХНОЛОГИЯ МАГНИТНОЙ ТОМОГРАФИИ: ОПЫТ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ	13
Волгина Наталья Ивановна Воробьев Яков Владимирович Горошевский Валериан Павлович	
ЛАЗЕРНАЯ ЗАКАЛКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ СО СТРУКТУРАМИ, БЛИЗКИМИ К РАВНОВЕСНЫМ	21
Костромин Сергей Викторович	
Секция 7. Транспорт и связь, кораблестроение	26
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСХОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ	26
Вялкова Светлана Олеговна	
Секция 8. Сельское и лесное хозяйство, агроинженерные системы	32
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ПОКОЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВСХОЖЕСТИ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ	32
Лукоянычева Ольга Викторовна Пронин Сергей Петрович	

Секция 9. Технология материалов и изделий легкой промышленности **39**

СОЗДАНИЕ КОНТЕНТА «РИСУНЧАТЫЕ ЭФФЕКТЫ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН» 39

Катаева Светлана Борисовна
Немирова Любовь Федоровна

КОНСЕРВИРОВАНИЕ КОЖЕВЕННОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕПАРАТА «СУПЕРАНТИСЕПТ-2» 43

Щербакова Анастасия Владимировна
Новиков Михаил Вячеславович

Секция 10. Приборостроение, метрология, радиотехника **48**

МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПО УГЛУ РЕФРАКЦИИ 48

Андросик Андрей Борисович
Воробьев Сергей Андреевич
Мировицкая Светлана Дмитриевна

ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ГИЛЬБЕРТА ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ 61

Здольников Дмитрий Викторович
Уваров Владимир Константинович

Секция 11. Электротехника **70**

КОМБИНИРОВАННЫЕ СЕТИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫСОКООРБИТАЛЬНЫХ И НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ 70

Кожевников Евгений Александрович
Спирин Александр Александрович

СТАТИЧЕСКИЕ ТИРИСТОРНЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ КОММУТАЦИЕЙ И СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИМИ 75

Литковец Сергей Петрович
Петухов Николай Васильевич

Секция 12. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология **87**

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЛЯ ОХРАНЫ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ
Любимова Наталья Сергеевна
Матвеев Юрий Николаевич

87

НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ БАЗА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
Мартемьянов Владимир Артемьевич
Любимова Наталья Сергеевна

95

РАЗРАБОТКА МОТОВ СЕНСОРНОЙ СЕТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАГАЗОВАННОСТИ ЗДАНИЙ
Сергушев Алексей Геннадьевич

99

Секция 13. Нанотехнологии и наноматериалы **105**

УГЛЕРОДНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ: ХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СУПЕРКОНДЕНСАТОРАХ
Елецкий Александр Валентинович
Жицерман Владимир Юрьевич
Кобзев Георгий Анатольевич

105

УПРАВЛЯЕМАЯ МИКРОПОЛОСКОВАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СВЧ НАНОСХЕМ
Копылов Алексей Филиппович
Копылова Наталья Алексеевна

113

СПЕКАНИЕ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОРТОСИЛИКАТА ЦИНКА, ЛЕГИРОВАННОГО КОБАЛЬТОМ
Шемель Ирина Геннадиевна

121

СЕКЦИЯ 5.

ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО И РАЗДЕЛЬНОГО СПОСОБОВ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Галкин Александр Фёдорович

д-р техн. наук, проф.

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,

г. Санкт-Петербург

E-mail: afglkin@mail.ru

Николаева Дарья Викторовна

студентка,

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,

г. Санкт-Петербург

E-mail: nikolaeva.dasha@inbox.ru

ENERGY AND ECONOMIC ASSESSMENT OF CENTRAL AND SEPARATE WAYS OF MINE AIR CONDITIONING

Galkin Aleksandr Fedorovich

doctor tech. sci. National University of mineral resources,

Saint Petersburg

Nikolaeva Dariya Victorovna

student National University of mineral resources,

Saint Petersburg

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты сравнительных расчетов энергетической эффективности для двух классических способов кондиционирования рудничного воздуха. Расчеты выполнены для разных горнодобывающих регионов страны. Определена область рационального использования каждого из способов. Выполнена экономическая оценка, которая показала значимость подобных расчетов при проектировании систем подогрева рудничного воздуха в зимний период.

ABSTRACT

The paper presents the results of comparative calculations of energy efficiency for two classic ways of air-conditioning mine air. Calculations were made for different mining regions of the country. Defined the area of rational use each of the methods. Made economic assessment, which showed the importance of such calculations in the design of the systems of heating of the mine air in winter.

Ключевые слова: проветривание рудников; выбор способа проветривания; экономическая эффективность.

Keywords: ventilation of mines; the choice of mode of ventilation; economic efficiency.

Введение. Экономия энергетических ресурсов является одной из важнейших задач горной промышленности России, развитие которой идет, в основном, за счет вовлечения в разработку месторождений северных регионов страны. В экономии энергетических ресурсов регулирование теплового режима шахт и рудников является основным затратным механизмом, требующим дополнительного потребления энергии по причине низких температур и большой продолжительности зимнего периода в горнодобывающих регионах. Вопросами регулирования теплового режима шахт и рудников Севера занимались многие известные ученые — Дядькин Ю.Д., Чабан П.Д., Зильберборд А.Ф., Шерстов В.А., Шувалов Ю.В., Казаков Б.П. и др. [2]. Одним из первых задачу о рациональном выборе способа кондиционирования рудничного воздуха сформулировал В.С. Вепров в работе «О способе подогрева воздуха в шахтах области вечной мерзлоты» [1], где приведены результаты расчетов производительности калориферных вентиляторов шахт «Центральная» треста «Якутуголь» и «Кадыкчанская» треста «Северовостокуголь», при раздельном и централизованном способах проветривания. За основу было взято уравнение теплового баланса:

$$G_{\text{кал}} = G_{\text{ш}} \cdot \left(\frac{t_{\text{см}} - t_{\text{нар}}}{t_{\text{под}} - t_{\text{нар}}} \right), \text{ кг/мин}, \quad (1)$$

где: $G_{\text{кал}}$ — весовое количество воздуха, проходящего через калорифер, кг/мин;

$G_{\text{ш}}$ — весовой дебит общешахтной поступающей струи, кг/мин;

$t_{\text{см}}$ — смесь расчетной температуры, °С;

$t_{\text{под}}$ — температура подогреваемого воздуха, °С;

$t_{\text{нар}}$ — температура наружного воздуха, °С.

Исследованные варианты для двух характерных шахт Севера и выполненные расчеты позволили сделать вывод об энергетической эффективности централизованного способа кондиционирования. При этом экономическая эффективность применения того или иного технического решения автором не рассматривалась, равно как и не определялась область рационального применения различных способов в других климатических зонах.

Постановка задачи. Целью настоящей работы являлось развитие идеи В.С. Вепрова. А именно, расчет энергетической и экономической эффективности централизованного и раздельного способов подогрева рудничного воздуха с учетом изменения удельного веса воздуха в зависимости от температуры и определение области их рационального использования в различных горнодобывающих регионах Российской Федерации.

Математическая формулировка задачи имеет вид:

$$\begin{cases} F_N = (\sum C_{\text{э}})_{\text{ц}} + (\sum C_{\text{э}})_{\text{р}} \rightarrow \min \\ F_N = N_{\text{ц}} - N_{\text{р}} \rightarrow \max \end{cases} \quad (2)$$

То есть, разница потребляемой мощности при централизованном и раздельном способах кондиционирования стремится к максимуму, а стоимость потребляемой электроэнергии к минимуму. Стоимость потребляемой электроэнергии за зимний период использования калориферного вентилятора будет равна

$$\begin{aligned} C_{\text{раз,ц}}^{\text{э}} &= C_{\text{э}} \cdot \tau \cdot N \\ N &= f(Q) \end{aligned} \quad (3)$$

где: C_3 — стоимость 1 кВт·час электроэнергии, руб./кВт·час;

τ — продолжительность зимнего периода, час;

N — мощность вентилятора, кВт;

Q — производительность вентилятора, м³/с.

Потребляемая мощность вентилятора, в свою очередь, зависит от объема, подаваемого в шахту воздуха, и для раздельного способа проветривания равна сумме потребляемых мощностей обоих вентиляторов:

$$N_{раз} = N_{ш} + N_{кал}, \text{ кВт} \quad (4)$$

где: $N_{раз}$ — потребляемая мощность при раздельном способе проветривания, кВт;

$N_{ш}$ — потребляемая мощность шахтного вентилятора (главного вентилятора), кВт;

$N_{кал}$ — потребляемая мощность вентилятора, работающего совместно с калориферной установкой, кВт.

Производительность вентилятора зависит от необходимого объема подаваемого воздуха и его удельного веса. Удельный вес воздуха подаваемого в рудник находился, как среднее значение удельного веса воздуха при наружной температуре и температуре подогрева.

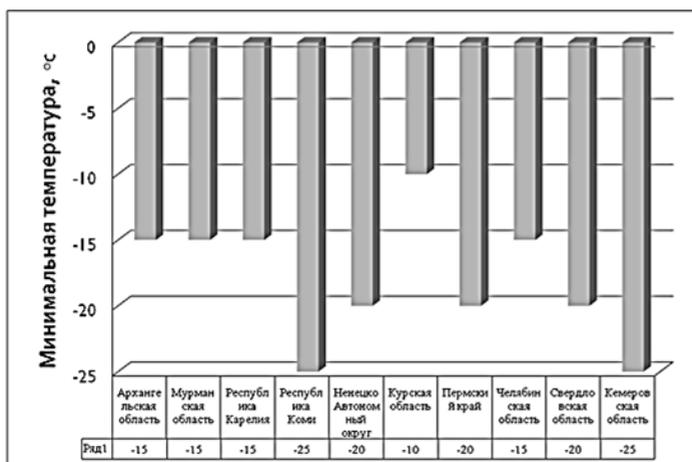


Рисунок 1. Минимальная температура воздуха по регионам РФ

Для решения поставленной задачи были рассмотрены следующие горнодобывающие регионы российской Федерации: Архангельская, Кемеровская, Курская, Мурманская, Свердловская, Челябинская области, Пермский край и Ненецкий Автономный округ и республика Коми. Для каждого региона по СНиП [5] определены минимальная среднестатистическая температура зимнего периода и продолжительность зимнего периода (рис. 1).

Анализ результатов. По результатам исследования установлено, что для рассмотренных горнодобывающих регионов максимальная среднестатистическая температура зимнего периода наблюдается в Курской области и равна минус 10 °С, а минимальная в Кемеровской области и республики Коми, минус 25 °С.

По формуле (1) произведен расчет производительности вентиляторов при раздельном способе кондиционирования при различных температурах подогрева в калориферных установках подаваемого воздуха (70 °С, 60 °С, 50 °С, 40 °С), и различных температурах смеси подаваемого в шахту воздуха (в диапазоне от –8 °С до +2 °С, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [3]). При этом весовой дебит общешахтной струи изменялся в диапазоне от 20 кг/с до 100 кг/с, с шагом в 20 кг/с, с учетом зависимости удельного веса воздуха от температуры [4]. Результаты расчетов для некоторых регионов оказались одинаковы, поскольку продолжительность зимы и среднестатистическая температура одинаковы, т. е. их можно для целей анализа объединить в одну характерную группу.

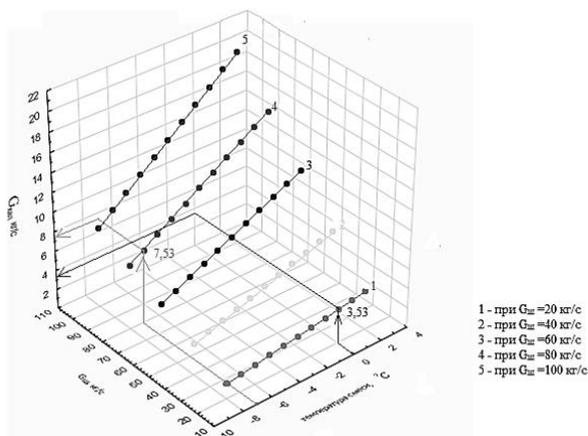


Рисунок 2. Результаты вычислений для климатических условий Архангельской области при температуре подогрева воздуха 70 °С

На рисунке 2 показаны примеры использования результатов вычислений (для условий Архангельской области при подогреве части воздуха в калорифере до 70°C). Коричневыми стрелками показан пример получения конечного результата при необходимом весовом дебите общешахтной поступающей струи 20 кг/с и температуре, подаваемой в шахту струи воздуха, равной 0°C . Линия зеленого цвета соответствует дебиту общешахтной струи 20 кг/с . Сначала находим точку пересечения с температурой смеси воздушной струи, равной 0°C . Из точки пересечения делаем проекцию к оси аппликат и получаем искомое значение весового дебита воздушной струи, проходящей через калорифер, равное $3,53\text{ кг/с}$. Для температуры смеси воздуха, равной минус 7°C , и при необходимом весовом дебите общешахтной струи 80 кг/с , находим точку пересечения графика (линия 2, красного цвета), с температурой смеси воздушной струи. Из этой точки пересечения делаем проекцию к оси аппликат. Получаем значение весового дебита воздушной струи проходящей через калорифер, при температуре смеси равной -7°C и весовом дебите общешахтной струи 80 кг/с , равное $7,53\text{ кг/с}$.

Анализ результатов вариантных расчетов показал, что отдельный способ кондиционирования рудничного воздуха, рационально применять в Кемеровской области и республики Коми. Для кондиционирования шахт Архангельской, Курской, Мурманской, Свердловской, Челябинской областей, Пермского края и Ненецкого Автономного округа, целесообразнее применять централизованный способ кондиционирования.

Экономическую эффективность оценим на примере условий, характерных для шахт Кемеровской области. Расчет экономической эффективности отдельного способа проветривания проводился по формулам (3) и (4). Исходные данные: среднестатистическая минимальная температура в зимний период $t_{\text{нар}} = -25^{\circ}\text{C}$, продолжительность зимнего периода 8 месяцев. Стоимость электроэнергии $C_3 = 5\text{ руб./кВт}\cdot\text{час}$. Общешахтный расход $Q_{\text{ш}} = 110\text{ м}^3/\text{с}$; температура подогрева $t_{\text{под}} = 70^{\circ}\text{C}$. Выполненные расчеты показали, что для данных условий, экономический эффект при использовании отдельного способа кондиционирования в зимний период составляет 576000 рублей в год.

Выводы. Проведенная энергетическая и экономическая оценка использования для подогрева воздуха централизованного или отдельного способов показала, что каждый из них имеет свою эффективную область применения. Установлено, что правильный выбор того или иного способа кондиционирования на практике,

позволяет существенно сэкономить энергетические ресурсы и получить значимый экономический эффект. Дальнейшее развитие исследований следует направить на совершенствование методики расчета. В частности, для учета не только подогрева воздуха, но и его увлажнения. Т. е., методика должна учитывать не только температуру, но и энтальпию вентиляционной струи.

Список литературы:

1. Вепров В.С. О способе подогрева воздуха в шахтах области вечной мерзлоты. Сб. «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых Севера». Изд-во ЛГИ, 1972. — С. 237—238.
2. Галкин А.Ф. Тепловой режим подземных сооружений Севера. Новосибирск: ВО Наука, 2000. — 305 с.
3. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. Помощь по ГОСТам. — [Электронный ресурс]. – Режим доступа. — URL: <http://www.gosthelp.ru/text/MethodikaMetodikarascchetno2.html> (дата обращения 17.10.2013).
5. СНиП 23-01-99. Таблица 3 — Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С. РФ. Кемеровская обл., Кировская обл., Республика Коми, Костромская обл., Красноярский край, Курская обл., Липецкая обл., Ленинградская обл. + Санкт-Петербург.

СЕКЦИЯ 6.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ТЕХНОЛОГИЯ МАГНИТНОЙ ТОМОГРАФИИ: ОПЫТ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Волгина Наталья Ивановна

*канд. техн. наук, доцент МАМИ,
г. Москва*

E-mail: nvolgina2008@rambler.ru

Воробьев Яков Владимирович

*канд. техн. наук, старший научный сотрудник ООО НТЦ «Транскор-К»,
г. Москва*

E-mail: vorobyov2004@mail.ru

Горошевский Валериан Павлович

*канд. техн. наук, технический директор ООО НТЦ «Транскор-К»,
г. Москва*

TECHNOLOGY OF THE MAGNETIC TOMOGRAPHY: EXPERIENCE AND POSSIBILITIES OF APPLICATION

Natalia Volgina

*candidate Technical Science, Associate Professor
of Moscow state machine-building university (MAMI),
Moscow*

Yakov Vorobyov

*candidate Technical Science, research associate
of Company LLC scientific technical center «Transkor-K»,
Moscow*

Goroshevskiy Valerian

*candidate Technical Science, Technical director
of Company LLC scientific technical center «Transkor-K»,
Moscow*

АННОТАЦИЯ

Представлен новый метод технической диагностики ферромагнитных материалов — бесконтактный метод магнитной томографии. Подчеркнуто, что главной задачей МТМ является выявление областей конструкции с повышенным риском аварии. Дополнительной задачей, которую решает метод магнитной томографии, является определение сроков безаварийной службы конструкции.

ABSTRACT

The new method of technical diagnostics of ferromagnetic materials — a contactless method of a magnetic tomography is presented. It is emphasized that the main task of MTM is identification of areas of a design with the increased risk of accident. Additional problem which solves a method of a magnetic tomography, definition of terms of accident-free service of a design is.

Ключевые слова: магнитная томография, неразрушающий контроль, трубопровод, напряженно-деформированное состояние.

Keywords: magnetic tomography, nondestructive control, the pipeline, intense the deformed condition.

Диагностирование технического состояния стальных трубопроводов — очень сложная проблема. Для подобных объектов

при отсутствии контроля на всем протяжении сложен даже первый шаг оценки состояния — выявление дефектов металла (собственно дефектоскопия).

Кроме того, для обеспечения безопасной эксплуатации трубопроводов необходимо иметь достоверную информацию о распределении механических напряжений по длине объекта, направление и уровень воздействия на трубопровод внешних сил. Современные численные методы оценки механических напряжений пока не получили широкого распространения ввиду многообразия и сложности реальных условий эксплуатации.

По результатам обследований и анализа разрушений трубопроводов, эксплуатирующихся в нестандартных условиях, установлено, что основной причиной аварий явились чрезмерные изгибные деформации, о чем свидетельствует характер разрушения труб: раскрытие кольцевых монтажных стыков или образование трещин по этим стыкам. Перенапряжение труб происходило в результате действия неучтенных в проектной документации нагрузок: силовое воздействие оползающих грунтов, размыв подводных трубопроводов, просадка грунтов и оголение трубопровода в карстовой зоне.

Вопросам ремонта линейной части магистральных трубопроводов посвящены многочисленные научно-технические публикации. Однако большинство из них относится к капитальному и аварийному ремонту нефтепроводов. Что касается магистральных трубопроводов большого диаметра, которые, в основном, были сооружены относительно недавно и срок амортизации их еще не истек, то технология и средства их ремонта пока еще занимают мало внимания исследователей [3, 4, 6].

Прогнозирование изменения условий эксплуатации газопроводов на этапе проектирования затруднительно. В связи с этим возникает проблема определения реально существующего в конструкции напряженно-деформированного состояния трубопровода с учетом эксплуатационных и изменяющихся природно-климатических нагрузок для обоснования целесообразности, очередности и выбора ремонтных мероприятий. Эта задача может быть решена методом магнитной томографии (МТМ).

Магнитная томография — метод определения технического состояния трубопроводов на основе оценки напряженно-деформированного состояния.

Главной задачей МТМ является обнаружение областей трубопровода с повышенным риском аварии. Дополнительной задачей,

которую решает МТМ, является вычисление параметров целостности трубопровода, таких как срок безаварийной службы. Все современные нормативные отечественные и зарубежные стандарты (ASME, API, DNV) оценивают локальные механические напряжения исходя из геометрии дефектов. Однако, именно механические напряжения (а не размеры конкретного дефекта) определяют целостность трубопровода! (рис. 1).

Напряжение

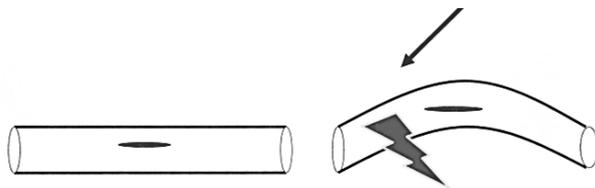


Рисунок 1. Дефект в трубе и напряжения, возникающие в ней при изгибе

Основные положения метода магнитной томографии базируются на явлениях магнито-упругого и магнитомеханического (пьезо-) эффекта [1, 2, 5]. Формирование доменной структуры металла трубопровода происходит еще на этапе изготовления труб под воздействием постоянного поля Земли. В процессе эксплуатации трубопровод испытывает множество различных механических нагрузок, приводящих к формированию зон релаксации или зон концентрации механических напряжений. Это участки наиболее слабого сопротивления разрушению, где процессы зарождения и развития дефектов происходят ускоренными темпами.

Метод магнитной томографии позволяет по параметрам изменения магнитного поля качественно оценить деформационную способность металла трубопровода с позиции действующих в сечении напряжений. Основные положения анализа напряженно-деформированного состояния являются постулатами теории сопротивления материалов и являются базовыми при расчетах критериев надежности трубопроводов.

Магнитное поле трубопровода содержит информацию о его напряженно-деформированном состоянии. При правильной интерпретации этой информации можно выявить не только фактические дефекты, но и оценить истинное состояние трубопровода, так как опасность разрушения создается именно результирующими напряжениями. Например, если в стенке трубы имеется какой-либо

дефект, то уровень напряжений в области дефекта будет отличаться от уровня напряжений в бездефектной трубе (рис. 2).

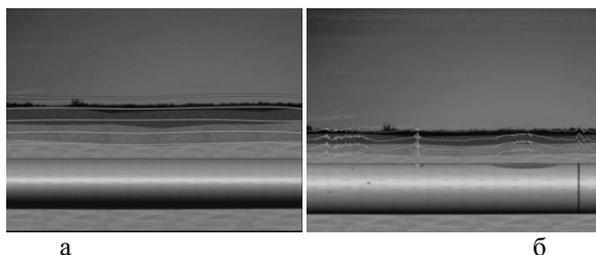


Рисунок 2 Уровни магнитного поля трубы без концентраторов напряжения (а) и с концентраторами напряжения (б)

То есть изменение локальных механических напряжений приводит к изменениям намагниченности трубопровода. Это отражается на магнитном поле трубы, и может быть обнаружено с помощью МТМ.

МТМ позволяет измерить напряжения, без непосредственного доступа к трубе и не требует приостановки работы трубопровода. Результаты измерений хорошо коррелируют с результатами принятых стандартов оценки механических напряжений.

Регистрация уровня локальных механических напряжений осуществляется бесконтактными магнитометрами в процессе записи напряженности магнитного поля трубопровода при обследовании. При этом изменение локальных механических напряжений оценивается по вектору направленности и уровню напряженности магнитного поля трубопровода — на основе магнито-механического эффекта.

На рис. 3 представлен внешний вид магнитометра СКИФ, с помощью которого производится сканирование объектов.

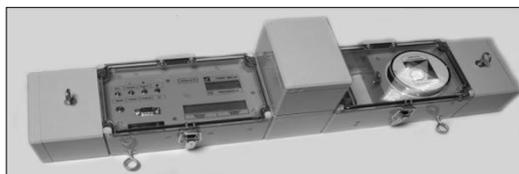


Рисунок 3 Магнитометр бесконтактный сканирующий МБС-04-1 «СКИФ»

Процедура проведения обследования методом магнитной томографии включает нескольких этапов:

1. Определение местоположения оси подземного трубопровода с регистрацией GPS-координат углов поворота, задвижек, пересечений с дорогами или другими коммуникациями. Работа выполняется с применением трассоискателя и GPS навигатора (рис. 4). На оси трассы устанавливаются временные реперы (указатели).

2. Сканирование напряженности магнитного поля трубопровода с шагом записи информации не более 0,02 м. Работа выполняется бесконтактным магнитометром серии СКИФ. Оператор с магнитометром проходит по оси трубопровода, отмечая пройденное расстояние от начала обследования (рис. 5). После завершения сканирования информация переносится в персональный компьютер для последующей обработки.

3. Предварительная обработка результатов сканирования, выбор и разметка на трассе участков под калибровочные шурфы. Калибровочные шурфы необходимы для уточнения степени опасности и идентификации типа наиболее опасного дефекта. По результатам, полученным в калибровочных шурфах, производится пересчет степени опасности всех выявленных дефектных участков (при необходимости).

4. По завершении полевых работ составляется заключение о техническом состоянии обследованного трубопровода с расчетом срока безопасной эксплуатации по каждому дефектному участку, дефектными ведомостями с указанием GPS и продольных координат.

Бригада из 3-х человек в день может обследовать 10—12 км.



Рисунок 4. Бесконтактный генератор трассоискателя



Рисунок 5. Обследование подземного и надземного трубопроводов магнитометром СКИФ

Метод магнитной томографии позволяет по параметрам изменения магнитного поля качественно оценить деформационную способность металла трубопровода с позиции действующих в сечении напряжений.

В основу расчетов заложен показатель степени опасности дефектов металла F , который характеризует относительное изменение уровня механических напряжений трубопровода как в области дефекта, так и всей конструкции.

Определение периода безаварийной работы проводится с учетом закономерностей изменения структуры и свойств металла в процессе эксплуатации, регистрируемых по изменению параметров магнитного поля трубопровода [2]. Используемый в расчетах показатель степени опасности F отражает фактический уровень напряженно-деформированного состояния металла в зонах выявленных дефектов, зафиксированный на момент обследования. При этом остановка или изменение режима трубопровода не требуется.

МТМ гарантирует обнаружение аномалий, связанных с любыми дефектами металла при уровне механических напряжений от 30 % до 85 % предела текучести металла с вероятностью обнаружения ≥ 80 %. Максимальная вероятность обнаружения (> 85 %) достигается при уровне локальных напряжений в дефектных областях от 55 до 65 % предела текучести.

Максимальная достоверность метода была достигнута при обследовании трубопроводов Западной Сибири — 93,5 %.

Следует отметить, что у метода магнитной томографии, как и у любого другого метода диагностики, есть следующие ограничения:

- ослабление сигнала при удалении от оси трубы более чем на 15 диаметров трубы;
- возможные помехи, связанные с высокой остаточной намагниченностью трубы
- низкая достоверность при уровне напряжений меньше 5 % предела текучести;
- помехи от магнитных масс, находящихся вблизи трубопровода на расстоянии менее 1 диаметра трубы;
- минимальный диаметр обследуемой трубы — 4 дюйма (100 мм).

Метод магнитной томографии позволяет

Бесконтактно провести магнитный контроль металла трубопровода в объеме 100 %, **выявить дефекты металла любой природы, включая:**

- Металлургические и брак производства (неметаллические включения, закаты, плены);
- Дефекты геометрии (вмятины, задиры, овальность);
- Дефекты сварных соединений (смещения кромок, непровары, отклонения валика, нарушения структуры);
- Потеря металла по причине внешней и внутренней коррозии (язвенная коррозия, ручейковая, стресс-коррозия);
- Трещиноподобные дефекты любой ориентации
- Аномалии напряженно-деформированного состояния на участках с провисами, прогибами, оползнями и т. п.).

Список литературы:

1. Вонсовский С.В., Жур Я.С. Ферромагнетизм. М.-Л., Машгиз, 1948, — 815 с.
2. Горошевский В.П., Камаева С.С., Волгина Н.И., Воробьев Я.В. Расчет безопасного давления и периода безаварийной работы трубопроводов по результатам магнитной томографии. «Ремонт, восстановление, модернизация», — №4, — 2010, — с. 15—19.
3. Ремизов В.В., Тухбатуллин Ф.Г., Королев М.И., Карпов С.В., Волгина Н.И., Салюков В.В. Коррозионное растрескивание труб под напряжением — основная причина аварий магистральных газопроводов. Газовая промышленность. Серия: Ремонт трубопроводов. Научно-технический сборник № 4. М.: ИРЦ Газпром, 2001, — с. 3—12.

4. Салюков В.В., Тухбатуллин Ф.Г., Колотовский А.Н., Митрохин М.Ю., Королев М.И., Волгина Н.И. Основные причины аварий магистральных газопроводов. Ремонт, восстановление, модернизация. — 2002. — № 10, — с. 12—14.
5. Тимофеев Б.Б. Магнитоупругий метод исследования напряжений в стали. Известия ТНИИСГЭХ. — Т. VI, — 1954, — с. 3—21.
6. Тухбатуллин Ф.Г., Волгина Н.И., Королев М.И., Теплинский Ю.А., Кузьбожев А.С., Бирилло И.Н., Агиней Р.В. Применение магнитного метода для оценки напряженного состояния надземных трубопроводов. Транспорт и подземное хранение газа. Научно-технический сборник № 1. М: ООО «ИРЦ Газпром», 2003, — с. 3—14.

ЛАЗЕРНАЯ ЗАКАЛКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ СО СТРУКТУРАМИ, БЛИЗКИМИ К РАВНОВЕСНЫМ

Костромин Сергей Викторович

*канд. техн. наук, доцент Нижегородского
государственного технического университета им. Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород
E-mail: mtnm@nntu.nnov.ru*

LASER HARDENING TOOL STEEL WITH A STRUCTURE CLOSE TO THE EQUILIBRIUM

Sergey Kostromin

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod*

АННОТАЦИЯ

В работе исследовано лазерное упрочнение штамповых сталей, не прошедших объёмную закалку. Определены глубины упрочнённых слоёв. Установлено влияние химического состава стали и размеров исходной структуры на глубину упрочнения. Полученные результаты объяснены с помощью анализа процессов протекания фазовых превращений в сталях при скоростном нагреве.

ABSTRACT

We have investigated the laser-hardened die steels that have not passed through hardened. Depths of the hardened layers are defined. Influence of a chemical compound of a steel and the sizes of initial structure on depth of hardening is fixed. The results are explained by analyzing the flow of the processes of phase transformations in steels by rapid heating.

Ключевые слова: инструментальная сталь; лазерная закалка; равновесная структура.

Keywords: tool steel; laser hardening; equilibrium structure.

Лазерная закалка находит применение в промышленности для поверхностного упрочнения и повышения износостойкости прокатных валков и штампового инструмента [2]. Однако наряду с тяжело нагруженными деталями существует большая номенклатура изделий, которые работают в условиях повышенного износа, но незначительных удельных нагрузок. При эксплуатации штампового инструмента, работающего в условиях единичного и мелкосерийного производства, на первое место выходит проблема снижения стоимости изготовления оснастки. Проблему можно решить за счет замены объёмной упрочняющей термообработки новым высокотехнологичным методом — лазерной поверхностной закалкой.

Актуальной задачей становится изучение воздействия лазерного излучения на стали со структурами, близкими равновесным [4].

В ранее выполненных исследованиях [1, 7, 8] показано действие лазерной закалки на структуру и свойства конструкционных и инструментальных сталей после различных видов объёмной термообработки. В работах [5, 3, 6] предложены методики оценки качества и работоспособности упрочнённых слоёв, в том числе и лежащих на «мягкой» основе.

Целью данного исследования являлось установление зависимости глубины лазерного слоя от состава инструментальной стали и дисперсности структур, близких к равновесному состоянию.

Объектом исследования служили образцы из сталей У8А, У10А, 9ХС, ХВГ, Х12Ф1, подвергнутые объёмной термообработке по режимам стандартной нормализации, стандартного отжига («отжиг 1») и отжига при температуре, превышающей стандартную на 80 °С («отжиг 2»). Лазерная обработка проводилась на установке «Латус-31» в непрерывном режиме в интервале плотностей мощности $q = 2,0\text{--}7,0 \text{ кВт/см}^2$. Выбранные режимы соответствовали области гарантированного лазерного упрочнения для исследуемых сталей [4].

Установлено, что строение зоны лазерного воздействия не зависит от исходных структур сталей, а определяется только термодинамическими условиями ее формирования. Глубина каждого слоя зоны лазерного воздействия определяется химическим составом и видом исходной структуры упрочняемой стали. Экспериментально определенные значения глубины упрочненного слоя для исследованных сталей представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Максимальная глубина лазерного слоя на сталях с различными исходными структурами

Сталь	Глубина лазерного слоя, мм		
	Нормализация	Отжиг 1	Отжиг 2
У8А	0,47	0,45	0,44
У10А	0,44	0,42	0,40
9ХС	0,55	0,50	0,46
ХВГ	0,60	0,56	0,52
Х12Ф1	0,65	0,64	0,60

Результаты можно объяснить различием температур, необходимых для закалки. Как известно, наиболее низкая температура — у эвтектоидной стали У8А. В результате при равном энергокладе лазерного источника в поверхность образцов, у стали У8А до закалочных температур прогреваются более толстые слои. Температура аустенитизации эвтектоидных сталей хотя и близка к температуре для эвтектоидной стали, но часть тепла затрачивается на растворение избыточного цементита и карбидов, в результате чего прокаливаемость стали и глубина упрочненного слоя получается меньше.

Глубина упрочненного слоя у легированных сталей больше по сравнению с углеродистыми. Известно, что Cr, Si, V уменьшают теплопроводность стали. Вероятно, при лазерной закалке сталей, содержащих эти легирующие элементы, тепло вглубь металла рассеивается в меньшей степени, чем в углеродистых сталях. Поэтому тепловая энергия, необходимая и достаточная для α - γ — превращения, аккумулируется в более толстом поверхностном слое, что даёт при последующем охлаждении более глубокий слой. Различие в глубине упрочненных слоев у сталей 9ХС и ХВГ объясняется, по-видимому, неодинаковым влиянием легирующих элементов или их комбинаций на теплопроводность. Наиболее глубокие упрочненные слои были получены на высоколегированной стали Х12Ф1.

Градиент температур (тепловой поток) при лазерной закалке существует в металле 10^3 — 10^6 секунд. За этот промежуток времени в поверхностных слоях должны успеть пройти процессы, обеспечивающие аустенитизацию, растворение избыточных фаз и частичную диффузию. Для инициирования фазовых превращений в исходной неравновесной структуре требуется значительно меньше энергии по сравнению со структурами, близкими к равновесным. Для превращения крупнозернистой структуры, а также грубых выделений избыточных фаз требуется значительно больше энергии, чем для мелкозернистой исходной структуры. Энергия лазерного излучения рассеивается на крупных зернах и расходуется не столько на продвижение фронта фазового превращения вглубь от зерна к зерну, сколько на довершение перестройки грубой структуры.

Таким образом, для штамповых сталей со структурами, близкими к равновесным, упрочненный слой максимальной глубины возможно получить при лазерной закалке легированной стали с наиболее дисперсной структурой.

Список литературы:

1. Борозинцев В.Э. Костромин С.В. Исследование структуры и свойств инструментальных сталей после лазерного упрочнения // Современные инновации в науке и технике: Материалы 3-й Международной научно-практической конференции (17 апреля 2013 г.) Курск: Юго-Западный государственный университет, 2013. — С. 28—31.
2. Гаврилов Г.Н., Костромин С.В., Калинин А.Б., Пейганович В.Н., Ермаков Д.Ю. Лазерные технологии повышения стойкости прокатных валков // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 4; [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.science-education.ru/110-9861> (дата обращения: 19.10.2013).
3. Костромин С.В. Влияние исходной структуры стали на несущую способность поверхностных слоев после лазерной обработки // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2013. — Том 6. — № 1. — С. 37—40.
4. Костромин С.В. Закономерности формирования и изменения свойств поверхностных слоев сталей при лазерной термической обработке: Автореф. дис. канд. техн. наук. Нижний Новгород, 1997. — 16 с.
5. Костромин С.В. Оценка несущей способности поверхностных слоев стали после лазерной обработки // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Том 10. — № 3. — С. 20—23.

6. Костромин С.В. Оценка относительной износостойкости поверхностного слоя конструкционной стали после лазерного упрочнения // Современные материалы, техника и технология: Материалы 2-й Международной научно-практической конференции (25 декабря 2012 года). Курск: Юго-Западный государственный университет, 2012. — С. 153—156.
7. Костромин С.В., Борозинец В.Э. Лазерное упрочнение быстрорежущей стали с различной исходной структурой // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Том 9. — № 4. — С. 23—27.
8. Шатилов И.Р., Костромин С.В. Влияние исходной структуры стали 30ХГСА на строение и свойства поверхностного слоя после лазерного термоупрочнения //Фундаментальные и прикладные науки сегодня: Материалы Международной научно-практической конференции (Москва, 25—26 июля 2013 г.) — Т. 1. North Charleston: CreateSpace, 2013. — С. 117—120.

СЕКЦИЯ 7.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСХОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ

Вялкова Светлана Олеговна

*аспирант Омского государственного университета путей сообщения,
г. Омск*

E-mail: ps.light@mail.ru

THE FACTORS INFLUENCING ON ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION ON DRAFT OF TRAINS

Vyalkova Svetlana

*postgraduate student of Omsk state transport university,
Omsk*

АННОТАЦИЯ

Существенная часть расходов ОАО «Российские железные дороги» приходится на топливно-энергетические ресурсы на тягу поездов. Расход электрической энергии зависит от множества факторов различной природы, каждый из которых влияет на расход энергии по-разному. В статье рассмотрены и проанализированы факторы, которые следует учитывать при анализе и нормировании энергопотребления на тягу поездов.

ABSTRACT

The significant portion of charges of OJSC Russian Railways represented a fuel and energy resources on draft of trains. The consumption of electric energy depends on many various factors which influence on power consumption differently. In the article the factors which should be

taken account in the analysis and rationing of power consumption on draft of trains are considered and analysed.

Ключевые слова: расход электрической энергии; подвижной состав; тяга поездов; контактная сеть.

Keywords: consumption of electric energy; rolling stock; draft of trains; catenary.

Основной статьей расходов Дирекции тяги ОАО «Российские железные дороги» («РЖД») являются топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) на тягу поездов. Так, в 2011 г. доля затрат на топливо и электрическую энергию в эксплуатационных расходах дирекции достигла 54 % [1]. В связи с этим вопросы учета, анализа, нормирования и планирования ТЭР на тягу поездов являются особо актуальными.

Нормы удельного расхода ТЭР разрабатывают на планируемые показатели использования подвижного состава в соответствии с действующей в ОАО «РЖД» Методикой анализа результатов расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов № ЦТД-26, утвержденной приказом МПС РФ от 20 июня 1997 г., однако эта методика не удовлетворяет современным требованиям.

В настоящее время в ОАО «РЖД» сформировано и постоянно развивается корпоративное информационное хранилище данных (КИХ), основная функция которого состоит в обеспечении широкого круга пользователей динамической отчетностью по различным средам прикладных областей, в том числе для решения вопросов прогнозирования различных показателей работы железнодорожного транспорта.

Целью прогнозирования энергопотребления на тягу поездов является поддержание надежной работы единой энергосистемы железнодорожного транспорта. Система финансовых расчетов на рынках топливно-энергетических ресурсов устроена таким образом, чтобы мотивировать потребителей как можно точнее планировать собственное потребление: чем точнее прогноз энергопотребления, тем выше финансовый результат.

Согласно экспертным оценкам предполагается, что при повышении средней точности прогнозирования энергопотребления на 1 % экономия предприятия в год может достигать 0,01 % от общего объема расхода электроэнергии и дизельного топлива на тягу поездов.

Для повышения точности прогнозирования расхода электрической энергии на тягу поездов необходимо проанализировать и наиболее полно и точно учесть влияющие на него факторы (рис. 1).

Рассмотрим более подробно, на что расходуется электрическая энергия на подвижном составе.

Полный расход электрической энергии, потребляемый подвижным составом, состоит из энергии, расходуемой на движение поезда, собственные нужды локомотива, отопление пассажирских и почтово-багажных вагонов, на маневровые передвижения по депоовским и станционным путям.

Движение поезда сопровождается действием сил, направленных против его движения. Действие этих сил заменяется эквивалентной силой — силой сопротивления движению поезда, которую подразделяют на основное и дополнительное сопротивление движению поезда и которая определяется не только характеристиками локомотива и вагонов, но и состоянием пути и метеорологическими условиями.



Рисунок 1. Факторы, влияющие на расход электроэнергии на тягу поездов

Силы основного сопротивления движению обусловлены трением в подшипниках подвижного состава, взаимодействием колесных пар с рельсами и сопротивлением от воздействия воздушной среды при отсутствии ветра. Силы дополнительного сопротивления движению возникают от уклонов и кривизны пути, при трогании с места, от подвагонного генератора, при низких температурах наружного воздуха и действии встречного и бокового ветра [3].

Температура наружного воздуха определяет степень вязкости смазки. С понижением температуры возрастает воздушное сопротивление, а зимой возникают силы дополнительного сопротивления: это сопротивление гребней бандажей колесных пар при движении по снежному покрову, сопротивление самого снежного покрова, лежащего на рельсах, и т. д.

Ветер может оказывать прямое тормозящее сопротивление или попутное воздействие. При встречном ветре возрастают силы сопротивления движению воздушной среды, в то время как попутный ветер уменьшает эти силы. Большое влияние оказывает боковой ветер, так как под его воздействием подвижной состав смещается в сторону и возникает трение гребней колесных пар о боковую поверхность рельса.

На сопротивление движению оказывает влияние участок пути, по которому проходит подвижной состав и который характеризуется своим профилем и планом. Существуют равнинные участки, участки, имеющие холмистый профиль, гористые участки. При движении поезда по уклонам и кривым расход электрической энергии будет зависеть от их крутизны и протяженности, длины и радиуса кривой. С увеличением крутизны подъема возрастает и расход энергии. Также он возрастает на кривой участка при уменьшении радиуса кривой [4].

Конструкция и состояние верхнего строения пути также влияют на сопротивление движению поезда. Большое влияние на расход электрической энергии оказывает неудовлетворительное состояние пути, повышенный износ которого приводит к ухудшению движения подвижного состава, а, следовательно, к увеличению расхода энергоресурсов.

Электрическая энергия, расходуемая подвижным составом, идет на запас кинетической и потенциальной энергии, которые в последующем используются для движения поезда без энергетических затрат. Запасенная потенциальная энергия может быть использована для совершения механической работы при дальнейшем движении поезда по спуску. Кинетическая энергия расходуется на преодоление сил сопротивления движению в том случае, когда поезд движется замедленно. При торможении большая часть ее теряется в тормозах, превращаясь в тепловую энергию, нагревающую тормозные колодки, колеса и окружающий воздух. Некоторая часть кинетической энергии движущегося поезда теряется в связи с ударами колес о концы рельсов при набегании на них в стыках и расходуется на упругие колебания верхнего строения пути, вызванные взаимодействием движущегося поезда с рельсами, шпалами и балластом.

Значительное влияние на расход энергии оказывает тип и техническое состояние локомотива [2]. Локомотивы подразделяют по типам энергетических установок, по виду выполняемой работы, по назначению. Тип локомотива характеризуется такими параметрами, как номинальная мощность, сила тяги, коэффициент полезного действия, сцепная масса, часовой расход энергии и др.

Важной характеристикой подвижного состава является его масса и степень использования грузоподъемности вагонов. Перевозка грузов в неполновесных составах или в не полностью загруженных вагонах приводит к увеличению удельного сопротивления движению, а значит и к перерасходу энергоресурсов на тягу поездов. С увеличением массы состава и загрузки вагонов уменьшается расход энергии на единицу выполненной работы.

Влияет на общий расход энергии и характер груза. Сыпучие и жидкие грузы раскачивают вагон во время движения, создавая тем самым дополнительное сопротивление.

Для снижения расхода электрической энергии большое значение имеет исправное техническое состояние локомотива и вагонов. Износ деталей приводят к ухудшению динамики, плавности движения поезда и повышенному расходу электроэнергии.

На расход энергии влияет род тока и напряжение в контактной сети. Недостатком системы электроснабжения постоянного тока является то, что такой ток очень трудно трансформировать, т. е. повышать или понижать напряжение без значительных потерь. Чем выше мощность электровоза, тем больше потери [5]. Значительные потери электроэнергии создаются большими величинами потребляемых токов. На переменном токе также существуют недостатки: чем больше объемы движения на участке, тем больше убытки от использования переменного тока в части размера затрат электроэнергии на перемещение единицы груза [6].

Кроме того, в контактной сети имеют место определенные потери части электрической энергии, затрачиваемой на преодоление сопротивления цепей электроснабжения. При анализе электропотребления следует учитывать сечение контактных проводов, форму и тип контактной подвески, критическую скорость, балльную оценку состояния контактной сети и коэффициент трения скольжения токоприемника по контактному проводу.

Расход электрической энергии на собственные нужды локомотива складывается из энергии, необходимой для работы вспомогательных машин, питания цепей управления, освещения электроподвижного состава.

Необходимо также учитывать расход электрической энергии на отопление пассажирских и почтово-багажных вагонов и кондиционирование воздуха в вагонах повышенной комфортности.

На расход энергии за поездку также влияют все факторы, связанные с отклонением скорости от расчетной при движении состава по пути следования. Непредусмотренные графиком движения торможения и разгоны, простой на остановках приводят к потерям электрической энергии.

При использовании локомотивной бригадой рациональных режимов управления электровозом можно добиться значительного снижения энергопотребления.

Объективная, технически обоснованная норма позволяет планировать расход электрической энергии, улучшить организацию эксплуатации, побудить работников железнодорожного транспорта за счет определенных стимулов снизить расход электроэнергии.

Расход электрической энергии зависит от множества факторов различной природы, каждый из которых влияет на расход энергии по-разному. Все эти факторы необходимо учитывать при анализе и нормировании энергопотребления на тягу поездов.

Список литературы:

1. Евразия Вести. 2012. № 12. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.eav.ru/publ1p.php?publid=2012-13a07> (дата обращения: 12.09.2013).
2. Молярчук В.С. Теоретические основы методики нормирования расхода топлива и электроэнергии для тяговых средств транспорта / В.С. Молярчук. М.: Транспорт, 1966. — 263 с.
3. Осипов С.И. Теория электрической тяги: учебник / С.И. Осипов, С.С. Осипов, В.П. Феоктистов; ред. С.И. Осипов; Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. М.: Маршрут, 2006. — 434 с.
4. Пособие теплоэнергетику железнодорожного транспорта. / Под ред. В.С. Молярчука. М.: Транспорт, 1973. — 392 с.
5. Система тока и величина напряжения в контактной сети. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://scbist.com/wiki/8845-sistema-toka-i-velichina-napryazheniya-v-kontaktnoi-seti.html> (дата обращения: 3.10.2013).
6. Электрификация железных дорог России. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.rzd.me/inform-block/electic/> (дата обращения: 27.09.2013).

СЕКЦИЯ 8.

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ПОКОЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВСХОЖЕСТИ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ

Лукоянычева Ольга Викторовна

*аспирант, Алтайский Государственный
Технический Университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул*

E-mail: lucoya@bk.ru

Пронин Сергей Петрович

*д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой
Информационных Технологий, Алтайский Государственный
Технический Университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул*

THE USE OF MEASURE OF RESTING POTENTIAL FOR CONSTRUCTING SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR THE DETERMINATION OF GRAIN SEEDS GERMINATION

Lukoyanycheva Olga

*postgraduate student, Altai State Technical University,
Barnaul*

Pronin Sergei

*doctor of technical Science, professor, head of Information
Technology department, Altai State Technical University,
Barnaul*

АННОТАЦИЯ

Исследование потенциала покоя у зёрен пшеницы с целью последующего построения аппаратно-программного комплекса для определения показателя всхожести зёрен пшеницы. Исследование проводилось с помощью стеклянно-серебряного электрода и экспериментальной установки. Полученные результаты показывают разброс результатов в начальный период фиксирования сигнала. Определён потенциал покоя для зёрен пшеницы.

ABSTRACT

The research of resting potential of grain seeds for constructing software and hardware complex for the determination of grain seeds germination. With the help of glass electrode with silver needle and experimental unit the research were made. The result shows a lot of differences in the beginning of signals. The resting potential was determined.

Ключевые слова: потенциал покоя, мембранный потенциал, зёрна пшеницы, аппаратно-программный комплекс, экспериментальная установка.

Keywords: resting potential, membrane potential, grain seeds, software and hardware complex, experimental unit.

Алтайский край представляет собой один из основных аграрных районов страны. Повышение производительности труда в сельскохозяйственном секторе в современных условиях является актуальной задачей. Ответственный этап получения хорошего урожая —

достоверное определение всхожести зерна. В соответствии с ГОСТом данный процесс занимает несколько дней. Уменьшение времени для определения процента всхожести зерен позволит повысить эффективность труда государственных семенных инспекций и даст возможность с высокой точностью оценить качество посевного материала в период проведения уборочных работ, избегая тем самым засыпки на хранение некондиционных семян.

Наиболее значимым для Алтайского края является воспроизводство семян пшеницы. Поэтому, в первую очередь, проводилось исследование по данному направлению. Для ускорения процесса идентификации всхожести зерен предложено исследовать биоэлектрический потенциал. Наличие биоэлектрического потенциала присуще всем живым организмам, включая растения. Особенности исследования биоэлектрических сигналов у зерен являются их малые размеры и связанные с этим трудности по получению идентичности условий эксперимента, а также тот факт, что в процессе определения всхожести зерна находятся в активном биохимическом состоянии и с течением даже непродолжительного времени их биоэлектрические потенциалы могут значительно меняться. Широко известно, что основными биоэлектрическими потенциалами живых организмов являются: потенциал покоя, потенциал действия и переменный потенциал. В данной работе рассматривается потенциал покоя. Он соответствует анализу состояния зерна, когда зерну не наносится никаких раздражающих воздействий.

Потенциал покоя, фиксируемый в клетке живого организма — это, главным образом, мембранный потенциал, то есть потенциал между внутренней и наружной поверхностями мембраны клетки. Происхождение потенциала покоя объясняет мембранно-ионная теория. Согласно этой теории, мембрана, которая покрывает все клетки, не одинаково проницаема для разных ионов. В состоянии покоя мембрана наиболее проницаема для ионов калия, по сравнению с другими, содержащимися в клетке ионами, например, Na^+ и Cl^- . Диффузионный процесс положительно заряженных ионов калия создает на наружной поверхности мембраны клетки положительный заряд. Отрицательно заряженные ионы хлора, аминокислот и других крупных органических соединений практически через мембрану не проникают и создают внутри клетки на внутренней поверхности мембраны отрицательный потенциал. Диффузионный ток ионов калия прекращается, когда уравнивается разностью потенциалов на мембране, поэтому эту разность потенциалов часто называют калиевым равновесным потенциалом. Данный потенциал покоя

рассчитывается по формуле Нернста. Если же учитывать диффузию через мембрану ионов не только K^+ , но и Na^+ , Cl^- , то используется уравнение Гольдмана. Расчеты показывают, что неодинаковое распределение ионов Na^+ , K^+ и Cl^- между клеткой и внешней средой, согласно уравнению Гольдмана, дает в среднем величину от -70 до -90 мВ [3, с. 51]. Расхождение с действительными значениями потенциалов, фиксируемыми в клетках и тканях организмов, свидетельствует о том, что большая часть мембранного потенциала связана с подключением процессов активного транспорта ионов. Основной вклад в создание активной компоненты мембранного потенциала у растительных организмов, по всей вероятности, связан с работой H^+ -АТФазы, активное функционирование которой в плазматической мембране доказано практически для всех типов клеток и видов растений [3, с. 51]. С учетом работы электрогенных ионных насосов для мембранного потенциала было получено уравнение Томаса [1, с. 29].

Вклад активных процессов в величину мембранного потенциала у клеток растений составляет более 50 %. Это свидетельствует о том, что величина мембранного потенциала существенно зависит от энергетики клетки. На основе потенциала покоя формируются все типы электрофизиологических процессов [3, с. 47]. Чем выше потенциал покоя, тем более высокая интенсивность обмена веществ внутри клетки.

Для исследования потенциала покоя у прорастающих зерен пшеницы использовалась установка, описанная в [2, с. 32]. Для устранения возможности нанесения повреждений зерну в качестве индикаторного электрода использовался стеклянно-серебряный шуп.

Перед проведением экспериментов зерна размещаются во влажных кюветах на специальных формах, выполненных из пенополиуретана (поролон), в течение 12 часов при температуре 21 градус Цельсия. Расстояние между зернами составляет не менее 15 мм. Весь процесс замачивания проходит в темном месте, без доступа света, как того требует ГОСТ 12038–84. Результаты эксперимента для зерен разной всхожести для усредненных выборок по 20 зерен показаны на рис. 1.

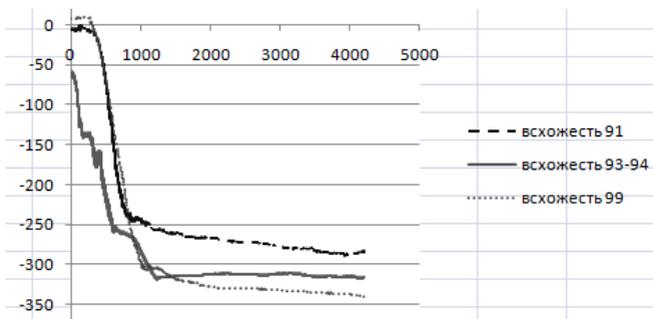


Рисунок 1. Результаты исследования биоэлектрических потенциалов зерен пшеницы с различной всхожестью:
По вертикальной оси — напряжение в мВ;
по горизонтальной оси — точки отсчета.
300 точек соответствуют 1 секунде

Результаты показывают, что стеклянно-серебряный испытательный электрод не наносит ощутимых повреждений прорастающему зерну. Он проникает на незначительную глубину под оболочку в эндосперм зерна и, таким образом, фиксируемый биоэлектрический потенциал является потенциалом покоя.

Прорастание зерен связано с активными процессами, которые непосредственно влияют на значение потенциала покоя. Чем интенсивнее проходит обмен веществ и выше энергетика зерен, тем более высокий уровень потенциала покоя и, соответственно, более высокая всхожесть зерна. Это наглядно видно из рисунка 1. Так, у зерен с всхожестью 99 % он составляет порядка $325 \div 335$ мВ, у зерен всхожести 93—94 %, соответственно, $310 \div 315$ мВ, а у зерен со всхожестью 91 %, соответственно, $250 \div 260$ мВ. Усреднение по времени периода фиксации потенциала покоя с 5 по 14 секунды (с 1500 отсчета по 4200) дает в качестве среднего значения биоэлектрического сигнала для 99 % всхожести значение -331 мВ, для 93—94 % — значение — 313 мВ, для 91 % — значение — 257 мВ.

Для оценки погрешности окончательных результатов измерений были определены доверительные интервалы. При расчетах доверительная вероятность принималась равной 95 %. В соответствие с этим значением выбирался коэффициент Стьюдента. Расчет доверительных интервалов для полученных результатов показан на рисунке 2. Максимальная величина отклонения от усредненного значения потенциала покоя для зерен всхожести 99 % составляет $15,6$ мВ, для 93—94 % — 17 мВ, для 91 % — $41,7$ мВ. Усредненные

значения отклонения на данном интервале у зёрен с всхожестью 99 % составляют 15 мV, у зёрен с всхожестью 93—94 % — 14 мV, у зёрен с всхожестью 91 % — 38 мV.

Большое среднеквадратичное отклонение на первоначальном участке измерения связано с ручной синхронизацией начала измерения, интенсивностью (длительностью) прокалывания оболочки зерна и другими факторами, зависящими от экспериментатора. Этим объясняется интервал фиксации потенциала покоя — с 5-ой секунды.

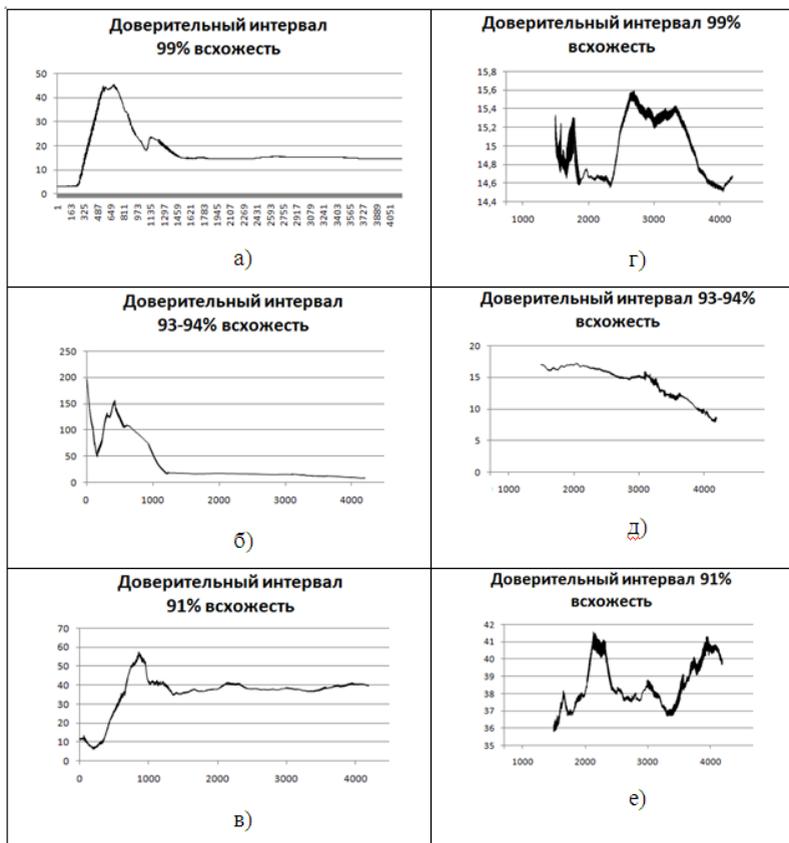


Рисунок 2. Доверительные интервалы для зерен с всхожестью 99 %, 93—94 % и 91 % на временных интервалах с 1 по 14 сек. (а, б, в) и с 5 по 14 сек. (г, д, е) соответственно. По вертикальной оси — напряжение в мV, по горизонтальной оси — точки отсчета. 300 точек соответствуют 1 секундам

Практическим результатом исследования стеклянно-серебряным испытательным электродом биоэлектрического потенциала зерен пшеницы является определение потенциала покоя, который может являться одним из показателей аппаратно-программного комплекса, используемого для определения процента всхожести зерен [2, с. 34].

Однако, как отмечалось ранее, зерно в данной фазе развития находится в процессе активных биохимических процессов, поэтому для практического применения в базу данных эталонных оценочных показателей необходимо внести результаты при различных значениях влажности, температуры и времени вымачивания. Накопление данных при параметрах, отличных от ГОСТовских, может дать интересные результаты, которые позволят существенно уменьшить трудоемкость (время) определения всхожести.

Список литературы:

1. Биоэлектрогенез у высших растений / В.А. Опритов, С.С. Пятыгин, В.Г. Ретивин. М.: Наука, 1991. — 216 с.
2. Лукоянычева О.В., Пронин С.П. Программно-аппаратный комплекс для исследований всхожести зерен пшеницы // Наука в центральной России. — 2013. — № 2. — С. 30—35.
3. Медведев С.С. Электрофизиология растений: учебное пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 1997. — 122 с.

СЕКЦИЯ 9.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СОЗДАНИЕ КОНТЕНТА «РИСУНЧАТЫЕ ЭФФЕКТЫ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН»

Катаева Светлана Борисовна

*канд. техн. наук, доцент, Омский государственный институт сервиса,
г. Омск, Россия*

E-mail: kataevasvetlana@mail.ru

Немирова Любовь Федоровна

*канд. техн. наук, доцент, Омский государственный институт сервиса,
г. Омск, Россия*

E-mail: luba.nemirova@mail.ru

CONTENT CREATION "PATTERNED EFFECTS OF KNITTED CLOTHS"

Kataeva Svetlana

*candidate of Science, assistant professor of Omsk`s State Institute of Service,
Omsk*

Nemirova Lyubov

*candidate of Science, assistant professor of Omsk`s State Institute of Service,
Omsk*

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена созданию контента «рисунчатые эффекты трикотажных полотен». Определено содержание контента и веб-страницы. Для получения информации применен психолингвистический метод.

тический метод, в котором для описания рисунчатых эффектов применяли слово — «знакомый образ» и его изображение.

ABSTRACT

The work is devoted to the creation of content "risunchatye effects jersey-tion paintings." The content of content and web pages. For information psycholinguistic applied a method in which to describe the effects used patterned word — "a familiar image" and its image.

Ключевые слова: веб-страница, контент, рисунчатый эффект, психолингвистический метод, слово-образ, трикотажное полотно.

Keywords: web page, content, patterned effect, psycholinguistic method, word-image, knitted fabric.

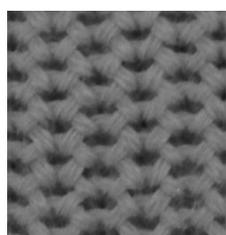
Работа выполнена в Омском государственном институте сервиса в рамках создания веб-ресурса «Трикотажные полотна», для которого разработан контент рисунчатых эффектов и переплетений. Для существующего ассортимента трикотажных полотен характерно многообразие рисунчатых эффектов поверхности, получаемых за счет переплетения. Так структура прессовых переплетений характеризуется наличием элементов двух видов — петель и набросков. Различное чередование этих элементов в рядах и столбиках трикотажа позволяет получать на его поверхности разнообразные рисунки с рельефной структурой. И только при наличии определенного опыта работы проектировщик может выбрать переплетение, образующее определенный рисунок.

Разработанный контент содержит данные для вязания и выбора переплетения. Особое внимание уделено информации для выбора переплетения. При описании рисунчатого эффекта предложено использовать слово — «знакомый образ», ассоциируемый с изображением рисунка на поверхности трикотажа.

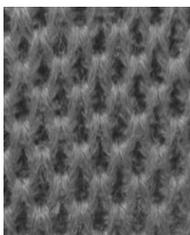
Для нахождения таких слов применялись психолингвистические методы, основанные на анализе словесных ассоциаций испытуемых, в частности свободный ассоциативный эксперимент [1, с. 204]. В зависимости от установки и цели исследования информанты отвечают на слово-стимул одним первым пришедшим им в голову словом, или целым рядом слов, всплывающих в их сознании в течение определенного отрезка времени. Ответы регистрируются, обрабатываются и сводятся в перечень и располагаются по частоте встречаемости, чем чаще реакции определенных слов, тем ближе они помещаются к слову-стимулу.

Исходя из поставленной задачи, в методику эксперимента были внесены изменения: в качестве стимула было использовано не слово, а изображение. Испытуемым было предложено выбрать слово — «знакомый образ», ассоциируемый с изображением рисунка на поверхности трикотажа. Чтобы исключить влияние цвета на результат использовалось черно-белое изображение.

Эксперимент проводился среди респондентов, профессионально связанных с производством и проектированием одежды. Всего было использовано 20 образцов полотен трикотажа с различными рисунчатыми эффектами поверхности. Образцы фотографировали при совмещенном освещении и обрабатывали в Adobe Photoshop по методике [2, с. 176]. Проведенный эксперимент показал, что нет единого слов для однозначного описания эффекта, однако для каждого рисунка может быть подобрано свое слово стимул. В качестве примера на рисунке 1 приведен перечень слов — «знакомых образов» для описания рисунчатых эффектов двух образцов трикотажа прессового переплетения. Для первого переплетения преимущественным являются соты, для второго — чешуя.



Соты (7)
Сетка (4)
Ряска
Двойное простое
Куриная лапка
Кольчуга
Скобы
Короны



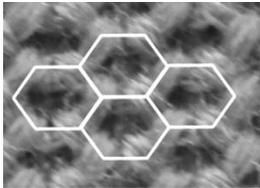
Чешуя (4)
Сеть (3)
Капельки (2)
Черепица (2)
Шишка
Дождь
Хвойный лес
Зайцы
Кольчуга

Рисунок 1. Результаты опроса

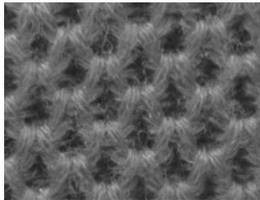
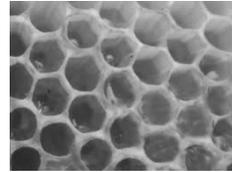
Узорчатые эффекты прессовых переплетений зависят от базового переплетения, расположения игл, и количества сдвигов игольницы, поэтому контент содержит заправочную карту для вязания.

В контенте для усиления зрительных ощущений слово — «знакомый образ» дополнено соответствующим изображением и описанием (рисунок 2).

Контент реализован в веб-страницы, созданные в программе Microsoft® Office FrontPage® (рисунок 3). Веб-узел внедрён в учебный процесс подготовки дизайнеров трикотажных изделий. Он позволяет осуществлять выбор трикотажного переплетения на этапе проектирования трикотажных изделий.



Соты — шестигранные ячейки из воска в виде правильных рядов, которые делают пчёлы и осы для хранения мёда и кладки яиц.



Чешуя — мелкие твердые пластинки, расположенные по поверхности так, что каждая тесно прикрывает край соседней.

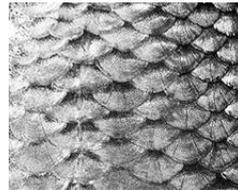


Рисунок 2. Рисуночный эффект и изображение «знакового образа»

Соты

Рисунок на трикотажном полотне

- кольчуга
- лестница
- рябь
- лыжня
- чешуя
- сетка
- черепица
- прибой
- колюч
- зигзаг
- бархан
- цепочка
- крендель
- волна
- звездочки
- крестики
- змейка
- восьмерки
- коса

Основные характеристики и свойства трикотаж

[перейти](#)

Классификации трикотажных полотен

[СПКП](#)

[СКП](#)

Классификации трикотажных переплетений

[Шалов](#)

[Морозова](#)

Классификация элементов структуры

Соты — шестигранные ячейки из воска в виде правильных рядов, которые делают пчёлы и осы для хранения мёда и кладки яиц.

На базе кушурная гладь

Линейная плотность, текс. 32x2x3

Прогнозируемая плотность вязания 3 - 5

Класс вязишвы Broter, Silver.

Заправочная карта вязания

- Подключить перфакарту 1d
- На основной каретке нажать 2 клавиши TUCX

- Переключатель соединения каретки с резином устройства отбора нити поставить в положение КС.
- Рычаг скорости переключения поставить на ▼
- Вязется на одной иглопнице.

[на главную](#)

Рисунок 3. Веб-страница «Рисунок на трикотажном полотне. Соты»

Список литературы:

1. Белянин В.П. Психолингвистика / В.П. Белянин. 2-е издание. М.: Флинта. Московский психолого-социальный институт, 2004. — 232 с.
2. Катаева С.Б. Определение характеристик структуры и свойств одежных и обувных материалов с использованием компьютерных технологий. / С.Б. Катаева, Е.В. Мирончик, Л.Ф. Немирова // Научный вестник НГТУ. — 2008. — № 4 (33). — С. 175—185.

КОНСЕРВИРОВАНИЕ КОЖЕВЕННОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕПАРАТА «СУПЕРАНТИСЕПТ-2»

Щербакова Анастасия Владимировна

*ст. преподаватель кафедры Товароведения и технологии сырья
животного происхождения ФГБОУ ВПО МГАВМиБ,
г. Москва*

E-mail: shcherbakova19@rambler.ru

Новиков Михаил Вячеславович

*канд. техн. наук, доцент кафедры Товароведения и технологии сырья
животного происхождения ФГБОУ ВПО МГАВМиБ,
г. Москва*

E-mail: 6773285@gmail.com

CURING OF RAW HIDES USING "SUPERANTISEPT-2" PREPARATION

Anastasia Shcherbakova

*senior teacher of the chair of Commodity science and technology of animal raw materials named after S.A. Kaspariyants Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education
The Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology
named after K.I. Skryabin,
Moscow*

Mikhail Novikov

*phD, associate professor of the chair of Commodity science and technology of animal raw materials named after S.A. Kaspariyants
The Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology
named after K.I. Skryabin,
Moscow*

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена изучению возможности использования антисептического препарата «Суперантисепт-2» для консервирования кожевенного сырья. Авторами использованы следующие методы исследования: определение содержания влаги, определение температуры сваривания, исследование динамики обводняемости. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования препарата «Суперантисепт-2» для консервирования кожевенного сырья.

ABSTRACT

In this article the possibility of using an antiseptic preparation "Superantisept-2" for the curing of raw hides is studied. The authors used the following methods: moisture determination, determination of cure temperature, study of the rehydration dynamics. The obtained results suggest the possibility of using the "Superantisept-2" preparation for the curing of raw hides.

Ключевые слова: шкуры, хлорид натрия, экология, антисептический препарат, «Суперантисепт-2».

Keywords: hides, NaCl, ecology, antiseptic preparation, "Superantisept-2"

На современном этапе в кожевенной промышленности большое внимание уделяется улучшению качества продукции, экономии всех видов ресурсов, внедрению экологически чистых безотходных и малоотходных технологий. Решение этих задач может быть достигнуто совершенствованием ключевых технологических процессов переработки кожевенного сырья. Особое место в данном направлении занимает сокращение расхода токсичных и дефицитных веществ, уменьшение объема отходов и вредных выбросов, загрязняющих окружающую среду.

Одним из наиболее распространенных методов консервирования кожевенного сырья является мокросоление с использованием, в качестве основного действующего реагента, хлорида натрия (поваренной соли). Консервирование данным методом обуславливает хорошую и достаточно продолжительную сохранность сырья. Однако, хлорид натрия, попадая в сточные воды при консервировании и расконсервировании сырья, весьма негативно влияет на экологию, в связи с чем, проблема сокращения его количества или замена его как консерванта является актуальной для современного производства.

Замена хлорида натрия на биологически безопасные материалы позволит вплотную подойти к решению экологической проблемы консервирования кожевенного сырья, а также поможет улучшить и стабилизировать качество сырья при заготовках и последующем хранении [4, с. 265—266].

Целью нашей работы было изучение возможности использования препарата «Суперантисепт-2» в составе консервирующей смеси с пониженным содержанием хлорида натрия и выявление характера воздействия данного антисептика на кожевенное сырье в процессе хранения.

Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Законсервировать сырье по типовой и экспериментальной технологиям, с добавлением вышеуказанного препарата;
2. Проанализировать изменения показателей некоторых свойств кожевенного сырья в процессе хранения;

Обобщив полученные данные, сделать вывод о целесообразности использования опытного дезинфекта «Суперантисепт-2» в качестве антисептика при консервировании кожевенного сырья.

Государственным Научным Центром «Прикладной микробиологии и биотехнологии Роспотребнадзора РФ» был разработан и предоставлен препарат «Суперантисепт-2», содержащий в своем

составе, в качестве действующих веществ, четвертичные аммонийные соединения.

Объектом исследования были образцы парной шкуры крупного рогатого скота (КРС), законсервированные сухим посолом, засолкой врасстил, с применением данного препарата.

Поскольку в процессе работы следовало проанализировать возможность использования препарата «Суперантисепт-2» в качестве антисептика при консервировании и, по возможности, сократить количество используемого хлорида натрия, при подготовке к эксперименту были выбраны следующие схемы консервирования:

1. вариант — Опытный дезинфектант «Суперантисепт-2» 0,5 % раствор + 10 % хлорида натрия от массы сырья;
2. вариант — Опытный дезинфектант «Суперантисепт-2» 1 % раствор + 10 % хлорида натрия от массы сырья;
3. вариант — Опытный дезинфектант «Суперантисепт-2» 2 % раствор + 10 % хлорида натрия от массы сырья;
4. вариант — Опытный дезинфектант «Суперантисепт-2» 5 % раствор без использования хлорида натрия;
5. вариант — контроль (мокросоление врасстил, 40 % NaCl от массы сырья).

Далее все группы образцов закладывались на хранение.

Для характеристики изменений свойств кожаной ткани в процессе хранения определяли содержание влаги и температуру сваривания. По завершении срока хранения изучали скорость обводнения образцов.

Одним из этапов работы было определение содержания влаги в образцах [1, с. 1—3] в процессе хранения. На протяжении 6 месяцев хранения данный показатель повысился у всех групп образцов. Наиболее значительное повышение содержания влаги (на 5 %) отмечено у образцов, законсервированных с применением препарата в концентрациях 0,5 и 1 %. Данное исследование подтверждает и органолептическая оценка образцов — поверхность образцов влажная, присутствует запах гниения, обнаружена теклость волоса. Состояние образцов, законсервированных с применением препарата в концентрации 2 и 5 %, удовлетворительное (содержание влаги и внешний вид данных образцов идентичны контролю).

Температуру сваривания [2, с. 1—5] опытных и контрольных образцов в процессе эксперимента проверяли с целью установления изменений, происходящих с сырьем. Данный показатель у опытных образцов 1 и 2 вариантов консервирования снижается на 3 и 5 °С, что свидетельствует о разволокнении структуры дермы под действием

процессов гниения. Температура сваривания образцов 3, 4 вариантов консервирования практически не изменялась, можно предположить, что каких-либо заметных изменений волокнистой структуры дермы не происходит, что косвенно свидетельствует о хорошей сохранности сырья.

На заключительном этапе работы изучали динамику обводняемости (отмоки) образцов. Процесс отмоки у образцов 1, 2 и 3 вариантов консервирования занял 5 часов, а у опытных образцов 4 варианта консервирования — 4 часа. По литературным данным [3, с. 84—86] процесс отмоки, проводимый после традиционного способа консервирования составляет 8—12 часов. Таким образом, можно сделать вывод, что использование препарата «Суперантисепт-2» позволяет значительно сократить длительность процесса отмоки.

Проведенные исследования позволяют сделать заключение о возможности использования опытного дезинфектанта «Суперантисепт-2» в качестве антисептика при консервировании кожевенного сырья. Препарат «Суперантисепт-2» в концентрации 5 % можно использовать для консервирования кожевенного сырья без использования хлорида натрия.

Список литературы:

1. ГОСТ 938.1-67. Кожа. Метод определения содержания влаги. Взамен 938-45; введ. 01.07.1967 до 01.06.2003. М.: Издательство стандартов. 1968. — 3 с.
2. ГОСТ 938.25-73. Кожа. Метод определения температуры сваривания. Взамен ГОСТ 938-45; введ. 01.01.1975 до 01.06.2003. М.: Изд-во стандартов, 1975. — 5 с.
3. Каспарьянц С.А. Технология кожи и основы товароведения готовой продукции. М.: МВА, 1986. — С. 84—86.
4. Щербакова А.В. Возможность использования препаратов на основе ЧАС для консервирования кожевенного сырья // Вопросы ветеринарии и ветеринарной биологии: Сборник научных трудов молодых ученых. М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, — 2011. — Вып. 7. — С. 265—266.

СЕКЦИЯ 10.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПО УГЛУ РЕФРАКЦИИ

Андросик Андрей Борисович

*канд. техн. наук, доцент МГОУ,
г. Москва*

Воробьев Сергей Андреевич

*канд. техн. наук, профессор МГОУ,
г. Москва*

Мировицкая Светлана Дмитриевна

*канд. техн. наук, доцент МГОУ,
г. Москва*

E-mail: scotchwood@yandex.ru

METHOD OF RECONSTRUCTION OF THE REFRACTIVE INDEX PROFILE BY THE ANGLE OF REFRACTION

Andrey Androsik

candidate of Technical Sciences, Associate Professor of MSOU, Moscow

Sergei Vorobev

candidate of Technical Sciences, Professor of MSOU, Moscow

Svetlana Mirovitskaya

candidate of Technical Sciences, Associate Professor of MSOU, Moscow

АННОТАЦИЯ

Предложена методика восстановления распределения показателя преломления волоконного световода по углу отклонения зондирующего пучка. Исследована точность вычисления профиля, которая зависит от точности определения угла отклонения луча и от точности фиксирования точки входа этого луча.

ABSTRACT

New method of reconstruction of the refractive index profile of optical fibers by the deviation angle of the probe beam is proposed. The accuracy of the calculations of the profile is investigated. It depends on the accuracy of determining the angle of deflection and the accuracy of fixing the entry point of the beam.

Ключевые слова: волоконный световод, рефракция, распределение показателя преломления.

Keywords: optical fiber, refraction, refractive index profile.

Как показали исследования рефракционного метода измерения геометрических и оптических характеристик волоконных световодов (ВС) [1, с. 52, 2, с. 84], при зондировании градиентных ВС угол отклонения луча записывается в виде интеграла Абеля, описывающего зависимость угла рефракции от показателя преломления исследуемой осесимметричной неоднородности. Такой интеграл имеет особенность в одном из пределов интегрирования, и точность его вычисления зависит от способа разбиения интервала интегрирования.

В случае ВС с обобщенно-эллиптическим профилем показателя преломления угол рефракции описывается квадратурной формулой Абеля:

$$\varphi(y) = 2yn_b \int_{r_0}^b \frac{dx}{x\sqrt{x^2 n_0^2 [1 - 2\Delta(x/b)^m] n_b^2 y^2 - 2 \arccos(y/b)}} \quad (1)$$

где: y — координата точки входа зондирующего пучка в ВС;

n_b, n_0 — значения показателя преломления на границе и на оси ВС, соответственно;

b — радиус световода;

m — регулируемый параметр;

Δ — параметр, характеризующий относительную разность показателей преломления на оси и на поверхности световода;

r_0 — параметр, вычисляемый из уравнения

$$yn_b = r_0 n_0 [1 - 2\Delta (r_0/b)^m]^{1/2}$$

Кроме того, введены следующие обозначения:

$$m = 2 - 2\Delta \qquad \Delta = 0,03(\Delta = n_0^2 - n_b^2)(2n_0^2) = [1 - (n_b/n_0)^2]/2,$$

откуда получается:

$$n = n_b/n_0 = (1 - 2\Delta)^{1/2}.$$

Произведя подстановки в формуле (1),

$$z = x/b, z_0 = r_0/b, g = y/b,$$

можно записать:

$$\begin{aligned} & \varphi(bg) \\ = & 2gn \int_{z_0}^1 \frac{dz}{z\sqrt{z^2(1 - 2\Delta z^m) - n^2 g^2}} \\ & - 2 \arccos g \qquad (2) \\ = & 2gn\sqrt{1 - 2\Delta} \int_{z_0}^1 \frac{dz}{z\sqrt{z^2(1 - 2\Delta z^{(2-2\Delta)}) - (1 - 2\Delta)g^2}} \\ & - 2 \arccos g. \end{aligned}$$

Для упрощения вводится следующее обозначение

$$\begin{aligned} Q &= 2g\sqrt{1 - 2\Delta} \int_{z_0}^1 \frac{dz}{z\sqrt{z^2[1 - 2\Delta z^{(2-2\Delta)}] - (1 - 2\Delta)g^2}} \\ &= A \int_{z_0}^1 f(z) dz \end{aligned}$$

Анализ этого интеграла показывает, что Q зависит от отношения расстояния u от оптической оси до точки входа луча в неоднородность

к радиусу b оптического волокна. При сохранении отношения y/b величина Q не изменяется с уменьшением радиуса. Кроме того, как видно из интегральной формулы (1), значение Q зависит от параметра Δ , характеризующего разность показателей преломления на границе n_b и на оси n_0 волокна.

В задаче определения профиля показателя преломления волокна по заданной величине угла φ отклонения зондирующего луча точность вычисления $n(r)$ зависит как от точности определения φ , так и от точности фиксирования точки входа зондирующего луча y . При пошаговом изменении точки входа y , если не обеспечить специальных мер, величина y определяется с точностью до шага, а это, как правило, величина порядка 0,005. При такой ошибке особые затруднения может вызвать расчет показателя преломления в наружной зоне.

Поскольку порядок достижимой точности падает по мере приближения к радиусу сердцевинки волокна (по отношению к точности внешних слоев) и определяется точностью $n(r)$ при r близком к R волокна, следует особенно тщательно фиксировать значение y . При $y = 0$ наблюдается зона ВС, которую невозможно определить, поэтому восстановление показателя преломления в этой точке по ступенчато-зонной методике некорректно. В этой точке показатель преломления следует находить экстраполяцией по значениям показателя преломления вблизи $y = 0$.

Как видно из уравнения (1), угол рефракции в общем виде можно записать следующим образом:

$$\varphi(z) = 2zn_b \int_{x_0}^b \frac{dx}{x\sqrt{x^2n^2 - n_b^2z^2}} - \arccos(z/b).$$

Если ввести обозначения

$$n = n_0p, r = x/b, r_0 = x_0/b, y = z/b, dx = b \cdot dr,$$

то получается

$$\varphi(z) = 2yn_b \int_{z_0}^1 \frac{dr}{r\sqrt{r^2n_0^2p^2 - n_b^2y^2}} - 2\arccos y \quad (3)$$

Разделив числитель и знаменатель (3) на n_b , получается

$$\varphi(z) = 2y \int_{z_0}^1 \frac{dr}{r \sqrt{r^2 \left(\frac{n_0}{n_b} p\right)^2 - y^2}} - 2 \arccos y,$$

где: r — текущее значение радиуса,

y — координата точки входа луча в заготовку единичного радиуса,

$\frac{n_0}{n_b} p$ — профиль показателя преломления заготовки, а r_0 — вычисляется из уравнения

$$r_0 \left(\frac{n_0}{n_b} p(r_0) \right) - y = 0.$$

Итак, для решения обратной задачи восстановления профиля показателя преломления задаются K координат точек входа луча $1 > y_1 > y_2 > \dots > y_k > 0$, для которых известны углы отклонения луча $\varphi(y_1), \varphi(y_2), \dots, \varphi(y_k)$. При достаточно больших значениях K в образованных разбиением $y_i, i = 1, \dots, K$, кольцевых зонах, показатель преломления можно считать постоянным. В зоне $y_1 \leq r \leq 1$ вычисляется $n_1 = const$, при котором узкий луч при входе в заготовку в точке с координатой y_1 отклонится на угол $\varphi(y_1)$. Тогда при $P_1(2) = const$,

$$\frac{n_0}{n_b} P_1 = n_1 \text{ и } \varphi_{01} = \arccos Y_1 \text{ получается}$$

$$\varphi(y_1) = 2y_1 \int_{r_{01}}^{y_0} \frac{dr}{r \sqrt{r^2 n_1^2 - y_1^2}} - 2\varphi_{01}$$

где $y_0 = 1, r_{01} = y_1/n_1$. Тогда

$$\varphi(y_1) = 2 \frac{y_1}{n_1} \left(\frac{n_1}{y_1} \arccos \frac{y_1}{n_1 r} \right) \frac{y_0}{n_1} - 2\varphi_{01}$$

откуда следует

$$n_1 = \frac{y_1}{y_0} \arccos(\varphi(y_1)/2 + \arccos y_1).$$

При входе луча в заготовку в точке y_2 путь его складывается из участка в зоне $y_1 < r < 1$ и участка в зоне $y_2 < e < y_1$, поэтому

$$\begin{aligned} \varphi(y_2) &= 2y_2 \int_{r_{02}}^{y_0} \frac{dr}{r\sqrt{r^2 n^2 - y_2^2}} - 2\varphi_{02} = 2y_2 \int_{y_1}^{y_0} \frac{dr}{r\sqrt{r^2 n_1^2 - y_2^2}} + \\ &+ 2y_2 \int_{r_{02}}^{y_1} \frac{dr}{r\sqrt{r^2 n_2^2 - y_2^2}} - 2\varphi_{02} = 2 \frac{y_2}{n_1} \left(\frac{n_1}{y_2} \arccos \frac{y_2}{n_1 r} \right)_{y_1}^{y_0} + \\ &+ 2 \frac{y_2}{n_2} \left(\frac{n_2}{y_2} \arccos \frac{y_2}{n_2 r} \right)_{r_{02}}^{y_1} - 2\varphi_{02} \end{aligned}$$

Отсюда получается

$$\begin{aligned} n_2 &= \frac{y_2}{y_1} \arccos \left(\frac{\varphi(y_2)}{2} + \arccos y_2 - \arccos \frac{y_2}{n_1 y_0} \right. \\ &\quad \left. + \arccos \frac{y_2}{n_1 y_1} \right) \end{aligned}$$

Для луча с координатой точки входа y_3 эквивалентный уровень ступени показателя преломления для зоны 3 имеет вид:

$$\begin{aligned} n_3 &= \frac{y_3}{y_2} \arccos \left[\frac{\varphi(y_3)}{2} + \arccos y_3 \right. \\ &\quad \left. - \sum_{j=1}^r \left(\arccos \frac{y_3}{n_j y_{j-1}} - \arccos \frac{y_3}{n_j y_j} \right) \right]. \end{aligned}$$

Аналогично для зоны i уровень ступеньки показателя преломления, эквивалентный профилю показателя преломления в этой зоне $\frac{n_0}{n_b} n_i$, вычисляется по формуле

$$n_i = \frac{y_i}{y_{i-1}} \arccos\left[\frac{\varphi(y_i)}{2} + \arccos y_i - \sum_{j=1}^{i-1} \left(\arccos \frac{y_i}{n_j y_{j-1}} - \arccos \frac{y_i}{n_j y_j}\right)\right].$$

Приведенные аналитические соотношения могут быть применены для сопоставления исходного (фактического) профиля n_\emptyset и профиля, полученного при решении обратной задачи.

Если в качестве исходного при модельных исследованиях принять обобщенно-эллиптический профиль показателя преломления при $\Delta = 0,005$, то $(n_b/n_0)^2 = 1 - 2\Delta = 0,9$, т. е. $m = 1,9$. Отсюда фактический профиль имеет вид:

$$n_\emptyset^2 = \frac{1 - 0,1r^{1,9}}{0,9} \quad (4)$$

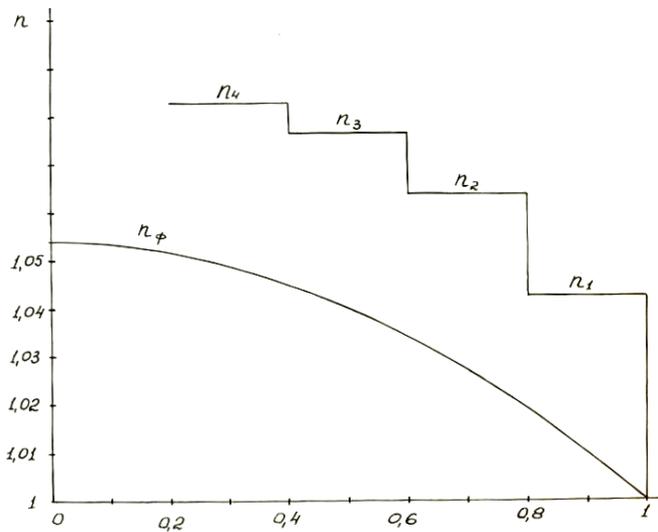


Рисунок 1. Профили показателя преломления $n_\emptyset(r)$ и $n(r)$

Разбиение на зоны выполняется с постоянным шагом, а количество зон равно 5, 10, 15, 20, Так при разбиении на 5 зон получаются результаты, представленные в табл.1.

Таблица 1.

Результаты разбиения расчетной области на пять зон

```
FOZUST-step Nst,NF=SQR((1-0.1*V^1.9)/0.9),SLOEV 5
```

I	Y	PSI	NF	Nst
1	0.800	0.10571	1.01902	1.04277
2	0.600	0.10127	1.03393	1.06376
3	0.400	0.07572	1.04481	1.07622
4	0.200	0.04042	1.05161	1.08274

На рис.1 приведены профили $n_0(r)$ и $n(r)$, откуда видно, что ошибка σ восстановления при $K = 5$ и в виде профиля (4) в некоторых точках примерно равна 0,04. С увеличением K ошибка уменьшается примерно вдвое. В табл.2, 3 приведены расчетные ступенчатые профили при $K = 10$ и 20, соответственно.

Таблица 2.

Расчетный ступенчатый профиль при K=10

```
FOZUST-step Nst,NF=SQR((1-0.1*V^1.9)/0.9),SLOEV 10
```

I	Y	PSI	NF	Nst
1	0.900	0.08910	1.01003	1.02308
2	0.800	0.10571	1.01902	1.03716
3	0.700	0.10745	1.02698	1.04804
4	0.600	0.10127	1.03393	1.05659
5	0.500	0.09016	1.03987	1.06328
6	0.400	0.07572	1.04481	1.06838
7	0.300	0.05891	1.04873	1.07210
8	0.200	0.04042	1.05161	1.07460
9	0.100	0.02067	1.05343	1.07603

Таблица 3.

Расчетный ступенчатый профиль при $K=20$

FOZUST-step Nst,NF=SQR((1-0.1*V^1.9)/0.9),SLOEV 20

I	Y	PSI	NF	Nst
1	0.9500	0.06861	1.00515	1.01200
2	0.9000	0.08910	1.01003	1.02013
3	0.8500	0.10006	1.01465	1.02711
4	0.8000	0.10571	1.01902	1.03326
5	0.7500	0.10785	1.02313	1.03873
6	0.7000	0.10745	1.02698	1.04362
7	0.6500	0.10511	1.03058	1.04797
8	0.6000	0.10127	1.03393	1.05185
9	0.5500	0.09622	1.03703	1.05529
10	0.5000	0.09016	1.03987	1.05833
11	0.4500	0.08328	1.04247	1.06098
12	0.4000	0.07572	1.04481	1.06329
13	0.3500	0.06756	1.04690	1.06526
14	0.3000	0.05891	1.04873	1.06692
15	0.2500	0.04985	1.05030	1.06828
16	0.2000	0.04042	1.05161	1.06937
17	0.1500	0.03067	1.05266	1.07019
18	0.1000	0.02067	1.05343	1.07076
19	0.0500	0.01044	1.05391	1.07109

На рис. 2, *a, б, в* представлены графики для: *a)* $-K = 5; 10$; *б)* $-K = 5; 15; 50$ и *в)* $-K = 20, 100$ и 200 , соответственно. При $K = 200$ уровень ошибки составляет примерно 10^{-3} .

На рис. 3 приведены графики n_ϕ и линейная аппроксимация $n_{лин}$ профиля показателя преломления при $K = 5$.

Графическая зависимость ошибки аппроксимации при $K = 5, 10, 20, 40$ показана на рис.4. При $K = 40$ ошибка менее 10^{-4} и максимальна на наибольшей крутизне n_ϕ . Сопоставление графиков σ при $K = 5, 10, 20, 40$ показывает, что увеличение количества зон в два раза снижает уровень ошибки восстановления профиля более чем в два раза.

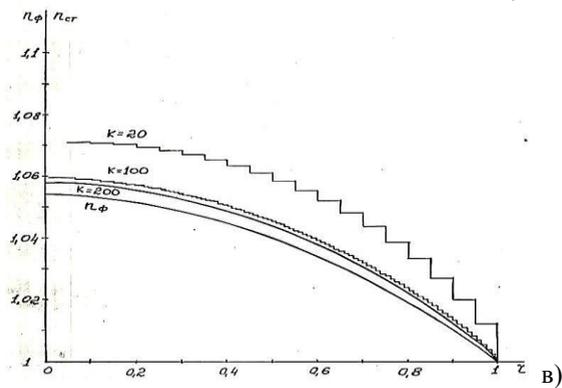
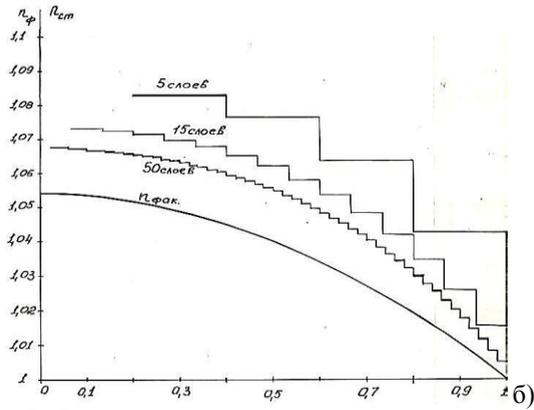
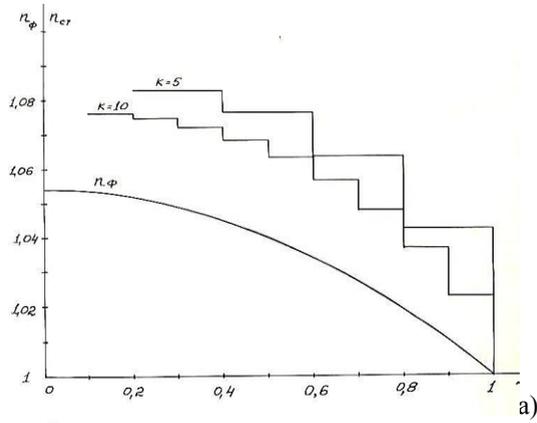


Рисунок 2. Исследование ступенчатых аппроксимаций профиля показателя преломления

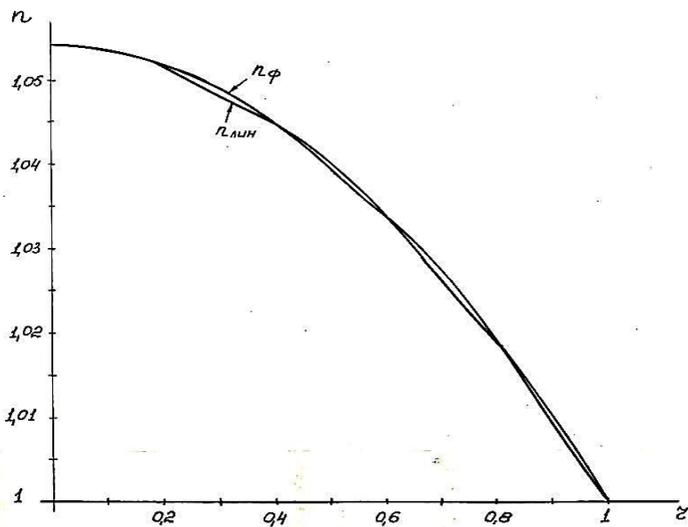


Рисунок 3. Расчетные графики n_0 и линейной аппроксимации $n_{лин}$ профиля показателя преломления

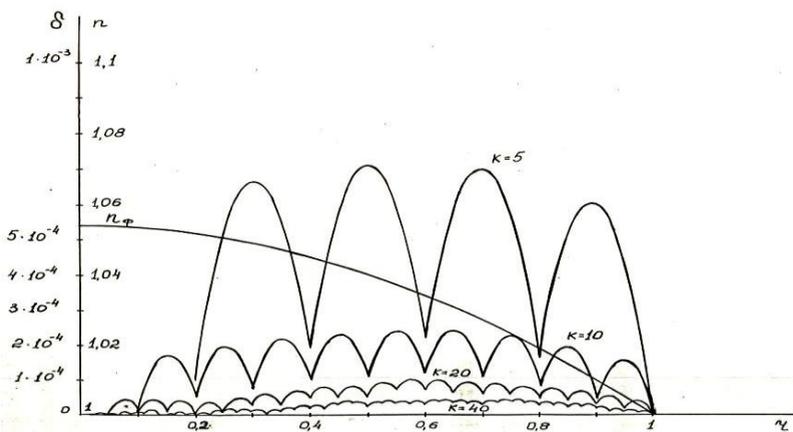


Рисунок 4. Графическая зависимость погрешности аппроксимации при различных K

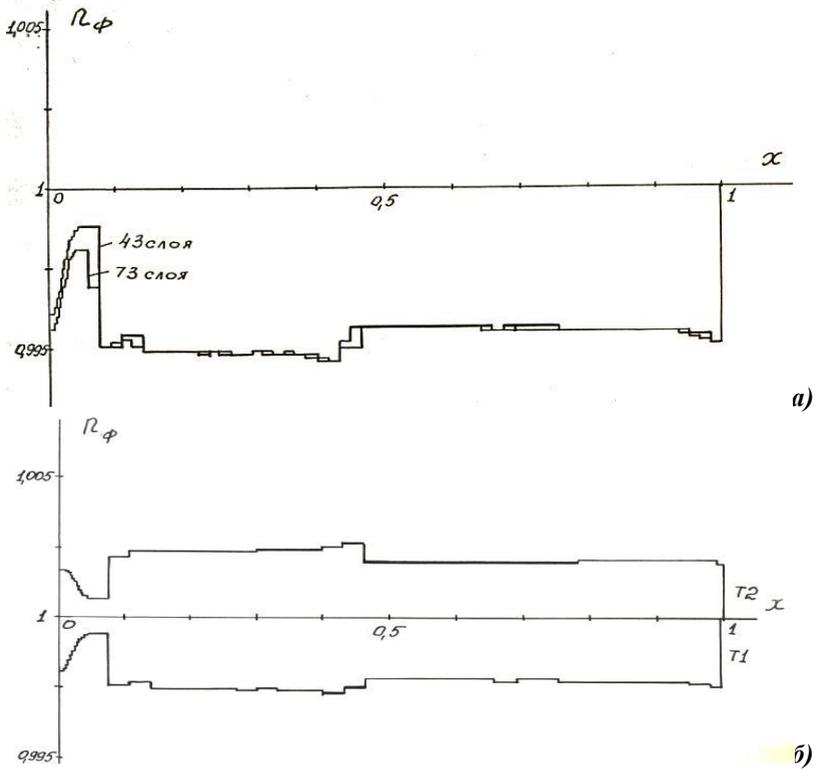


Рисунок 5. Результаты восстановления профиля показателя преломления для реальной заготовки

Таблица 4.

Результаты восстановления профиля показателя преломления

ЗАГОТОВКА 2			
I	Y	PSI	N
1	0.9968	-0.0003	1.0000
2	0.9806	-0.0587	0.9951
3	0.9482	-0.0291	0.9954
4	0.9159	-0.0208	0.9955
5	0.8835	-0.0170	0.9955
6	0.8511	-0.0146	0.9955
7	0.8188	-0.0128	0.9955
8	0.7864	-0.0116	0.9955
9	0.7540	-0.0105	0.9955
10	0.7217	-0.0092	0.9956
11	0.6893	-0.0084	0.9956
12	0.6570	-0.0078	0.9955
13	0.6246	-0.0070	0.9956
14	0.5922	-0.0065	0.9956
15	0.5599	-0.0059	0.9956
16	0.5275	-0.0055	0.9956
17	0.4951	-0.0049	0.9956
18	0.4628	-0.0045	0.9956
19	0.4304	-0.0072	0.9950
20	0.3981	-0.0077	0.9946
21	0.3657	-0.0055	0.9948
22	0.3333	-0.0047	0.9948
23	0.3010	-0.0039	0.9948
24	0.2686	-0.0035	0.9948
25	0.2362	-0.0028	0.9949
26	0.2039	-0.0024	0.9949
27	0.1715	-0.0021	0.9949
28	0.1392	-0.0016	0.9949
29	0.1068	-0.0001	0.9954
30	0.0744	-0.0008	0.9951
31	0.0421	0.0047	0.9989
32	0.0356	0.0033	0.9987
33	0.0324	0.0025	0.9986
34	0.0291	0.0016	0.9984
35	0.0259	0.0007	0.9982
36	0.0227	-0.0002	0.9979
37	0.0194	-0.0009	0.9976
38	0.0162	-0.0015	0.9972
39	0.0129	-0.0018	0.9968
40	0.0097	-0.0017	0.9965
41	0.0065	-0.0015	0.9962
42	0.0032	-0.0011	0.9959

Результаты восстановления профиля показателя преломления для реальной заготовки представлены в табл. 4, а также на рис. 5. Исследования показали, что погрешность восстановления профиля

показателя преломления волоконного световода уменьшается с ростом количества зон разбиения.

Список литературы:

1. Андросик А.Б., Воробьев С.А., Мировицкая С.Д. Рефракционный метод исследования волоконных световодов. Lambert Academic Publishing 2012 — 183 с.
2. Лазарев Л.П., Мировицкая С.Д. Контроль геометрических и оптических параметров волокон. М.: Радио и связь, 1988. — 280 с.

ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ГИЛЬБЕРТА ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

Здольников Дмитрий Викторович

*аспирант кафедры акустики и звукотехники
Санкт-Петербургского государственного
университета кино и телевидения,
г. Санкт-Петербург*

E-mail: d.zdolnikov@gmail.com

Уваров Владимир Константинович

*д-р тех. наук, проф. кафедры акустики и звукотехники
Санкт-Петербургского государственного
университета кино и телевидения,
г. Санкт-Петербург*

E-mail: v.k.uvarov@mail.ru

DIGITAL HILBERT TRANSFORMER OF BROADBAND SIGNALS

Dmitry Zdolnoikov

*postgraduate student of department of acoustics and phonics
of St. Petersburg State University of Cinema and Television,
St. Petersburg*

Vladimir Uvarov

*doctor of Technical Sciences, Professor
of St. Petersburg State University of Cinema and Television,
St. Petersburg*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрен цифровой преобразователь Гильберта широкополосных сигналов, выполненный на базе быстрого преобразования Фурье (БПФ). Приведены семейства кривых, отражающие влияние количества точек БПФ на ширину полосы пропускания и величину пульсаций на краях частотных характеристик преобразователя. Сделан вывод о возможности работы данного преобразователя в реальном масштабе времени.

ABSTRACT

In this article a digital Hilbert transformer of broadband signals realized on the basis of the fast Fourier's transform (FFT) is considered. The families of curves displaying the effect of number of points in the FFT on width of pass-band and size of pulsations at edges of frequency characteristics of these transformer are presented. A conclusion is drawn about possibility of operation of this transformer in real time.

Ключевые слова: преобразование Гильберта, быстрое преобразование Фурье, окно Наттолла, ширина полосы пропускания, спад амплитудно-частотной характеристики, пульсации фазоразностной характеристики.

Keywords: Hilbert transform, fast Furier transform, Nuttall window, width of pass-band, droop of amplitude response, ripple of phase-difference response.

Согласно теории модуляций [1] любой звуковой сигнал $s(t)$ может быть представлен в виде произведения амплитудно-

модулирующей $S(t)$ и частотно-модулированной $\cos\phi(t)$ его функций:

$$s(t) = S(t) \cos\phi(t) = \left| (s^2(t) + \widehat{s}^2(t))^{0.5} \right| \cos \left(\arctg \frac{\widehat{s}(t)}{s(t)} \right) \quad (1)$$

где $\widehat{s}(t)$ — опорный сигнал, определяемый как преобразование Гильберта исходного сигнала:

$$\widehat{s}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{t - \tau} \quad (2)$$

Формула (2) описывает фазовый сдвиг между сигналами $s(t)$ и $\widehat{s}(t)$, который равен 90° . В технике модуляционного анализа-синтеза это преобразование с разной степенью точности осуществляется при помощи аналоговых устройств — широкополосных фазовращателей [1, с. 62]. Однако сегодня, в век развития и повсеместного распространения цифровых технологий, данная реализация не актуальна. Но, не смотря на это, цифровых устройств модуляционного анализа-синтеза нет до сих пор, хотя достигнутые результаты представляют большой интерес [2, 3, 6]. В связи с этим задачей данного исследования является разработка цифрового преобразователя Гильберта, способного заменить широкополосные фазовращатели.

Цифровое преобразование Гильберта может быть реализовано как во временной области в виде цифровых фильтров Гильберта [5, 7, 9], так и в частотной — через дискретное преобразование Фурье (метод ДПФ) [4, 8, 9]. При широкополосных входных сигналах более подходящим для осуществления цифрового преобразования Гильберта является метод ДПФ, обеспечивающий минимальные пульсации фазовой характеристики во всей полосе пропускания преобразователя [9, с. 380]. Согласно методу ДПФ, вычисление преобразования Гильберта осуществляется через спектр аналитической функции. Алгоритм расчета преобразования заключается в следующем [8, 9]. Исходный дискретный сигнал $s(n)$

подвергается N-точечному ДПФ, преобразуясь в дискретный спектр $S(k)$:

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) e^{-j2\pi \frac{nk}{N}}, k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (3)$$

после чего вычисляется Фурье-образ $Z(k)$ аналитического сигнала:

$$Z(k) = S(k) + j\widehat{S}(k) = \begin{cases} 2S(k), & 0 < k < \frac{N}{2} \\ S(0), & k = 0, k = \frac{N}{2} \\ 0, & \frac{N}{2} < k < N \end{cases}, \quad (4)$$

который подвергается N-точечному обратному ДПФ:

$$z(n) = s(n) + j\widehat{s}(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} Z(k) e^{j2\pi \frac{nk}{N}}, n = 0, 1, \dots, N-1, \quad (5)$$

результатом которого является аналитическая последовательность $z(n)$ во временной области, мнимая $\widehat{s}_h(n)$ и действительная $s_h(n)$ части которой связаны между собой преобразованием Гильберта.

В рамках данной работы приведенный алгоритм был доработан и реализован в среде графического моделирования Labview. Для вычисления ДПФ использовался алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) по смешанному основанию системы счисления (Cooley-Тукеу алгоритм) [7, с. 105]. Для уменьшения утечки спектра, непосредственно перед выполнением БПФ над отсчетами входного сигнала, находящимися в окне анализа, осуществлялась операция взвешивания окном Наттолла, так как эта оконная функция, согласно [4, с. 60], обеспечивает наименьший уровень боковых

лепестков спектральных составляющих сигнала. Понятно, что при использовании оконной обработки, значения отсчетов сигнала, находящиеся в окне анализа, искажаются, что, в конечном счете, отражается на амплитуде сигналов на выходе преобразователя Гильберта. Для того чтобы избежать этого в [4, с. 62] предлагается осуществлять компенсацию неравномерности окна Наттолла. В данной работе эта проблема решается иначе. При каждой итерации из последовательности $z(n)$ выделяется лишь один комплексный отсчет с номером $m = \lfloor N/2 \rfloor$, мнимая $\hat{S}_h(m)$ и действительная $S_h(m)$ части которого являются отсчетами сопряженных по Гильберту последовательностей, получаемых на выходе преобразователя. Выделяемый отсчет является центральным и не искажается окном Наттолла. Легко понять, что получаемые на выходе преобразователя последовательности будут задержаны на m отсчетов относительно входной последовательности.

На рисунке 1 изображены амплитудно-частотная (АЧХ) и фазоразностная (ФРХ) характеристики реализованного в соответствии с приведенной выше методикой преобразователя Гилберта при $N=50$. Судя по приведенным характеристикам, полученный в процессе моделирования преобразователь имеет довольно широкую полосу пропускания, в которой обеспечивается относительное постоянство фазового сдвига и амплитуды.

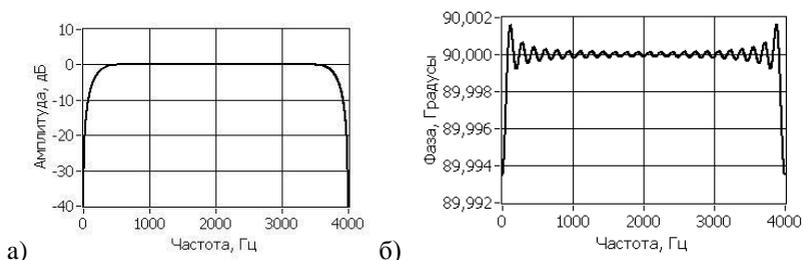


Рисунок 1. Частотные характеристики преобразователя Гильберта ($N=50$): а) АЧХ, б) ФРХ

Аналогичным образом функционирование разработанного преобразователя Гильберта было исследовано при других частотах дискретизации и других числах точек БПФ. В результате были получены семейства кривых, отражающих влияние числа точек БПФ

на ширину полосы пропускания ΔF (рис. 2) и на отклонение разности фаз выходных сигналов от $90^\circ \Phi$ (рис. 3) при заданном значении D (спада АЧХ на краях полосы пропускания).

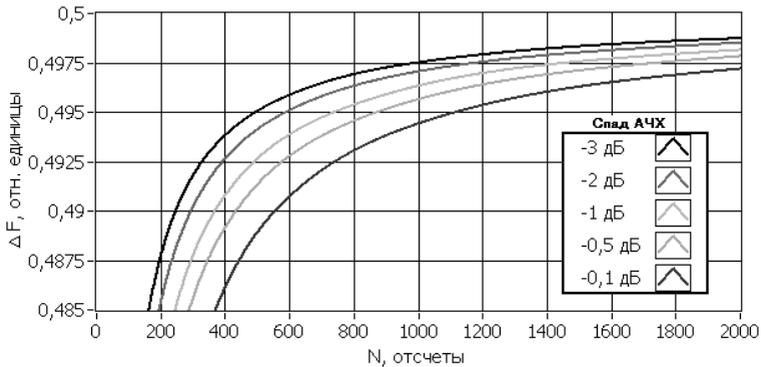


Рисунок 2. Зависимость ширины полосы пропускания преобразователя Гильберта от числа точек БПФ

По приведенным на рисунке 2 кривым можно определить зависимость величины получаемой на выходе преобразователя Гильберта временной задержки t_3 от нижней граничной частоты полосы пропускания $F_{Нзр}$. Величину временной задержки можно рассчитать по формуле:

$$t_3 = \frac{m}{fd} = \frac{N}{2fd}, \quad (6)$$

где fd — частота дискретизации входного сигнала. Судя по приведенным на рисунке 2 кривым, если задаться каким-либо фиксированным значением $F_{Нзр}$, то при подаче на вход сигналов с разной частотой дискретизации, для поддержания заданного значения $F_{Нзр}$ необходимо будет менять лишь один параметр преобразователя — количество точек БПФ, остальные параметры будут оставаться неизменными. В таблице 1 приведены значения временных задержек преобразователя Гильберта, рассчитанных

по формуле (6) и соответствующих, согласно кривым на рисунке 2, различным значениям нижней граничной частоты полосы пропускания $F_{Нгр}$. Погрешность измерения t_3 составляет примерно 0,5 мс.

Таблица 1.

Определение задержки выходных сигналов преобразователя Гильберта

$F_{Нгр}, \text{Гц}$	$t_3, \text{мс}$				
	D = -3 дБ	D = -2 дБ	D = -1 дБ	D = -0,5 дБ	D = -0,1 дБ
20	31,3	37,5	46,9	56,3	75
30	21,1	25	31,3	37,5	46,9
40	15,6	18,8	23,4	28,1	35,6
50	12,5	15	18,4	22,5	28,8
100	6,3	7,5	9,4	10,9	14,1

Известно [4, с. 16], что человеческий слух имеет свойство не замечать коротких перерывов в звучании, если они не достигают 35 мс. В связи с этим, на основании приведенных в таблице 1 данных, можно сделать вывод о возможности работы рассматриваемого преобразователя Гильберта в режиме реального времени, то есть в режиме, когда запись и воспроизведение звуковой информации может осуществляться одновременно, без заметных на слух временных задержек. Как видим, наиболее оптимальная работа преобразователя в реальном времени, в сочетании с максимальной шириной полосы пропускания, обеспечивается при значении нижней граничной частоты полосы пропускания равной 50 Гц. При необходимости это значение можно уменьшить, но при этом возможны потери в качестве звучания.

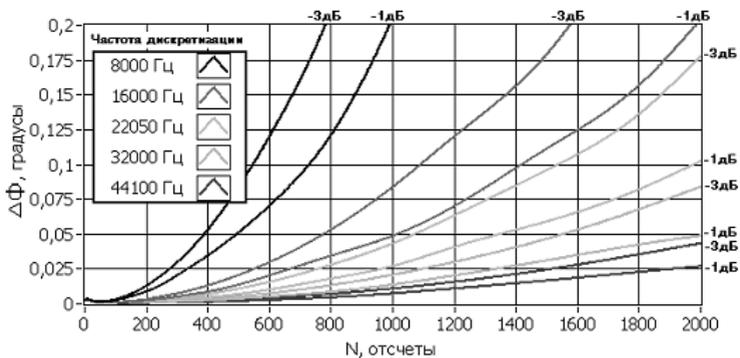


Рисунок 3. Зависимость $\Delta\Phi$ от числа точек БПФ при спадах АЧХ на краях полосы пропускания равных 1 дБ и 3 дБ

На рисунке 3 изображены кривые, полученные при значениях спада АЧХ на краях полосы пропускания равных -1 дБ и -3 дБ. Кривые, снятые при других значениях спада АЧХ, будут иметь такой же характер и, чтобы не загромождать рисунок, здесь не показаны. Как видим, при больших значениях частоты дискретизации входного сигнала величина $\Delta\Phi$ составляет сотые доли градуса, при низких частотах дискретизации ее значение значительно больше и не представляет существенного интереса.

Величина $\Delta\Phi$, по той же причине, что и t_3 будет оставаться неизменной при изменении частоты дискретизации входного сигнала. При желании, в этом можно убедиться, определив по кривым на рисунках 2 и 3 несколько значений $\Delta\Phi$ при разных частотах дискретизации и фиксированном значении $F_{Нзр}$. Значения $\Delta\Phi$, соответствующие различным значениям $F_{Нзр}$ и D , приведены в таблице 2. Погрешность измерения $\Delta\Phi$ составляет примерно $\pm 0,005^\circ$.

Таблица 2.

Определение отклонения разности фаз выходных сигналов от 90 градусов

$F_{Нзр}, \text{ Гц}$	20	30	40	50	100
$D, \text{ дБ}$	-3	-3	-1	-1	-1
$\Delta\Phi, \text{ градусы}$	0,08	0,035	0,03	0,02	0,005

Заключение

Согласно [1], широкополосные фазовращатели, применяемые в технике модуляционного анализа-синтеза, должны иметь полосу пропускания от 20 до 20000 Гц; прямолинейную, равную единице во всей полосе пропускания АЧХ, и величину отклонения фазовой характеристики от $90^\circ \Delta\Phi=0,1^\circ$. При сравнении этих параметров с параметрами приведенными в таблицах 1 и 2, можно сделать вывод о возможности частичной замены широкополосных фазовращателей на рассмотренные в данной работе цифровые преобразователи Гильберта с полосой пропускания от 50 до 22000 Гц. В частности, данная замена будет актуальной в устройствах обработки речевых сигналов, спектр которых практически не содержит частотных составляющих в области ниже 50 Гц.

Помимо техники модуляционного анализа-синтеза, данный преобразователь можно использовать также и в других областях науки и техники, где есть необходимость в квадратурной обработке широкополосных сигналов. Приведенные исследования могут быть продолжены с целью усовершенствования приведенной методики и увеличения полосы пропускания преобразователя Гильберта, пригодной для его работы в реальном времени.

Список литературы:

1. Ишуткин Ю.М., Уваров В.К. Основы модуляционных преобразований звуковых сигналов. / Под ред. В.К. Уварова СПб.: СПбГУКиТ, 2004. — 102 с.
2. Китанов М.Ю. Разработка метода и технических средств автоматического изменения времени послезвучия с целью повышения разборчивости речи: Автореф. дис. канд. тех. наук. СПб., 2011. — 24 с.
3. Маркин Д.Н. Разработка метода и технических средств компандирования спектров речевых сигналов: Автореф. дис. канд. тех. наук. СПб., 2008. — 22 с.
4. Попов О.Б., Рихтер С.Г. Цифровая обработка сигналов в трактах звукового вещания: учеб. для вузов. М.: Горячая линия Телеком, 2007. — 341 с.
5. Солонина А.И. Основы цифровой обработки сигналов // А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьева: курс лекций, изд. 2-е испр. и перераб. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 768 с.
6. Уваров В.К. Точное компандирование частотного и динамического диапазонов звуковых сигналов. СПб.: СПбГУКиТ, 2001. — 326 с.
7. Федосов В.П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / под ред. В.П. Федосова. М.: ДМК Пресс, 2007. — 472 с.
8. Хованова Н.А., Хованов И.А. Методы анализа временных рядов. Саратов: Изд-во ГосУНЦ КОЛЛЕДЖ. 2001. — 120 с.
9. Lyons Richard G. Understanding digital signal processing. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2004. — 688 p.

СЕКЦИЯ 11.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

КОМБИНИРОВАННЫЕ СЕТИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫСОКООРБИТАЛЬНЫХ И НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Кожевников Евгений Александрович

*научный сотрудник, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ,
г. Москва.*

E-mail: EvgenKozhe@yandex.ru

Спирин Александр Александрович

*заместитель начальника отдела, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ,
г. Москва*

COMBINED SATELLITE COMMUNICATIONS NETWORK WHILE USING THE HIGH AND LOW-ORBIT SATELLITES

Kozhevnikov Evgeniy Alekscandrovich

*researcher, Federal state unitary enterprise
«18 Central scientific research Institute» Ministry of defence,
Moscow*

Spirin AlekscandrAlekscandrovich

*deputy division chief, Federal state unitary enterprise
«18 Central scientific research Institute» Ministry of defence,
Moscow*

АННОТАЦИЯ

Проведён анализ комбинированной сети спутниковой связи при одновременном использовании высокоорбитальных и низкоорбитальных космических аппаратов.

Комбинированная сеть включает в свой состав космические аппараты на геостационарной орбите, низкоорбитальную систему спутниковой связи в составе орбитальной группировки из 36 космических аппаратов при высоте орбиты 1500 км и региональные земные станции.

Показано, что при наличии четырех региональных станций обслуживается территория России и стран ближнего зарубежья с вероятностью 0,9—0,99 при длительностях сеансов связи от 0,5 до 2 минут и времени ожидания от 0 до 4 минут.

ABSTRACT

The analysis of the combined satellite network while using high and low-orbit spacecraft.

The combined network includes in its membership spacecraft in geostationary orbit, low-orbit satellite communication system in the constellation of 36 satellites in orbit altitude and 1,500 km of regional ground stations.

It is shown that the presence of four regional stations served by the territory of Russia and neighboring countries with a probability of durations at 0,9—0,99 communication sessions from 0.5 to 2 minutes and the waiting time from 0 to 4 minutes.

Ключевые слова: Комбинированная сеть, спутниковая связь, ретрансляция, космический аппарат.

Keywords: Combined network, satellite communications, retransmission, space vehicle.

Одним из бурно развивающихся направлений является создание спутниковых систем мобильной и персональной связи, а также систем связи абонентов, работающих короткими пакетами в сеансных режимах. Возможности традиционных направлений с использованием космических аппаратов (КА) на геостационарных орбитах (ГСО) ограничены как по пропускной способности, так и по возможности существенного снижения массы, габаритов и стоимости абонентских терминалов [1].

В связи с этим, за последние 15—20 лет у нас в стране и за рубежом интенсивно развиваются низкоорбитальные системы спутниковой связи (НССС) [3]. Низкая орбита (700—1500 км)

позволяет снизить энергопотенциал линии связи на величину до 20 дБ, что позволяет существенно снизить массу, габариты и стоимость абонентских терминалов при достаточно высоком качестве канала. НССС позволяют обеспечить бесперебойную связь с абонентскими терминалами, размещенными в любой точке Земли и практически не имеют альтернативы при организации связи в регионах со слабо-развитой инфраструктурой связи и низкой плотностью населения. Увеличение числа КА компенсируется снижением затрат на их выведение на низкую орбиту (нескольких КА одной ракетой-носителем).

Все проекты НССС можно разделить на два класса:

- с использованием межспутниковой связи между КА для обеспечения глобальности зоны обслуживания и непрерывности канала связи;
- многократной переретрансляцией через наземные пункты.

В некоторых системах используется запоминание и перенос информации на борту КА, что исключает возможность организации дуплексной телефонной связи и обмен данными в реальном масштабе времени.

Для создания НССС с межспутниковой связью приходится решить комплекс научно-технических проблем. Это приводит к увеличению массы КА в два-три раза и к многократному увеличению стоимости создания НССС. Использование многократной переретрансляции через наземные пункты приводит к значительному усложнению аппаратуры и математического обеспечения, снижает надежность и качество связи, увеличивает количество ретрансляционных станций, а на территории морей и океанов размещение этих станций практически невозможно.

Все это в совокупности может свести на нет или сильно ослабить преимущество НССС.

При отсутствии межспутниковой связи и многократной переретрансляции через наземные пункты НССС может обеспечить связи только между абонентами, находящимися одновременно в зоне видимости одного КА диаметром 2—4 тыс. км в зависимости от высоты орбиты и ограничений на значение допустимого угла видимости КА.

При выборе рациональной структуры системы следует учитывать то обстоятельство, что результаты маркетинговых исследований, проведенных в рамках проектов НССС, показывают, что до 70—90 % трафика находится именно в пределах зоны видимости одного КА или зоны обслуживания одной координирующей (базовой) земной

станции (ЗС) НССС [2]. При этом значительная зона трафика сосредоточена между абонентами с персональными или мобильными терминалами и стационарными абонентами телефонных сетей связи общего пользования.

Можно отметить, что имеется необходимость оптимизации структуры сетей мобильной и персональной связи по двум противоречивым критериям:

- максимальное расширение услуг связи (телефон, передача данных) и рынка пользователей;
- минимизация стоимости абонентских терминалов и системы в целом.

Решение такой задачи лишь в рамках НССС является чрезвычайно трудным.

Это решение возможно в рациональном сочетании достоинств и сглаживание недостатков высокоорбитальных и низкоорбитальных систем связи. Для этого предлагается концепция комбинированной системы, включающей в себя как каналы НССС, так и каналы высокоорбитальных систем для обеспечения связности и глобальности сетей мобильных и персональных терминалов. В этом случае в НССС нет межспутниковых линий, а число и сложность оборудования наземных стационарных станций сводится к минимуму.

Связь с персональными или мобильными терминалами обеспечивается в локальных зонах отдельных КА НССС. Для обмена информацией с абонентом, расположенным вне зоны видимости КА НССС, но в пределах зоны высокоорбитального КА, образуется составной канал через стационарные пункты, оборудованные как координирующими станциями НССС, так и земными станциями высокоорбитальных систем спутниковой связи. Такой комплекс будем называть региональной земной станцией (РЗС).

Увеличение стоимости РЗС за счет стоимости ЗС, расположенной на высокоорбитальной орбите, должно компенсироваться снижением сложности и стоимости координирующей или базовой ЗС НССС, а также уменьшением их числа в системе [2].

Одним из наиболее важных вопросов создания комбинированной сети является выбор оптимальной дислокации РЗС, позволяющей минимизировать их количество при заданных вероятностных характеристиках требуемой зоны обслуживания. Результаты моделирования показали, что на низкой орбите, при высоте НССС 1500 км для обслуживания территории России и стран ближнего зарубежья с вероятностью 0,9—0,95 достаточно иметь четыре РЗС.

Зависимость надежности обслуживания (готовности комбинированного канала) от допустимого времени ожидания $T_{ож}$ для расположения одного из корреспондентов в точке на границе зоны обслуживания (38^0 в.д., 44^0 с.ш.) показана в таблице 1.

При проведении расчетов полагалось, что в состав орбитальной группировки НССС входит 36 КА.

Таблица 1.

Длительность сеанса связи $T_{св}$ мин	Допустимое $T_{ож}$ мин				
	0	1	2	3	4
0,5	0,9	0,961	0,995	1,0	1,0
1,0	0,888	0,937	0,982	0,998	1,0
2,0	0,871	0,92	0,961	0,983	0,999

Таким образом, создание комбинированной сети спутниковой связи с использованием высокоорбитальных и низкоорбитальных космических аппаратов является эффективным способом обеспечения оперативной и надежной телефонной связи и обмена данными в реальном времени в любой зоне обслуживания вплоть до глобальной между абонентами, оснащенными простыми малогабаритными терминалами.

Список литературы:

1. Банкет В.Л., Дорофеев В.М. Цифровые методы в спутниковой связи. М.: Радио и связь, 1988. — 240 с.
2. Бородич СВ. О применении систем спутниковой связи со спутниками на низких орбитах // Электросвязь. 1995. № 9.
3. Максименко Е.И. Российская группировка спутников связи: современные и перспективные спутники / Е.И. Максименко // Технологии и средства связи. Спутниковая связь и вещание. 2008. — С. 78—80.

**СТАТИЧЕСКИЕ ТИРИСТОРНЫЕ
КОМПЕНСАТОРЫ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ
С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ КОММУТАЦИЕЙ
И СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИМИ**

Литковец Сергей Петрович

*аспирант кафедры электроснабжения
Луцкого национального технического университета,
г. Луцк*

E-mail: SergiyLitkov@mail.ru

Петухов Николай Васильевич

*канд. техн. наук, доцент кафедры электроснабжения
Луцкого национального технического университета,
г. Луцк*

E-mail: npetuhov@gmail.com

**STATIC THYRISTOR COMPENSATORS
OF REACTIVE POWER WITH FORCED COMMUTATION
AND MEANS OF THEIR CONTROLLING**

Sergiy Litkovets

*postgraduate of Electric Power Supply Department
of Lutsk National Technical University,
Lutsk*

Nikolai Petukhov

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Electric Power
Supply Department of Lutsk National Technical University,
Lutsk*

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены конфигурация и принцип работы устройства для регулирования реактивной мощности, обеспечивающее высокое быстродействие и позволяющее независимо управлять фазными реакторами каждой из фаз статического тиристорного компенсатора реактивной мощности с принудительной коммутацией. Предложена схема управления, обеспечивающая необходимый

алгоритм переключения коммутирующих тиристоров и микропроцессорное управление для уменьшения величины удельной потребляемой активной мощности и, тем самым, реализующая концепцию глобального управления энергетическими процессами компенсатора.

ABSTRACT

The paper considers the configuration and principle of operation of the device for reactive power control that provides high quick acting and allows independent control of phase reactors for each phase in static thyristor compensators of reactive power with forced commutation. A scheme of control that provides the necessary algorithm of switching of commuting thyristors and microprocessor control to reduce the value of specific active power consumption is proposed and, as a result the concept of global control energy processes of compensator is realized.

Ключевые слова: статические компенсаторы; принудительная коммутация; высокое быстродействие; эффективность; глобальное управление.

Keywords: static compensators; forced commutation; high quick acting; efficiency; global control.

Статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности относятся к импульсным преобразователям переменного напряжения. С помощью импульсного преобразователя источник переменного напряжения периодически подключается к нагрузке. При этом регулируется относительное время проводимости ключа, что приводит к плавному изменению среднего или действующего значения напряжения на нагрузке и, тем самым, величины реактивной мощности. При большой выходной мощности в качестве ключей преимущественно применяют триодные не полностью управляемые тиристоры.

Известно, что тиристор можно закрыть уменьшением анодного тока ниже тока удержания и приложением к нему отрицательного (обратного) напряжения в течение времени, которое не меньше паспортного времени выключения. Поэтому для замыкания тиристора применяют специальные коммутирующие устройства.

Различают естественную и принудительную (искусственную) коммутацию. В случае естественной коммутации можно управлять только моментом открытия коммутирующего тиристора. Закрытие тиристора происходит автоматически под действием обратного напряжения в момент перехода тока через нулевую отметку. При этом момент закрытия тиристора является функцией его угла управления.

В случае принудительной коммутации можно независимо управлять как моментом открытия, так и моментом закрытия коммутирующего тиристора. Это существенно улучшает функциональные возможности статического тиристорного компенсатора (СТК) и позволяет реализовать концепцию многоканального управления.

В статических тиристорных компенсаторах с принудительной коммутацией обычно применяется прямая компенсация реактивной мощности [4, с. 11; 5, с. 36]. Это приводит к тому, что эти компенсаторы имеют сложную конфигурацию, незначительный предел по перенапряжению и низкую перегрузочную способность, умеренные потери активной мощности, а также требуют специальных быстродействующих тиристоров с малым временем восстановления запирающих свойств.

Косвенная компенсация реактивной мощности может быть реализована на базе тиристорных регуляторов переменного напряжения с принудительной коммутацией [3, с. 253], которые обеспечивают постоянную во времени коммутирующую способность и независимость параметров узла коммутации от параметров нагрузки. Рассмотрим три наиболее распространенные трехфазные схемы с широтно-импульсным регулированием выходного напряжения (рис. 1), которые можно использовать в качестве статических тиристорных компенсаторов реактивной мощности.

Схемы на рис. 1,а,в имеют одинаковый состав элементов, подобный алгоритм переключения тиристоров и одинаковые формы выходного напряжения на фазных реакторах. Наличие силового трансформатора это скорее преимущество, чем недостаток, поскольку применение трансформатора с насыщенной магнитной системой позволяет при той же конфигурации получить почти прямоугольную форму питающего напряжения, которая является перспективной для организации энергетически эффективных режимов работы тиристорных компенсаторов реактивной мощности. Схема на рис. 1,б отличается от схем на рис. 1,а,в своей конфигурацией и алгоритмом переключения тиристоров. Для обеспечения такой же формы напряжения на фазных реакторах необходим более сложный алгоритм переключения тиристоров. Наличие большого количества тиристоров существенно усложняет систему управления ими. Присутствие ограничивающих дросселей $Dp1...Dp3$ ухудшает энергетические показатели схемы.

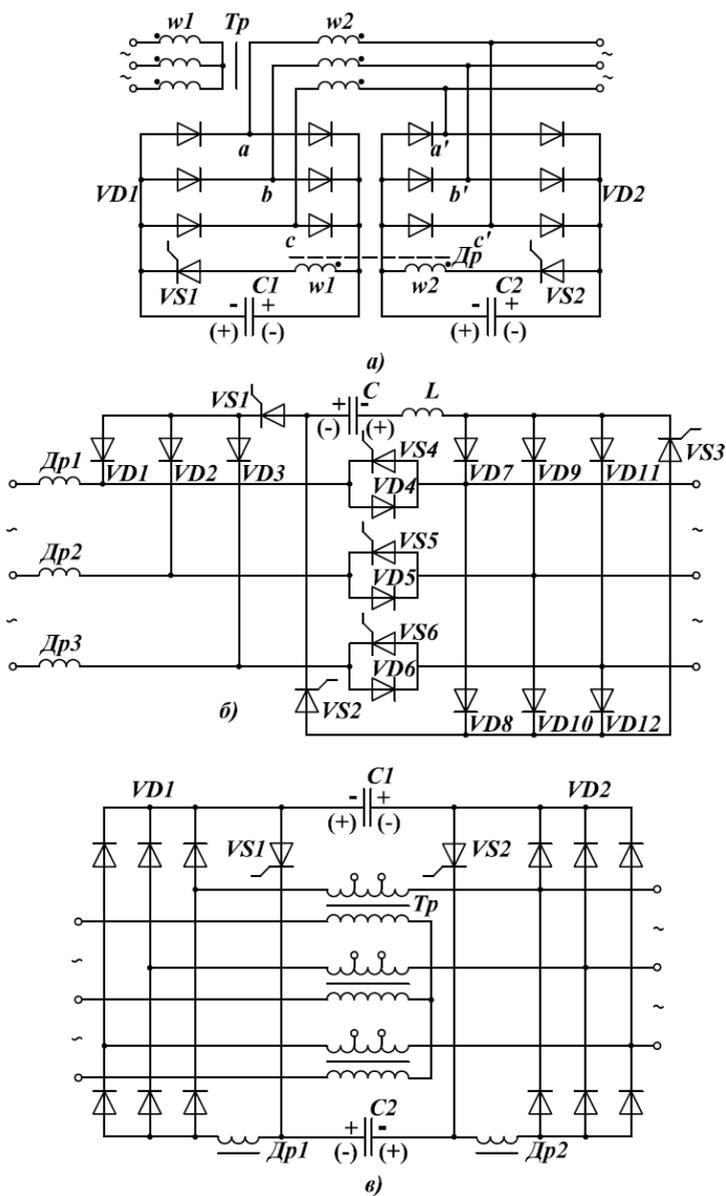


Рисунок 1. Схемы тиристорных регуляторов переменного напряжения с принудительной коммутацией

Устройство для регулирования реактивной мощности содержит трехфазный трансформатор Т. Конец и начало фаз А, В, С его вторичных обмоток и нулевой провод N подключены соответственно к однофазным мостовым выпрямителям VD1 и VD2, VD3 и VD4, VD5 и VD6. К анодной и катодной групп диодов этих выпрямителей подключены последовательно соединенные коммутирующие тиристоры VS1, VS2, VS3, VS4, VS5, VS6 и дроссели Др1, Др2, Др3, Др4, Др5, Др6, а параллельно к ним коммутирующие конденсаторы С1, С2, С3, С4, С5, С6. Дроссели одноименных фаз расположены на одном ферромагнитном сердечнике. Начало фаз А, В, С вторичных обмоток трансформатора подключены к фазным реакторам L1, L2, L3. Фазные реакторы соединены в звезду, общая точка которой подключена к нулевому проводу N.

При подаче напряжения питания, коммутирующие конденсаторы С1 и С2, С3 и С4, С5 и С6 заряжаются от вторичных обмоток w_2 трансформатора Т через однофазные мостовые выпрямители VD1 и VD2, VD3 и VD4, VD5 и VD6 с полярностью, указанной на рис. 2 без скобок. Во время действия положительной полуволны напряжения питания при отпирании тиристора VS1 обеспечивается эквипотенциальность точек a и N трансформатора Т и к фазному реактору L1 прикладывается напряжение. Конденсатор С1 перезаряжается через тиристор VS1 и обмотку дросселя Др1, приобретая полярность, которая указана на рис.2 в скобках. Для запираения тиристора VS1 отпирается тиристор VS2, и конденсатор С2 перезаряжается через тиристор VS2 и обмотку дросселя Др2. На обмотке дросселя Др1 наводится электродвижущая сила, под действием которой тиристор VS1 запирается. При отпирании тиристора VS2 обеспечивается эквипотенциальность точек a^* и N. При этом фазный реактор L1 замыкается накоротко через однофазный мостовой выпрямитель VD2 и тиристор VS2, что обеспечивает непрерывность тока в случае активно-индуктивной нагрузки. Для запираения тиристора VS2 отпирается тиристор VS1. Во время действия отрицательной полуволны напряжения питания алгоритм работы схемы не меняется, но запираение тиристора VS2 за счет отпирания тиристора VS1 осуществляется в момент перехода тока фазного реактора L1 через ноль. Величина реактивной мощности регулируется за счет изменения момента переключения коммутирующих тиристоров. Процессы, которые происходят в фазах b и c устройства для регулирования реактивной мощности при коммутации тиристоров VS3 и VS4, VS5 и VS6, протекают аналогично и независимо друг от друга.

Таким образом, обеспечивается более высокое быстродействие за счет того, что квазиустановившийся режим работы в каждой фазе устройства для регулирования реактивной мощности наступает за один период питающего напряжения, и улучшается функциональность благодаря независимой коммутации фазных реакторов.

Эта схема позволяет реализовать концепцию глобального управления статическим компенсатором. По этой концепции [1, с. 34—38] определяется граничная поверхность, которая разделяет трехмерное пространство углов управления $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ коммутирующих тиристоров на две области. Когда целевая функция:

$$\begin{aligned} \psi(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = & \rho_1(\alpha_2 - \alpha_1) - (1 + \rho_1^2) \left(1 - e^{\rho_1(\alpha_1 - \alpha_2)}\right) + \\ & + \ln \left(1 + \left(1 - e^{\rho_1(\alpha_1 - \alpha_2)}\right) e^{\rho_0(\alpha_2 - \pi - \alpha_3)}\right) - \\ & - (1 + \rho_1^2) \left(1 - e^{\rho_1(\alpha_1 - \alpha_2)}\right) e^{\rho_0(\alpha_2 - \pi - \alpha_3)}, \end{aligned}$$

где: ρ_1 — удельное сопротивление первого или третьего участка;

ρ_0 — удельное сопротивление второго участка (рис. 4, л), расположена в области, лежащей выше граничной поверхности, то невозможно реализовать энергетически эффективные режимы работы статического компенсатора. В случае, когда целевая функция расположена в области, лежащей ниже граничной поверхности, то энергетическая эффективность статического компенсатора тем выше, чем большее расстояние между предельной поверхностью и точкой в трехмерном пространстве $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, которая определяет величину целевой функции.

Для реализации концепции глобального управления в системе управления статическим компенсатором необходимо обеспечить синхронизацию всех процессов в ней с напряжением питания и выполнения определенного алгоритма переключения коммутирующих элементов, а также микропроцессорный контроль над величиной потерь активной мощности при регулировании реактивной мощности. Эти требования может обеспечить система управления статическим компенсатором, схема которой приведена на рис. 3. Поскольку устройство для регулирования реактивной мощности, которое входит в состав статического компенсатора с принудительной коммутацией, позволяет независимо регулировать величину реактивной мощности в каждой из фаз, то целесообразно

Система управления статическим компенсатором содержит микропроцессорную систему, в состав которой входят микропроцессор МП, оперативное запоминающее устройство ОЗУ, постоянное запоминающее устройство ПЗУ, терминал Т, шину адресов ША, шину данных ШД, шину команд ШК, устройства сопряжения УС1, УС2, УС3, УС4, а также цифро-аналоговые преобразователи ЦАП1, ЦАП2 и ЦАП3. С терминала Т в микропроцессорную систему вводят параметры конфигурации СТК с принудительной коммутацией и значение необходимых углов управления коммутирующими тиристорами α_1, α_2 . Величину угла управления α_3 микропроцессорная система устанавливает самостоятельно таким образом, чтобы значение целевой функции $\psi(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ было меньше нуля, поскольку при этом потери активной мощности во время регулирования реактивной мощности не будут превышать экономически целесообразной величины.

В состав устройства, которое обеспечивает синхронизацию и выполнения необходимого алгоритма переключения коммутирующих тиристоров, входят трансформатор напряжения Т2, однофазные мостовые выпрямители VD1, VD2, генератор пилообразного напряжения ГПН1, ГПН2, генератор прямоугольного униполярного напряжения ГПУН, ноль органы НО1, НО2, НО3, НО4, два логических элемента «ИЛИ», тактируемый D-триггер с потенциальным управлением, ключ на базе логического элемента «ЗАПРЕТ» и два формирователя импульсов Ф1 и Ф2.

Временные диаграммы работы отдельных элементов схемы управления СТК реактивной мощности с принудительной коммутацией приведены на рис.4. Трансформатор Т2 синхронизирует работу логического блока системы управления с напряжением питания (рис. 4,а). Напряжение на выходе выпрямителей VD1 и VD2 (рис. 4,б,в) запускают генераторы пилообразного напряжения ГПН1 и ГПН2, соответственно, в нечетные и четные полупериоды напряжения питания. Пилообразные напряжения, которые производятся ГПН1 и ГПН2, сравниваются в ноль органах НО1 и НО2 с напряжениями управления, которые снимаются с выходов ЦАП1 и ЦАП2 микропроцессорной системы (рис. 4,г,д). В момент равенства пилообразных напряжений и напряжений управления на выходах НО1 и НО2 формируются импульсы управления, которые через логический элемент «ИЛИ» и формирователь импульсов Ф1 (рис. 4,ж) поступают на управляющий электрод коммутирующего тиристора VS1, открывая его. Благодаря этому, прямоугольное напряжение вторичной обмотки

трансформатора Т1 с насыщенной магнитной системой подается на фазный реактор L и по нему начинает протекать ток (рис. 4,л).

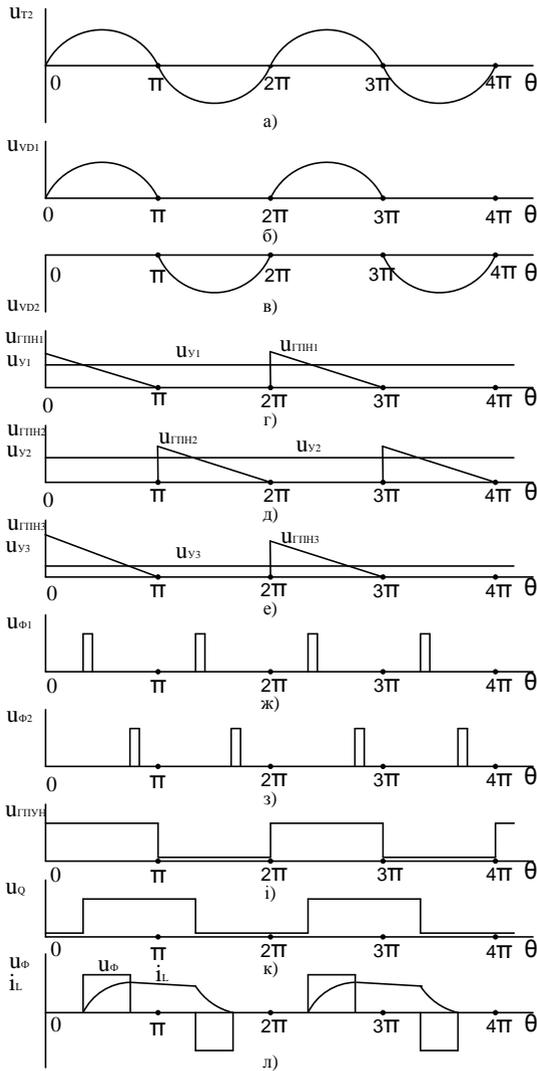


Рисунок 4. Временные диаграммы работы отдельных элементов схемы управления СТК реактивной мощности с принудительной коммутацией

Для предотвращения нежелательного открывания тиристора VS2 во время открытия тиристора VS1 предусмотрена блокировка импульса, который в это время формируется на выходе HO4. Это осуществляется за счет тактируемого D-триггера с потенциальным управлением и ключа, построенного на логическом элементе «ЗАПРЕТ». С приходом импульса с выхода логического элемента «ИЛИ» на вход синхронизации С тактируемого D-триггера сигнал на его прямом выходе Q будет повторять сигнал, который подается на информационный вход D от ГПУН (рис. 4,и,к). Поскольку в этом случае на прямом выходе D-триггера возникает логическая единица, то ключ будет разомкнут, а импульс с выхода HO4 будет заблокирован.

Коммутирующий тиристор VS1 закрывается после открытия тиристора VS2 в момент времени, когда на его управляющий электрод через логический элемент «ИЛИ» и формирователь Ф2 поступает импульс управления от HO3 (рис. 4,з), который возникает во время сравнения пилообразного напряжения $U_{\Delta II} 3$ с напряжением управления U_{O3} (рис. 4,е). В этот момент вторичная обмотка трансформатора T1 размыкается, а фазный реактор замыкается накоротко, что обеспечивает непрерывность тока через него. С приходом следующего импульса с выхода формирователя Ф1 (рис. 4,ж) тиристор VS1 открывается, а тиристор VS2 закрывается. Вторичная обмотка трансформатора снова подключается к фазному реактору и к нему прикладывается фазное напряжение противоположной полярности. Когда ток через фазный реактор уменьшится до нуля, то на выходе HO4 возникнет импульс управления, который через замкнутый ключ и логический элемент «ИЛИ» поступит на управляющий электрод тиристора VS2. При этом тиристор VS2 открывается, а тиристор VS1 закрывается.

Таким образом, предлагаемая схема управления СТК реактивной мощности с принудительной коммутацией позволяет независимо управлять фазными реакторами каждой из фаз, обеспечить необходимый алгоритм переключения коммутирующих тиристорov и микропроцессорное управление всеми элементами системы в реальном времени для уменьшения величины удельной потребляемой активной мощности. Более того, данная схема позволяет реализовать концепцию глобального управления энергетическими процессами компенсатора при его питании напряжением прямоугольной формы, что повышает экономическую эффективность

использования СТК как источника реактивной мощности и позволяет оптимизировать режимы его работы.

Список литературы:

1. Литковец С.П., Петухов Н.В. Глобальное управление энергетическими процессами в асинхронных статических тиристорных компенсаторах реактивной мощности с принудительной коммутацией // Энергетика: экономика, технологии, экология. — 2012. — № 1 (30). — С. 34—38.
2. Петухов Н.В., Литковец С.П. Устройство для регулирования реактивной мощности // Патент Украины № 69876. 2012. Бюл. № 9.
3. Руденко В.С., Сенько В.И., Чижено И.М. Преобразовательная техника. М.: Высшая школа, 1978. — 422 с.
4. Сегеда М.С. Моделирование электромагнитных процессов электрической сети со статическим тиристорным компенсатором: дис. ... канд. тех. наук. Львов, 1987. — С. 11—14.
5. Статические компенсаторы реактивной мощности в электрических системах. Под ред. И.И. Каргашева. М.: Энергоатомиздат, 1990. — 174 с.

СЕКЦИЯ 12.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЛЯ ОХРАНЫ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Любимова Наталья Сергеевна

*канд. техн. наук, доцент, ТвГТУ,
г. Тверь*

E-mail: nslyubim@yandex.ru

Матвеев Юрий Николаевич

*профессор, д-р техн. наук, ТвГТУ,
г. Тверь*

AUTOMATED SYSTEM OF MANAGEMENT OF ELECTROMAGNETIC SAFETY FOR THE PROTECTION OF WORKERS OF THE ENTERPRISE

Natalia Lyubimova

*candidate of Technical Sciences, associate Professor, TSTU,
Tver*

Yuri Matveyev

*professor, Doctor of Technical Sciences, TSTU,
Tver*

АННОТАЦИЯ

В статье обоснована актуальность проблемы электромагнитной безопасности работников предприятий. Также изложены принципы управления охраной труда, основные функции, задачи, принципы построения автоматизированной системы управления электромагнитной безопасностью.

ABSTRACT

In the article the urgency of the problem of electromagnetic safety of workers in enterprises. Also describes the principles of Osh management, basic functions, tasks, principles of construction of the automated control system of electromagnetic safety.

Ключевые слова: охрана труда; система управления; электромагнитная безопасность; профессиональный риск; безопасность; условия труда; электроустановки; функциональное состояние; прогнозирование; оценка; контроль; картографирование; воздействие; принципы создания

Keywords: work safety; management system; electromagnetic safety; professional risk; safety; working conditions; electrical installation; functional condition; forecasting; evaluation; control; cartography; impact; principles of creation

Неудовлетворительное состояние охраны труда в Российской Федерации, медленные темпы снижения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования системы управления охраной труда, усиления деятельности по снижению уровня профессионального риска на производстве. «...в связи с огромным объемом прямых и косвенных затрат, которые несет общество, предприятия и люди вследствие плохих условий труда, производственного травматизма и профессиональных заболеваний, лучше и дешевле предотвращать их, чем выплачивать компенсацию ущерба и тратить средства на ликвидацию чрезвычайных ситуаций» [4].

В докладе Международной организации труда (МОТ), посвященному Международному Дню охраны труда, отмечено: «Происходящие вследствие быстрой глобализации технические, социальные и организационные перемены на рабочем месте сопровождаются появлением новых рисков и вызовов. ... К новым рискам относятся ... воздействие электромагнитного излучения и психосоциальные риски» [3].

В соответствии с п. 3.1.1 инструкции МОТ «работодатели должны периодически осуществлять оценку опасностей и рисков для безопасности труда и здоровья, возникающих от опасных факторов окружающей среды, на каждом постоянном или временном рабочем месте, а также принимать меры контроля, необходимые для предотвращения этих опасностей и рисков или уменьшения их до минимального уровня» [2].

Для снижения этих рисков необходимо совершенствовать систему управления охраной труда, в первую очередь, путем автоматизации ее функций.

Нормативно-правовой базой для разработки и применения СУОТ являются документы:

- Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»;

- Трудовой кодекс РФ;
- Постановления Правительства РФ по вопросам охраны труда;

- ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования» (введен в действие с 1 июля 2009 г.) (опирается на Руководство по системам управления охраной труда МОТ СУОТ 2001);

- ГОСТ Р 12.0.007-2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования по разработке, применению и совершенствованию» (с 1 июля 2010 г.);

- ГОСТ Р 12.0.008-2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Проверка (аудит)» (с 1 июля 2010 г.);

- ГОСТ Р 12.0.010-2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков» (с 1 января 2011 г.).

В своих исследованиях д. т. н. Карнаух Н.Н., директор Открытого института охраны труда, промышленной безопасности и экологии Академии труда и социальных отношений, обобщил многолетний опыт работы по совершенствованию охраны труда в РФ, а также опыт по разработке и внедрению систем управления охраной труда, промышленной безопасностью и экологией в ведущих организациях страны и обосновал и сформулировал 18 принципов управления безопасностью и охраной труда [1].

К ним относятся:

- создание новой культуры охраны труда (безопасность является одним из приоритетов организации);
- обязательное непрерывное обучение кадров в области охраны труда; поощрение стремления к образованию и совершенствованию;
- обучение лидерству и приверженности руководителей вопросам охраны труда (безопасность — успех бизнеса организации, она прибыльна);
- разработка программ морального и материального поощрения работников, отказ от приоритета наказаний за любые ошибки персонала, в т. ч. не приведшие к травмам и аварийным ситуациям;
- коллегиальное решение проблем обеспечения безопасности на всех стадиях жизненного цикла предприятия (разрушение барьеров между подразделениями и людьми, в них работающими);
- создание в организации хорошего социального климата доверия, партнерства и взаимного уважения как по вертикали, так и по горизонтали (обеспечение возможности работникам гордиться своим трудом и его результатами; устранение ситуаций, которые «обкрадывают» рабочих, специалистов и руководителей, лишая их этой возможности);
- переход от контроля обеспечения безопасности к управлению безопасностью;
- определение роли, ответственности и полномочий в области обеспечения безопасности каждого работника;
- управление изменениями и распределение ответственности за выполнение этой процедуры (изменениями в производственном процессе и используемом оборудовании, сооружениях, составе используемых веществ и применении новых материалов, осуществлении экспериментальных работ, проектах в действующих цехах и структуре управления);
- доведение до всех работников организации политики руководства в области охраны труда;
- регулярное проведение поведенческого аудита безопасности (поведенческий аудит безопасности направлен на определение, обнаружение и исключение отклонений, вызванных неправильным, несоответствующим и (или) опасным поведением персонала, и содействует закреплению правильного поведения);

- введение приоритета закупки оборудования и средств индивидуальной защиты по их функциональным свойствам, а не по их цене;

- улучшение каждой процедуры обеспечения безопасности (в соответствии с OHSAS 18001-2007 в организации должны быть процедуры, предусматривающие идентификацию опасностей, оценку рисков, определение законодательных и иных нормативных правовых требований, создание осведомленности, организацию обучения и информирования, управление документацией и др., включая управление аварийными ситуациями и внутренний аудит);

- постоянное определение целей и их достижение в соответствии с политикой, направленной на последовательное улучшение условий и охраны труда, разрабатываемой на основе информации о функционировании СУОТ, результатах оценки риска и выявленных несоответствий;

- определение методов оценки результативности работы в области охраны труда;

- организация регулярного проведения Дней безопасности труда с целью привлечения внимания органов власти, работодателей и всех работников организации к проблемам предотвращения несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

- отказ от пустых лозунгов, призывов по охране труда (ориентация коллектива организации на перспективу достижения поэтапной полной безопасности за счет реализации конкретных мероприятий);

- переход на интегрированное управление охраной труда, экологической и промышленной безопасностью.

Однако, существенным недостатком всех систем управления ОТ следует считать, что любая СУОТ уделяет большее «внимание безопасности, чем охране здоровья, что создает опасность пропустить начало профессиональных заболеваний. Поэтому надзор за состоянием здоровья работников следует включать в состав системы как важное и эффективное средство контроля в долгосрочной перспективе. Как указано в Конвенции № 161 о службах гигиены труда (1985 г.) и соответствующей Рекомендации (№ 171), соответствующие службы должны быть составной частью СУОТ» [4].

Таким образом, целесообразно добавить 19-й принцип управления охраной труда — надзор за состоянием здоровья работников, являющийся важным и эффективным средством контроля производственной безопасности в долгосрочной перспективе (создание на предприятиях служб гигиены труда).

Основные задачи, решаемые системой управления ОТ, — это анализ и управление производственными рисками. К руководящим принципам, регулирующим порядок выполнения данных процедур, относятся «прогнозирование, учет, оценка и контроль опасностей, возникающих или связанных с рабочим местом и способных подорвать здоровье и благополучие работников» [4].

Опасность на рабочих местах создают электроустановки (ЭУ) различного назначения и напряжения: трансформаторные подстанции, воздушные и кабельные линии, производственные электроустановки, ПЭВМ, электрифицированный транспорт (троллейбусы, трамваи, электропоезда), лифты, средства мобильной связи и др. Все электроустановки являются генераторами электромагнитных излучений (ЭМИ), в зону действия которых попадают не только обслуживающий персонал, но и работники, находящиеся рядом с оборудованием — источником ЭМИ. Кроме того, электромагнитные поля воздействуют на окружающую природную среду и на население близлежащей сельтебной зоны.

Всех работников можно классифицировать: по полу, возрасту, физическому (одна из характеристик его здоровья: имеющиеся заболевания, противопоказания и т. д.) и физиологическому (функциональное состояние организма работника, возникающее под влиянием его трудовой деятельности) состоянию, стажу, профессии (непосредственно обслуживающий ЭУ или находящийся рядом с электроустановкой), по времени нахождения около электроустановки или ее непосредственного использования, сложность работы, профессиональное обучение и др.

Учитывая вид ЭУ, классификационную группу, уровень (дозу) электромагнитного воздействия, последствия влияния ЭМИ на физическое и функциональное состояние работника (в том числе и статистические данные) возможно осуществить прогнозирование электромагнитной обстановки с разработкой ЭМИ-карты рабочего места и наряда-допуска на проведение работ с рекомендациями по минимизации риска ЭМИ-воздействий на организм работника. Иными словами, спрогнозировать предельно допустимое электромагнитное воздействие на организм конкретного работника за допустимое время работы на безопасном расстоянии от электроустановки.

Учет, оценка и контроль электромагнитных воздействий на работника и основанное на них прогнозирование электромагнитной обстановки должны быть направлены на минимизацию профессиональных рисков воздействия электромагнитных излучений на функциональное состояние человека-оператора, т. е. необходима

разработка системы управления электромагнитной безопасностью (СУЭБ).

Основными принципами создания СУЭБ являются:

1. системный подход, обеспечивающий создание СУЭБ на базе взаимоуязванных технических, информационных и программных средств, правил, стандартов и протоколов взаимодействия, сбора, обработки и обмена информацией, единой политики обеспечения безопасности информации;

2. создание и применение СУЭБ, как многофункциональной распределенной системы, построенной на единой информационной основе;

3. комплексное, согласованное по целям, задачам, месту и времени управление структурными подразделениями предприятия;

4. гибкость и адаптивность к изменениям задач, состава и структуры СУЭБ;

5. создание и поддержание единого защищенного информационного пространства;

6. рациональное сочетание централизованного и децентрализованного управления электромагнитной безопасностью;

7. совместимость на соответствующем уровне с системами управления охраной труда и предприятия в целом;

8. мобильность элементов СУЭБ, обеспечение оперативного, непрерывного и устойчивого управления электромагнитной безопасностью предприятия;

9. иерархичность построения СУЭБ в соответствии с организационно-штатной структурой предприятия;

10. поэтапное комплексное создание СУЭБ в соответствии с планами улучшения условий труда и развития производства;

11. открытость, обеспечивающая дальнейшее усовершенствование СУЭБ, включая изменение ее состава, расширение и обновление функций, без нарушения функционирования;

12. стандартизация и унификация, обеспечивающие сокращение затрат на создание СУЭБ путем применения типовых, унифицированных и стандартизованных проектных решений, технических, информационных и программных средств;

13. эффективность, обеспечивающая достижение рационального соотношения между затратами на создание СУЭБ и целевыми эффектами, получаемыми в результате ее эксплуатации;

14. эргономичность, простота и удобство эксплуатации.

Разработка мероприятий по защите обслуживающего персонала от ЭМИ является сложной научно-технической проблемой, которая

может быть разрешена, в частности, созданием автоматизированной СУЭБ предприятия.

Список литературы:

1. Карнаух Н.Н. Принципы управления охраной труда. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.trudohrana.ru/practice/detail.php?ID=1113> (дата обращения 30.08.2013).
2. Окружающие факторы на рабочем месте. Инструкция МОТ. Женева, МОТ. Бюро Международной Организации Труда, 2001 г. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.ilo.org/public/russian/region/euro/moscow/info/publ/ambientfactors.pdf> (дата обращения 12.10.2013).
3. Профилактика профессиональных заболеваний. Всемирный день охраны труда 28 апреля 2013 года. МОТ, 2013. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.otsz.by/news.php?id=9648> (дата обращения 12.10.2013).
4. Система управления охраной труда: путь к непрерывному совершенствованию. Доклад МОТ к Всемирному дню охраны труда — 2011/МОТ, Группа технической поддержки по вопросам достойного труда и Бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. М.: МОТ, 2011 г., — 32 с.

**НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ БАЗА
И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Мартемьянов Владимир Артемьевич

*канд. техн. наук, доцент, ТвГТУ,
г. Тверь*

Любимова Наталья Сергеевна

*канд. техн. наук, доцент, ТвГТУ,
г. Тверь*

E-mail: nslyubim@yandex.ru

**NORMATIVE AND METHODOLOGICAL
FRAMEWORK AND ECOLOGICAL SAFETY
OF MAIN ROADS**

Vladimir Martemyanov

*candidate of Technical Sciences, associate Professor, TSTU,
Tver*

Natalia Lyubimova

*candidate of Technical Sciences, associate Professor, TSTU,
Tver*

АННОТАЦИЯ

В статье приводится анализ нормативной и методической базы в области экологической безопасности и рационального природопользования при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог, указаны пути их совершенствования.

ABSTRACT

This article provides an analysis of regulatory and methodological framework for ecological safety and environmental management, used in the design and operation of Main Roads, also the ways of its improvement are shown.

Ключевые слова: автомобильная дорога; негативное воздействие; экологическая безопасность; экологическая экспертиза; нормативы; методики.

Key words: main road; negative impact; ecological safety; environmental assessment; standards; procedures.

Анализ законодательных актов показал, что природоохранное законодательство в Российской Федерации базируется на положениях ограничительного и запретительного характера. Оно не развивает нормы, предусматривающие механизмы реализации в экономике и контрольно-надзорной деятельности принципа наилучших доступных технологий. В этих условиях не удастся обеспечить экологическую безопасность объектов дорожной инфраструктуры и минимизировать возможные риски.

Поэтому Российское природоохранное законодательство необходимо приводить в соответствие с международной практикой, когда обладание или эксплуатация определенного промышленного оборудования (объекта) может привести к обязательству компенсации вреда. Необходимо совершенствовать законодательство, регулирующее нормативное обеспечение совершенствования способов определения объема убытков, причиняемых загрязнением окружающей среды. Прежде всего, следует обеспечить строгое соблюдение действующего природоохранного законодательства. Для этого необходимо принять четкий административный регламент, регулирующий все действия государственных служащих при проведении экспертиз, проверок и обнаружении правонарушений в области охраны окружающей среды. К сожалению, экологический аудит и обязательное страхование рисков в дорожной отрасли не используются из-за отсутствия необходимой и достаточной нормативной правовой базы. Кроме того, принятый в 2006 г. Градостроительный кодекс (Закон от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ) и Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г. сделали процедуру Государственной экологической экспертизы проектов строительства объектов дорожной инфраструктуры, которая существовала до этого, необязательной. Осуществляемая в рамках единой Главной государственной экспертизы (ГГЭ) оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) носит рекомендательный характер и не влияет на ход реализации проекта. Все это привело к резкому снижению качества ОВОС проектов автомобильных дорог [3].

Например, в большинстве проектов отсутствует раздел ОВОС для обоснования мероприятий по минимизации рисков возникновения

аварий и чрезвычайных ситуаций, связанных с инцидентами при перевозке опасных грузов. Возможный ущерб, наносимый крупными авариями и чрезвычайными ситуациями экономике, окружающей природной среде, жизни и здоровью людей не оценивается. Не оцениваются и затраты на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций.

Действующие отраслевые нормативные документы не предусматривают оценку и обоснование мероприятий по снижению фрагментации ландшафта, отчуждения ценных в природоохранном отношении угодий, негативного визуального воздействия трассы дороги и дорожной инфраструктуры на окружающую среду [4].

Рекомендуемые в настоящее время методики оценки загрязнения воздуха даже на перспективу не учитывают нормы выбросов ЕВРО — 4, 5, 6. Это существенно затрудняет принятие адекватных природоохранных решений. Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере выполняется по Методике ОНД-86, разработанной более 30 лет назад для высоких дымовых труб, и ее использование для низких (высотой до 1,5 м) линейных источников выбросов (автомобилей) дает большие погрешности. Это приводит к ошибкам при назначении протяженности санитарно-защитной зоны автодороги по фактору загрязнения атмосферного воздуха.

Акустический расчет транспортных магистралей и эффективности средств шумозащиты регламентируются рядом одновременно действующих отраслевых документов [1, 3, 4], которые дают 30 % разброса значений уровней шума в одной и той же точке. Это часто приводит к ошибкам при назначении защитных мероприятий. Поэтому необходима разработка требований к шумозащитным экранам, применяемым при строительстве и реконструкции автомобильных дорог различных категорий, методам их расчета и оценкам эффективности в процессе эксплуатации.

Такие материалы, как мусор от уборки придорожной полосы, отходы асфальтобетона и (или) асфальтобетонной смеси в кусковой форме, отходы битума, асфальта, отфрезерованная асфальтобетонная крошка, отнесены к отходам четвертого класса опасности. В результате, дорожным организациям необходимо получать лицензии на работы с такими отходами, разрабатывать лимиты размещения отходов (ЛПРО), оплачивать размещение их на полигонах [2]. Но эти материалы (кроме мусора) являются ценным вторичным сырьем и могут использоваться при строительстве дорог. При выявлении случаев такого использования органы Госприроднадзора налагают на дорожные организации штрафные санкции.

Для исправления ситуации следует разработать и согласовать Регламент обращения с отходами при строительстве, ремонте

и содержании автомобильных дорог, а также Каталог наиболее эффективных доступных технологий утилизации отходов.

Системы экологического менеджмента, основанные на стандартах серии ИСО 14000, в дорожных организациях практически не используются. Для исправления ситуации необходимо разработать и внедрить отраслевую информационно-статистическую систему, которая содержит индикаторы экологического состояния и функционирования дорожного хозяйства России, а также использование данных индикаторов при оценке эффективности работы органов управления дорожным хозяйством.

Из всего вышесказанного следует, что необходимо восстановить экологическую классификацию автомобильных дорог и требования по объему и содержанию природоохранных документов, входящих в ОВОС, а также их обязательную государственную экспертизу.

Большинство расчетных методик оценки влияния автомобильной дороги на окружающую среду устарели и требуют актуализации. Необходимо разработать ряд новых нормативных методических документов, в том числе методик расчетной оценки негативного воздействия дорог, дорожно-строительных машин и оборудования, объектов дорожной инфраструктуры на окружающую среду, обоснование мер инженерной защиты. При обосновании таких мер можно использовать международные стандарты (технические требования), наилучшие доступные технологии, адаптированные к разнообразным условиям развития дорожной отрасли России. Кроме того, необходимо обеспечить максимальную доступность современных конструктивных решений и технологий для проектировщиков путем разработки электронных каталогов типовых и рекомендуемых природозащитных решений с обязательным обеспечением свободного доступа к ним.

Список литературы:

1. Защита от шума. Sound protection: СНиП 23-03-2003: введ. в действие с 01.01 2004. СПб.: ДЕАН, 2004. — 80 с.
2. Пшенин В.Н. Особенности обращения с грунтами как отходами // Красная линия. Дороги. — 2009. — № 8. — С. 12—15.
3. Трофименко Ю.В., Гракович В.Ф. О соответствии нормативной и методической базы современным экологическим требованиям при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог в России // Безопасность в техносфере. — 2012. — № 2 (35). — С. 59—64.
4. Экология. Транспортное сооружение и окружающая среда / под ред. Ю.В. Трофименко. М.: Академия, 2008. — 400 с.

РАЗРАБОТКА МОТОВ СЕНСОРНОЙ СЕТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАГАЗОВАННОСТИ ЗДАНИЙ

Сергушев Алексей Геннадьевич

*канд. техн. наук, ведущий инженер-программист
отдела систем безопасности ОАО «Авангард»,
г. Санкт-Петербург
E-mail: ags@pochta.ru*

DEVELOPMENT OF SPENDTHRIFTS OF THE TOUCH NETWORK FOR THE MONITORING SYSTEM OF THE GAS CONTAMINATION BUILDINGS

Alexey Sergushev

*candidate of Science, Leading Engineer Programmer Systems
of Safety department JSC «Avangard»,
St.-Petersburg*

АННОТАЦИЯ

Представлены подходы к построению кластеров сенсорной сети для системы мониторинга загазованности зданий на базе сетевой технологии ZigBee. Рассматривается идеология и архитектура сенсоров системы мониторинга загазованности и кластеров сенсорной сети на их основе для построения сети ZigBee.

ABSTRACT

Approaches to creation of clusters of a touch network for system of monitoring of a gas contamination of buildings on the basis of the network ZigBee technology are presented. The ideology and architecture of sensors of system of monitoring of a gas contamination and clusters of a touch network on their basis for creation of the ZigBee network is considered.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, персональные беспроводные сети.

Keywords: wireless sensor network, wireless personal area network.

Базовым элементом беспроводной сенсорной сети для системы мониторинга загазованности зданий являются кластеры, представляющие собой группы газосигнализаторов, объединенные проводными линиями связи по интерфейсу RS-485 на базе блока контроля (БК) (рис. 1).

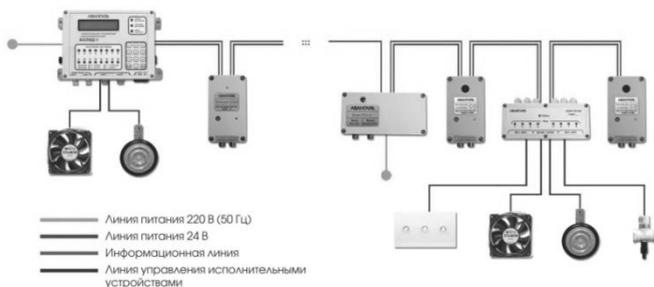


Рисунок 1. Кластер беспроводной сенсорной сети системы мониторинга загазованности зданий, состоящий из группы газосигнализаторов и исполнительных устройств, объединенных проводными линиями связи по интерфейсу RS-485 на базе блока контроля (БК)

Блок контроля оснащен встроенным буквенно-цифровым дисплеем, клавиатурой и 30 светодиодами (рис. 2). Светодиодное панно «Состояние датчиков» показывает состояние устройств, подключенных к блоку контроля. Клавиатура и буквенно-цифровой дисплей позволяют оператору управлять работой системы локально.



Рисунок 2. Блок контроля кластера беспроводной сенсорной сети системы со встроенным буквенно-цифровым дисплеем, клавиатурой и 30 светодиодами

Блок реле (рис. 3) предназначен для включения или выключения различных исполнительных устройств по командам от блока контроля. Блок реле может быть локальный или глобальный. Локальный блок реле включается в линию связи нижнего уровня вместо датчика. Глобальный блок реле включается в линию связи верхнего уровня и требует подключения дополнительного блока питания.

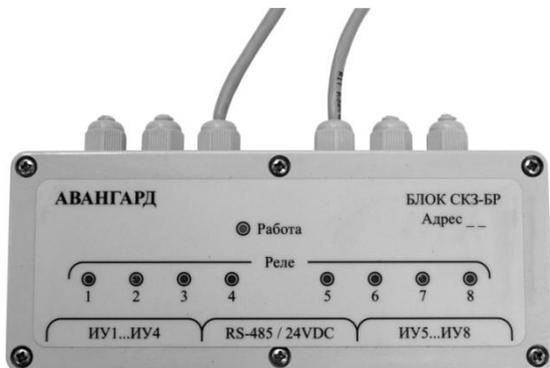


Рисунок 3. Блок реле кластера беспроводной сенсорной сети системы

В качестве датчиков используются газосигнализаторы ИГС-98 (рис. 4), АВУС-ДГ-01 (рис. 5), АВУС-ДТ (рис. 6), обеспечивающие обмен информацией по интерфейсу RS-485 в соответствии с протоколом АВУС-СКЗ или MODBUS. Контролируемые газы представлены в табл.



Рисунок 4. Газовый датчик ИГС-98



Рисунок 5. Газовый датчик АВУС-ДГ-01



Рисунок 6. Газовый датчик АВУС-ДТ

Построение системы мониторинга загазованности на базе технологии беспроводных сенсорных сетей ZigBee, в целом, позволяет обеспечить следующие преимущества системы [1]:

1. гибкость конфигурации при установке системы;
2. снижение трудозатрат на монтаж, пусконаладку и сопровождение;
3. простота наращивания системы;
4. высокая отказоустойчивость.

Однако построение беспроводной сенсорной сети для системы мониторинга загазованности имеет некоторые принципиальные

особенности. Интервал опроса газового датчика в системе контроля загазованности может быть менее 100 мс при том, что время реакции на превышение допустимой концентрации газа в системе должно быть не более двух периодов опроса газового датчика. При столь жестких требованиях к временным параметрам прямое включение в систему газовых датчиков по беспроводному каналу крайне затруднительно. Дело в том, что беспроводная сеть, построенная на автономных батареях, не может поддерживать столь малые интервалы опроса отдельных газовых датчиков при условии обеспечения допустимого времени автономной работы. Исходя из этого применение технологии ZigBee для системы мониторинга загазованности возможно на уровне подключения кластера выделенного локального сегмента проводной сети газовых датчиков.

Таблица 1.

Газы, контролируемые системой

Контролируемое вещество		Диапазон измерения
Аммиак	NH_3	0...300 мг/м ³
Водород	H_2	0...3,7(2) % об.
Диоксид азота	NO_2	0...30 мг/м ³
Диоксид серы	SO_2	0...300 мг/м ³
Диоксид углерода	CO_2	0...5 % об.
		0...99 % об.
Кислород	O_2	0...30 % об.
		0...99 % об.
Метан	CH_4	0...3,7(2) % об.
Пары углеводородов	C_xH_y	0...2 % об.
Пропан	C_3H_8	0...2 % об.
Сероводород	H_2S	0...30 мг/м ³
Угарный газ	CO	0...300 мг/м ³
Формальдегид	H_2CO	0...8 мг/м ³
Хлор	Cl_2	0...30 мг/м ³
Хлористый водород	HCl	0...30 мг/м ³
Этанол	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	0...3.7(2) % об.
		0...30 г/м ³
		0...2,5 г/м ³
Метанол	CH_3OH	0...30 мг/м ³

Для решения этой задачи может быть использовано устройство преобразования и передачи информации (УППИ), представляющее собой оконечный терминал беспроводной сенсорной сети ZigBee (рис. 7).



Рисунок 7. Устройство преобразования и передачи информации (УППИ) в качестве оконечного терминала кластера беспроводной сенсорной сети на основе сетевой технологии ZigBee для системы мониторинга загазованности

Для организации беспроводной сети в состав оконечного терминала беспроводной сенсорной сети на основе протокола ZigBee включены маломощные радиочастотные приемопередатчики стандарта IEEE 802.15.4 не лицензируемого диапазона 2,4 ГГц. Дальность связи между соседними терминалами определяется условиями распространения сигналов и может достигать 500 м. Благодаря такому решению достигается более высокая степень надежности по сравнению с полностью проводной системой передачи данных от газовых датчиков и существенно снижается стоимость прокладки кабельных линий связи в рамках промышленного объекта, в целом.

Список литературы:

1. Миняков О.Л., Михайлов А.Н. ОАО «Авангард» — инновационные решения в области газовой безопасности. Сфера Нефтегаз, — 2011, — № 4, — С. 96—99.

СЕКЦИЯ 13.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

УГЛЕРОДНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ: ХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СУПЕРКОНДЕНСАТОРАХ

Елецкий Александр Валентинович

*д-р ф.-м. наук,
гл. научн. сотр. Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт»,
г. Москва
E-mail: eletskii@mail.ru*

Жицерман Владимир Юрьевич

*канд. ф.-м. наук, зав. лабораторией
Объединенного института высоких температур РАН,
г. Москва
E-mail: vz194@mail.ru*

Кобзев Георгий Анатольевич

*д-р ф.-м. наук, зав. отделом
Объединенного института высоких температур РАН, г. Москва
E-mail: gkbz@mail.ru*

CARBON-BASED ENERGY NANOMATERIALS: SUPERCAPACITORS FOR ENERGY STORAGE

Eletskii Aleksandr

*doctor of Science, Chief Researcher,
Russian Research Centre “Kurchatov Institute”,
Moscow*

Zitserman Vladimir

*candidate of Science, leader of the laboratory,
Joint Institute for High temperatures, Russian Academy of Sciences,
Moscow*

Kobzev Georgy

*doctor of Science, leader of the department,
Joint Institute for High temperatures, Russian Academy of Sciences,
Moscow*

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 13-08-00404.

АННОТАЦИЯ

Суперконденсатор, способный функционировать как устройство для хранения электрической энергии, вызывает растущий интерес среди специалистов. В качестве кандидатных материалов для производства электродов рассматриваются, вследствие их уникальных свойств, углеродные наноматериалы, такие как: нанопористый углерод, углеродные нанотрубки и графен. Здесь суммированы недавние достижения в разработке и конфигурации электродных материалов, обеспечивающие максимальную производительность суперконденсатора, характеризуемую удельной мощностью, энергетическими параметрами и циклической стабильностью.

ABSTRACT

Supercapacitors which are attracting rapidly growing interest are important energy-storage devices. Carbon nanomaterials such as nanoporous carbon, nanotubes and graphene are considered as the potentially nanostructured electrode materials due to their excellent properties. We attempt to summarize recent research progress towards the design and configuration of electrode materials to maximize supercapacitor performance in terms of specific capacity, energy parameters and cycle stability.

Ключевые слова: суперконденсатор, псевдоемкость, наноматериалы, нанотрубки, графен.

Keywords: supercapacitors, pseudocapacity, nanomaterials, nanotubes, graphene.

Энергетика является одним из основных направлений применения нанотехнологий, где с их использованием связывают возможность новых методов генерации и хранения энергии при резком расширении диапазона рабочих параметров. Особенности заполнения электронных оболочек атома [1], привели к тому, что углеродные нанотрубки заняли одно из лидирующих мест среди перспективных наноматериалов. В работах авторов [2, 3] была описана компьютерная база данных (БД) по свойствам углеродных наноструктур. Данная работа выполнена в рамках проекта, целью которого является расширение БД охватом источников с надежной информацией по применению углеродных материалов в энергетике. При систематизации источников используются три основных критерия: вид наноматериала, сектор энергетики и функция, реализуемая применением наноматериала (генерация, преобразование, хранение энергии и т. п.).

В данной статье приведена в качестве примера типовая сводка, включаемая в БД для ориентации исследователей в вопросах использования углеродных наноматериалов для конкретного вида электрохимических устройств — суперконденсаторов (СК), выполняющих функцию накопления энергии. Электроды СК, реализующие накопление заряда в двойном электрическом слое на границе раздела электрода и электролита, должны иметь высокоразвитую поверхность (свыше $1000 \text{ м}^2/\text{г}$), чтобы обеспечить приемлемую для практики удельную энергию. Среди преимуществ СК над обычными аккумуляторами: устойчивая работа после 10^5 циклов при высокой скорости зарядки/разрядки; КПД свыше 95 %; малый вес и низкая токсичность материалов. При этом СК накапливают энергию за счет разделения заряда, в то время как аккумуляторы используют энергию химических реакций, что обуславливает различия в энергетике: для аккумуляторов удельная энергия менее 500 вт-час/кг, в то время как для СК эта величина менее 10 вт-час/кг. С другой стороны, СК могут достигать большей удельной мощности: 10^5 против 10^3 вт/кг для аккумуляторов.

Уже в первом патенте на СК, выданном в 1957 г., в качестве электрода был предложен пористый углерод, хотя размеры его пор превосходили на порядки наношкалу. Естественно, что в последние

годы все формы наноструктурированного углерода стали рассматриваться в качестве наиболее пригодных кандидатов для этой же цели. Опубликованы многочисленные обзоры, освещающие достижения последней декады, в частности [4, 6, 7, 11, 13].

Емкость СК на одной электродной поверхности $C = \varepsilon A/d$, где ε диэлектрическая постоянная электрического двойного слоя, A площадь поверхности электрода, d толщина двойного электрического слоя. Если тончайшие слои диэлектрика составляют 2—5 мкм, то разделение заряда в двойном слое составляет 1 нм, а типичное значение емкости двойного слоя составляет 10—20 мкф/см². Если использовать электроды с высокой удельной поверхностью (порядка 1000 см²/г), емкость может достигать 100 ф/г.

Исследован широкий круг углеродных материалов с высокой удельной поверхностью, включая активированный углерод, нанотрубки (УНТ) и графен. Характерные значения емкости для активированного углерода 40—140 ф/г, для УНТ 15—135 ф/г. Наибольшая емкость достигнутая в коммерческих продуктах (www.maxwell.com) составляет 130 ф/г, см. также таблицу 1.

Таблица 1.

Типовые значения параметров для углеродных наноматериалов [11]

Углеродный материал	Удельная площадь поверхности (м ² /г)	Удельная емкость, (ф/г)
Активированный углерод	1000÷3500	<200
Активированное углеродное волокно	1000÷3000	120÷370
<i>Templated</i> углерод	500÷3000	100÷350
Углеродный аэрогель	400÷1000	100÷125
УНТ	120÷500	15÷ 135
Материалы, основанные на графене (graphene based materials, GBM)	<1500	14÷264

Из всей группы выделяются углеродные криогели (полученные методом соль-гель) и аэрогель. Они имеют набор подходящих физических и эксплуатационных характеристик: хорошая проводимость, высокая поверхностная площадь, контролируемый состав в объеме и на поверхности, регулируемая пористая структура. Это определяет привлекательность гелей в качестве электродов в СК, обеспечивая высокие значения энергетической плотности

при длительной циклической стабильности. В частности, из аэрогеля (аморфного ультралегкого материала) удавалось сделать электрод с удельной поверхностью 400—1200 м²/г, который способен обеспечить емкость 325 Вт·час/кг и мощность порядка кВт/кг [5].

Достижимые рабочие параметры СК зависят не только от вида и пористой структуры, но и от обработки, которая увеличивает доступную поверхность или вводит поверхностные функциональные группы. Качественное улучшение возникает за счет так называемой *псевдоемкости*, при которой накопление энергии связано не с разделением заряда в двойном слое, а с химическими реакциями между электродом и электролитом (фарадеевскими реакциями). Они могут протекать в форме поверхностной адсорбции/десорбции ионов, в форме восстановительных реакций с электролитом или путем допирования электродного материала поверхностными функциональными группами. Для этой цели используются покрытия в виде проводящего полимера или активного восстановителя — окислов переходных металлов. Другой способ повышения эффективности — химическая модификация пористой структуры. Например, обработка углеродного геля N₃NBH₃, растворенным в тетрагидрофуране увеличивала долю больших пор и связанное с этим улучшение электрохимических свойств: емкость повышалась на 30 % за счет активных компонентов, обеспечивающих псевдоемкостный эффект. В то же время большая удельная поверхность и пористость существенны для высоких значений плотности тока и заряда конденсатора.

Выйти за рамки лабораторных испытаний позволило новое семейство углеродных материалов - производные карбидов (carbide-derived carbon, CDC) [4, 10]. В качестве типичного карбида используется карбид титана, трансформируемый в чистый углерод по реакции хлорирования, $TiC(solid)+2Cl_2(gas) \rightarrow C(solid)+TiCl_4(gas)$. За счет выбора *прекурсора* (состава и структуры карбида) и условий хлорирования удается варьировать распределение пор по размерам, пористый объем и удельную поверхность. Достигнута площадь порядка 3100 м²/г при характерном размере пор 3—10 нм, что делает CDC весьма обещающим материалом в разработке суперконденсаторов. Контроль за размером пор позволяет адаптировать структуру электрода к специфике конкретного электролита. В частности, когда размер пор сближается с размером десольватированного иона, наблюдается заметный рост емкости. Например, поры с размером менее 1 нм вносят вклад в емкость даже, когда сольватированный ион имеет больший размер. CDC электроды с хорошо подогнанной структурой пор способны на 75 % увеличить плотность энергии

в сравнении с обычным активированным углеродом. Фирма Skeleton Technologies (www.skeleton.com) выпустила на базе CDC целую линию коммерческих продуктов суммарной мощности от 2,5 до 10,4 кВт. Характерные параметры некоторых из образцов приведены в таблице 2. При этом выпускаемые приборы сохраняют работоспособность после 1 млн. циклов зарядки/разрядки конденсатора.

Таблица 2.

СК фирмы Skeleton Technologies

Марка	Удельная энергия, Вт·час/кг	Удельная мощность, Вт/кг	Масса, г	Емкость, ф
SKELCAP 2500	6.1	42.2	59	320
SKELCAP 7500	8.2	41.7	180	1300
SKELCAP 10400	10.1	26.5	390	3500

Широко исследуется также пригодность УНТ и графена в качестве основы для разработки электродов [4, 6, 7, 13]. В большинстве экспериментов с УНТ удавалось достичь емкости примерно до 200 ф/г при использовании в качестве электролита H_2SO_4 или КОН. На многослойных УНТ с удельной поверхностью 430 м²/г достигалась емкость 113 ф/г при использовании 40 % раствора H_2SO_4 . Хотя удельная поверхность УНТ заметно меньше, чем у активированного или мезопористого углерода (3000 или 1700 м²/г), их поры значительно доступнее для электролита, что определяет большие значения емкости. При емкости двойного слоя 20÷50 мкф/см² и поверхности в 400 м²/г, удельная емкость СК составляет 80÷200 ф/г, что соответствует опытным данным и заметно выше, чем при использовании активированного углерода. Предложен ряд конструктивных и технологических решений для улучшения рабочих характеристик: 1) наращивание или осаждение УНТ прямо на токовый коллектор, что сокращает контактное сопротивление и усиливает производительность из-за меньшего числа примесей, чем при полимерной связующей; 2) использование гибридных композитов, полученных комбинацией УНТ с окислами переходных металлов или электропроводных полимеров, которые приносят эффект *псевдоемкости*, в то время как УНТ играют роль идеальной основы и хорошего проводника; 3) комбинация возможностей СК и Li-ионной батареи путем сочетания катода из УНТ и анода из TiO₂-B, что дает двукратный рост энергоемкости при сравнении с СК, использующим УНТ для обоих электродов (12 против 6 Вт·час/кг); 4) замена

случайной конфигурации УНТ в электроде на регулярную (vertical aligned), что облегчает доступность поверхности и процесс зарядки/разрядки каждой из УНТ.

Достаточно широко исследовалась пригодность в качестве электродов графена и, так называемых, graphene based materials (GBM) [4, 9]. Типичное значение емкости при использовании графена составляет 100 ф/г. Усилить его электрохимический потенциал можно путем модификации структуры или допирования. Важный момент при этом — избежать агломерации отдельных листов, чтобы не допустить снижения доступной поверхности. В работе [12] для этих целей использовалась реакция восстановления «газ-твердое тело», что позволило достичь емкости 205 ф/г при водном электролите. По величине удельной энергии (28,5 Вт·час/кг) такой СК превосходит аналоги, созданные на базе УНТ. Другой способ — использование искривленного графена, позволил увеличить этот параметр до 85,6 Вт·час/кг при комнатной температуре и 136 Вт·час/кг при 80 °С [8]. Наилучшие перспективы, однако, имеет, не сам графен, а композитные материалы, полученные при его комбинировании с другими наноматериалами. Авторы обзора [4] в качестве таких композитов, опробованных для СК, называют: графен (или оксид графена)/полианилин; графен/УНТ, графен/УНТ/полианилин; графен/оксид металла; графен/гидроксид металла; графен-Sn₃S₄. Например, композитный электрод из полимерного проволочного каркаса, отстроенного вертикально на листах из оксида графена, обеспечивает более высокую емкость и лучшую стабильность в сравнении с индивидуальными компонентами.

Приведенный материал относится к основному типу CR, использующих накопление заряда в двойном электрическом слое (EDLC). Между тем, есть и другой тип конденсаторов, использующих *псевдоемкость*, эффект, который частично использовался для усиления EDLC. Конденсатор, полностью основанный на этом эффекте, способен обеспечить большую емкость, но имеет худшие энергетические характеристики и заметно меньший жизненный цикл [9]. Типовые материалы, используемые в псевдоконденсаторах — оксиды переходных металлов (чаще всего RuO₂) и проводящие полимеры. Углеродные наноматериалы (активированный углерод, мезопористый углерод, УНТ, графен и его оксид) использовались в качестве допирующих компонентов к полимерной матрице. Хорошие результаты удавалось также получить, формируя композит типа оксид металла/графен, где в качестве оксида использовались такие соединения как SnO₂, ZnO, RuO₂, Mn₃O₄, Co₃O₄, Fe₃O₄.

Список литературы:

1. Бражкин В.В. Межчастичное взаимодействие в конденсированных средах: элементы «более равные, чем другие»// Успехи физических наук. — 2009. — Т. 179. — № 4 — С. 393—401.
2. Елецкий А.В., Еркимбаев А.О., Зицерман В.Ю., Кобзев Г.А., Трахтенгерц М.С. Теплофизические свойства наноразмерных объектов: систематизация и оценка достоверности данных// Теплофизика высоких температур. — 2012. — Т. 50. — № 4. — С. 524—532.
3. Еркимбаев А.О., Зицерман В.Ю., Кобзев Г.А. Систематизация данных по физико-химическим свойствам и применению углеродных наноструктур// Теплофизика высоких температур. — 2010. — Т. 48. — № 6. — С. 869—876.
4. Candelaria S.L. et al. Nanostructured carbon for energy storage and conversion//Nano Energy. — 2012. — V. 1. — P. 195—200.
5. LaClair M. Replacing Energy Storage with Carbon Aerogel Supercapacitors. Power Electronics, Feb 1, 2003, Cooper Electronic Technologies, Boynton Beach, Fl.
6. Li Jian, Cheng Xiao qian, Shashurin A., Keidar M. Review of Electrochemical Capacitors Based on Carbon Nanotubes and Graphene// Graphene. — 2012. — V. 1. — P. 1—13.
7. Li X., Wei B. Supercapacitors based on nanostructured carbon // Nano Energy. — 2013. — V. 2. — P. 159—173.
8. Liu C. et al. Graphene-Based Supercapacitor with an Ultrahigh Energy Density//Nano Lett. — 2010. — V. 10. — № 12. — P. 4863—4868.
9. Luo B., Liu S.M., Zhi L.J. Chemical Approaches toward Graphene-Based Nanomaterials and their Applications in Energy-Related Areas // Small. — 2012. — V. 8. — № 5. — P. 630—646.
10. Presser V., Heon M., Gogotsi Y. Carbide-Derived Carbons From Porous Networks to Nanotubes and Graphene// Advanced Functional Materials. — 2011. — V. 21. — № 5. — P. 810—833.
11. Sun Y., Wu Q., Shi G. Graphene based new energy materials// Energy & Environmental Science. — 2011. — V. 4. — P. 1113—1132.
12. Wang Y. et al. Supercapacitor Devices Based on Graphene Materials//J. Phys. Chem. C. — 2009. — V. 113. — № 30. — P. 13103—13107.
13. Yu G. et al. Hybrid nanostructured materials for high-performance electrochemical capacitors // Nano Energy. — 2013. — V. 2. — P. 213—234.

УПРАВЛЯЕМАЯ МИКРОПОЛОСКОВАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СВЧ НАНОСХЕМ

Копылов Алексей Филиппович

*канд. техн. наук, доцент кафедры Радиотехника
Института инженерной физики и радиоэлектроники
Сибирского федерального университета,
г. Красноярск*

E-mail: kopaph@yandex.ru

Копылова Наталья Алексеевна

*инженер-программист
Межшкольного методического Центра Октябрьского района,
г. Красноярск*

E-mail: kopaph@yandex.ru

CONTROL MICROSTRIP LINE FOR NANO-CHIPS SOLID STATE COMPONENTS REALIZATION

Alexei Kopylov

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Radio Technical
Department of Physicists and Radio Technicians Engineering
of Siberian Federal University,
Krasnoyarsk*

Natalia Kopylova

*part-programming engineer Methodological centre of October district,
Krasnoyarsk*

АННОТАЦИЯ

Обсуждается возможность использования отрезков управляемой микрополосковой линии передачи на полупроводниковой подложке с активным слоем полупроводника (УМПЛ) в качестве универсального элемента в составе СВЧ аналоговых микросхем с наноразмерами (СВЧ наносхем). Отрезки УМПЛ могут выполнять функции электрически управляемых линий передачи, резонаторов, фильтров, смесителей, весовых устройств фазированных антенных решеток, корректоров

группового времени запаздывания. Приведена конструкция УМПЛ, управляемой наведенным электрическим полем и не содержащей управляющих контактов по постоянному току.

ABSTRACT

In this paper we discuss the use of Control Micro-Strip transmission Line made on Semiconductor Substrate (CMSLSS) sections in the capacity of universal components in composed of analogue microwave nano chips. MSLSS made on active semiconductor layer. Sections of MSLSS can perform next functions: the electrical control transmission lines; resonators; filters; frequency mixers; weight devices for phase area and delay time equalizers. In this paper show the structure of CMSLSS which control by induced electric field and not contained control contacts to active semiconductor layer.

Ключевые слова: управляемая микрополосковая линия передачи на полупроводниковой подложке (УМПЛ); СВЧ наносхемы.

Keywords: Control Micro-Strip transmission Line made on Semiconductor Substrate (CMSLSS); microwave nano chips.

В любой области науки и техники важным вопросом всегда является вопрос об объектах, подлежащих реализации в этой области, иными словами, об элементной базе рассматриваемой области. Аналогичный вопрос актуален и для современной нанoeлектроники. Целью настоящей работы является информирование научной общест-венности СФУ, интерес которой лежит в области нанотехнологий, о некоторых возможностях реализации большого класса радиоэлект-ронных устройств с использованием этих технологий.

Дело в том, что в области сверхвысоких частот (СВЧ), в частности, в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн, существуют определенные проблемы при реализации тех или иных элементов устройств, связанные с выполнением размеров этих элементов, а также подложек устройств с размерами, которые относятся к классу «наноразмеров» — от 1 мкм и менее. Эти проблемы, на наш взгляд, как нельзя лучше, могут быть решены с использованием различных элементов нанотехнологических процессов. В частности, частотный диапазон наиболее удобной и часто используемой на СВЧ линии передачи — микрополосковой — можно увеличить до 100 ГГц при использовании диэлектрических подложек толщиной 100 нм и менее. Частотный диапазон работы активных элементов традиционного типа (транзисторы, диоды, микросхемы традиционных схемотехнических решений) также очень существенно

увеличивается, что дает дальнейшую возможность использовать хорошо отработанную относительно низкочастотную схемотехнику при реализации этих элементов и устройств.

На рисунке 1 мы показали возможную классификацию направлений развития схемотехники в области СВЧ нанoeлектроники. Термин «нанoeлектроника» (и соответственно «наносхемы», «наносхемотехника») мы используем для обозначения множества элементов и схем с геометрическими размерами менее микрона по аналогии с термином «микроелектроника» (и соответственно «микросхемы», «микросхемотехника»), которое обозначает множество элементов и схем с геометрическими размерами порядка 100-1 мкм. На наш взгляд, возможны три направления развития СВЧ наносхемотехники:

- на основе переноса принципов микросхемотехники в область наносхемотехники для хорошо известных традиционных элементов (транзисторов, диодов и др.);
- на основе переноса принципов микросхемотехники нетрадиционных элементов СВЧ схем в область наносхемотехники для устройств, выполненных на основе модифицированных или оригинальных схемотехнических подходов (например, ряд устройств на основе электромагнитных волн в полупроводниковых СВЧ структурах, или на основе каких-либо иных принципов — с использованием магнитных полей и т. п.);
- на основе переноса принципов микросхемотехники в область наносхемотехники для устройств, использующей принципы функциональной электроники (волны носителей заряда, геликоновые и иные волны в полупроводниках или других материалах с особыми свойствами).

Первое из этих направлений (традиционные схемы СВЧ и их элементы с нанометрическими размерами) широко реализуется в настоящее время при разработке СВЧ транзисторов и диодов, а также наносхем на их основе [8]. Успех этого направления основан на том, что оно использует простое уменьшение размеров активных элементов до нанометрических величин на базе хорошо отработанных схемотехнических решений для СВЧ микросхем, что позволяет существенно улучшить широкополосность, увеличить верхние значения диапазона рабочих частот и быстродействие изготавливаемых наносхем. Также значительному успеху этого направления способствует широкое использование СВЧ наносхем в области вычислительной техники, что обеспечивает его коммерческий успех.

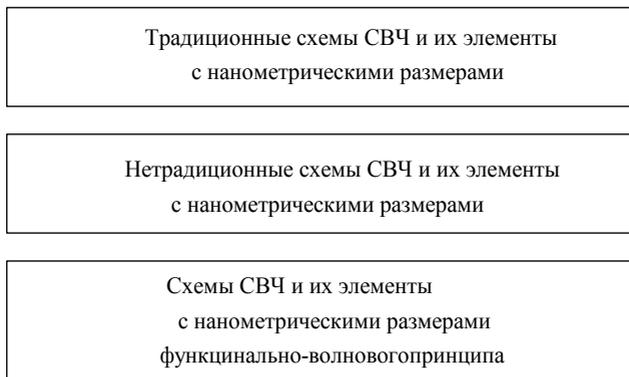


Рисунок 1 ***Схема классификации направлений развития наносхемотехники***

Второе направление (нетрадиционные схемы СВЧ и их элементы с нанометрическими размерами) использует несколько нетрадиционно известные свойства материалов и известную схемотехнику СВЧ аналоговых микросхем. Примером такого использования могут быть линии передачи на полупроводниковой подложке [1—4, 6, 7, 9—12].

Третье из возможных направлений развития наносхемотехники (схемы СВЧ и их элементы с нанометрическими размерами функционально-волнового принципа), основано на применении волновых или иных процессов в теле или на поверхности образцов материалов, обладающих некими особыми свойствами. К таким свойствам можно отнести, например, пьезокристаллы, обладающие пьезоэффектом, материалы, поддерживающие поверхностные и объемные акустические волны, полупроводники с теми или иными эффектами типа эффекта Ганна и волн носителей заряда, магнитные материалы, поддерживающие магнитостатические волны и т. п. Это последнее направление, очевидно, следует определить как «функциональная наноэлектроника» по аналогии с «функциональной микроэлектроникой» [5]. Оно является наиболее сложным, дорогостоящим и длительным по отношению к реальному выходу устройств направление реализации СВЧ наносхем. Представляется, что оно невозможно без масштабных фундаментальных исследований, которые в обозримом будущем вряд ли будут по средствам нашей стране, особенно в свете последних событий фактической ликвидации в нашей стране академической науки в существующем виде.

Нам представляется, что наиболее близким к практической реализации, за исключением первой группы направления наносхемо-

техники, оказывается вторая группа, в частности линии передачи на полупроводниковой подложке [1—4, 6, 7, 9—12]. На рисунке 2 показана конструкция управляемой микрополосковой линии (УМПЛ), содержащей полупроводниковую полуизолирующую подложку 1, на которой сформирован активный n-слой полупроводника 2, омические или Шоттковские управляющие контакты 3 и 4 для подачи напряжения управления на УМПЛ. Между омическими контактами расположена металлическая полоска 5 линии передачи, которая образует к активному n-слою 2 контакт Шоттки или имеет структуру металл-диэлектрик-полупроводник (МДП) при условии использования тонкого слоя диэлектрика 6. Обратная сторона подложки 1 имеет металлизацию 7. На входе УМПЛ включен генератор ЭДС \dot{E} с внутренним сопротивлением R_i , на выходе включена нагрузка R_L . Такую линию мы называем УМПЛ с управляющими контактами. Изменение параметров распространяющейся в УМПЛ электромагнитной волны осуществляется подачей постоянного напряжения U_0 на управляющие контакты 3 и 4 за счет наведенного на полоске 5 потенциала. Подробно конструкция УМПЛ с управляющими контактами описана в [4, 9, 12]. Там же приведена эквивалентная схема линии, методика её расчета [12] и результаты исследования физики механизмов управления её параметрами [4, 9].

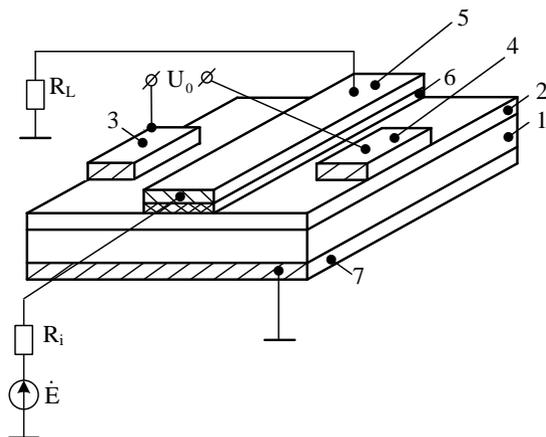


Рисунок 2. Управляемая микрополосковая линия передачи на полупроводниковой подложке (УМПЛ) с управляющими контактами

Используя УМПЛ [1, 2, 6, 7, 9—12], возможно реализовать целый ряд СВЧ устройств: частотоизбирательные структуры типа резонаторов и фильтров с управляемой добротностью [2, 7]; смесителей сигналов СВЧ в интегральном исполнении [6]; электрически управляемые аттенуаторы, фазовращатели и весовые устройства управления амплитудами и фазами для фазированных антенных решеток (ФАР) [1]; корректоры фазочастотных характеристик и частотных характеристик дельта-ГВЗ (изменения группового времени запаздывания) [10, 11].

Кроме УМПЛ с управляющими контактами [1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12], существует разновидность УМПЛ без управляющих контактов [10]. Исключить управляющие контакты 3 и 4 (рисунок 2) позволяет тот факт, что параметры линии передачи изменяются под действием электрического поля, наведенного на полоске 5 (рисунок 2), и наличие управляющих контактов не является обязательным условием работы УМПЛ. Кроме того, по той же причине протекание в линии управляющего тока не является обязательным.

Бесконтактная управляемая микрополосковая линия (БУМПЛ) показана на рисунке 3. Обозначения конструктивных элементов БУМПЛ, совпадающих с конструктивными элементами УМПЛ (рисунок 2), приняты одинаковыми, а управляющие контакты 3 и 4 (рисунок 2) на рисунке 3 просто исключены. Позиция 8 на рисунке 3 обозначает управляющую пластину, расположенную над полоской БУМПЛ.

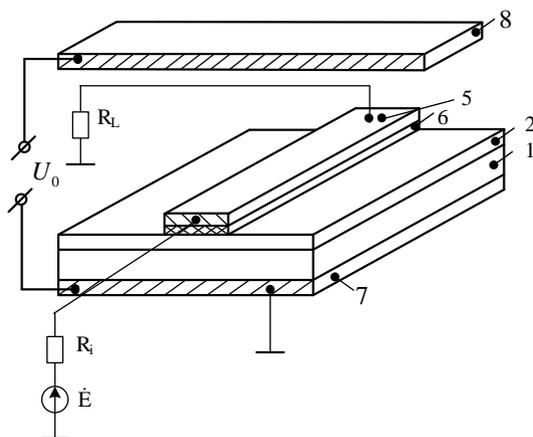


Рисунок 3. Бесконтактная управляемая микрополосковая линия передачи на полупроводниковой подложке (БУМПЛ)

Нам представляется, что УМПЛ и БУМПЛ могут быть использованы в качестве базовых элементов «функциональной СВЧ нанoeлектроники», позволяющих строить ряд элементов СВЧ наносхем [1, 2, 6, 7, 10, 11], имеющих одинаковую (универсальную) конструкцию и отличающихся режимами работы и значениями электрофизических параметров активного n -слоя (позиция 2 на рисунках 2 и 3) под полоской линии передачи. Для решения этой задачи ведутся работы по оптимизации параметров управляемой линии с целью реализации заданной ей функционального назначения [3], однако, основной проблемой, сдерживающей реализацию устройств такого типа, является наше технологическое отставание от общемирового уровня.

Список литературы:

1. Копылов А.Ф. Использование управляемой линии передачи для реализации весового устройства ФАР // Материалы 46-й научно-технич. конф., посвящ. Дню радио «Актуальные проблемы развития радиотехники, электроники, связи». Ленинград. 1991. — С. 16—17.
2. Копылов А.Ф. Усиление колебаний в СВЧ резонаторе на арсениде галлия / А.Ф. Копылов, А.Р. Попов, В.И. Ризуненко, А.В. Лукичев // Известия вузов МВ и ССО СССР. Радиоэлектроника. — Т. 28, — № 5. Киев — 1985. — С. 64—65.
3. Копылов А.Ф., Ярыгина О.Л. Оптимизация электрофизических параметров управляемой микрополосковой линии передачи на полупроводниковой Кrasноярск: Сибирский федеральный университет; 2009. — С. 148—150.
4. Копылова Н.А., Копылов А.Ф. Механизм управления характеристиками микрополосковой линии передачи на полупроводниковой подложке // Int. Siberian Conf. on Control and Communications SIBCON. September 15—16, 2011, Krasnoyarsk, Russia. — 978-1-4577-1070-4/11. — 2011 IEEE. — С. 425—428.
5. Попов А.Р., Копылов А.Ф., Никитин В.В., Дегилевич С.Н. Функционально-волновые устройства обработки информации на СВЧ / В кн.: Автоматизация устройств и систем сверхвысоких частот. Материалы Всесоюзного совещания-семинара. Красноярск, 1984, — с. 70—75.
6. Попов А.Р., Копылов А.Ф., Пеньков В.М., Фенькова Н.Б. Интегральный СВЧ смеситель на арсениде галлия // Сб. тез. докл. Всесоюзной научно-технич. конф. «Проблемы интегральной электроники СВЧ». Ленинград, 1984, — С. 183.
7. Попов А.Р., Копылов А.Ф., Шестаков А.А. Интегральный СВЧ фильтр с управляемой АЧХ // Сб. тез. докл. Всесоюзной научно-технич. конф. «Проблемы интегральной электроники СВЧ», Ленинград, 1984, — С. 85.

8. Hung S.-H., Cheng, K.-W., Wang, Y.-H. An Ultra-Broadband Subharmonic Mixer With Distributed Amplifier Using 90-nm CMOS Technology / IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, — V. 61, — № 10, — P. 3650—3657. — 2013.
9. Kopylov A.F., Kopylova N.A. Investigation into Factors, Affecting the Control of Microstrip Transfer Line Characteristics on a Semiconductor Substrate // 2011 21st Int. Crimean Conference “Microwave and Telecommunication Technology” (CriMiCo’2011). Conference Proceeding. September 12—16. Sevastopol: Weber Publishing, 2011, P. 256. ISBN 978-966-335-351-7. IEEE Catalog Number: CFP 12788.
10. Kopylov A.F., Kopylova N.A. Investigation of Frequency Dependents of Contactless Control Microstrip Line on Semiconductor Substrate // 2012 22nd Int. Crimean Conference “Microwave and Telecommunication Technology” (CriMiCo’2012). Conference Proceeding. September 10-14.—Sevastopol: Weber Publishing, 2012, P. 531. ISBN 978-966-335-370-8. IEEE Catalog Number: CFP 12788.
11. Kopylov A.F., Kopylova N.A. Numerical Simulation of Frequency Dependent on Group Delay Time of Control Microstrip Line on Semiconductor Substrate // 2012 22nd Int. Crimean Conference “Microwave and Telecommunication Technology” (CriMiCo’2012). Conference Proceeding. September 10—14. Sevastopol: Weber Publishing, 2012, P. 529. ISBN 978-966-335-370-8. IEEE Catalog Number: CFP 12788.
12. Kopylov A. The Microstrip Transmission Line on Semiconductor Substrate. Numerical Simulation Technique for Modeling of Control Mechanism and Parameters // A. Kopylov, N. Kopylova / LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, 2012 — 52 P. — ISBN 978-3-659-22648-9.

СПЕКАНИЕ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОРТОСИЛИКАТА ЦИНКА, ЛЕГИРОВАННОГО КОБАЛЬТОМ

Шемель Ирина Геннадиевна

*старший преподаватель кафедры «Промышленная экология и химия»,
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Калуга*

E-mail: shig_2002@mail.ru

SINTERING OF CERAMICS ON THE BASE OF ZINC ORTHO-SILICATES WAS DOPED WITH COBALT

Irina Shemel

*senior lecturer of the Department of Industrial ecology and chemistry,
Kaluga branch of Moscow state technical University named after Bauman,
Kaluga*

АННОТАЦИЯ

Термообработка керамики ортосиликата цинка, легированного кобальтом (1—20 мол%), проведена в различных условиях (окислительной и восстановительной средах). Установлено влияние восстановительной среды на формирование микроструктуры, выявлены особенности роста агломератов и зерен, описаны различия в кристаллической структуре образцов керамики на основе ортосиликата цинка. Показана возможность получения наноструктурированного порошка при минимальных затратах энергии

ABSTRACT

The zinc ortho-silicate alloyed by cobalt (1—20 mol %) ceramics heat treatment is spent in various conditions (oxidising and reducing environments). Influence of the reducing environment on microstructure formation is established, features of growth of agglomerates and grains are revealed, distinctions in crystal structure of samples of ceramics on a basis ортосиликата zinc are described. Synthesis possibility a nanostructured powder is shown at the minimum expenses of energy.

Ключевые слова: ортосиликат цинка, золь-гель, термообработка в восстановительной среде, квазизамкнутый объем, наноразмерные порошки.

Keywords: zinc ortho-silicate, zol-gel, heat treatment in a reducing environment, quasi closed volume, nanosized powders.

Режимы спекания керамических материалов определяются данными диаграмм состояния. Однако, разработанные методы, в т. ч. золь-гель, позволяют получать наноразмерные порошки, следовательно, процессы спекания совершаются более интенсивно, при этом происходит формирование моноструктуры, обеспечивающей более привлекательные свойства материалу.

Настоящая работа посвящена изучению влияния температурных режимов, газовой среды на спекание керамики ортосиликата цинка, полученной из золь-гель прекурсоров, формирование её пористой структуры.

Экспериментальная часть

1. Синтез и термообработка образцов

Синтез керамики проводили золь-гель методом (алкоксидная технология) из исходных нитратов цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ и кобальта $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, этанола, тетраэтоксисилана, в кислой среде. Содержание кобальта в композициях составило 1,5,10,20 моль % (I серия). Выдерживалось общее соотношение компонентов «кристаллизационная вода: этиловый спирт:азотная кислота=1:8:0,00125». Гелеобразование проводили на воздухе при температуре 70—120 °С последовательно на водной и песчаной банях. Полученные гели подвергали сушке при 110—150 °С в течение 1 часа и кальцинации при 280—400 °С в течение 1 часа в муфельной печи. Порошки ксерогелей обжигали с выдержкой 1 час при температуре 920 °С на воздухе.

Параллельно была приготовлена II серия порошков с добавкой аскорбиновой кислоты (сильного восстановителя) в количестве 2,5 г.

Термообработку образцов выполняли соответственно для I серии в окислительной среде (на воздухе) и для II серии в восстановительной атмосфере (азот).

Обжиг в окислительной атмосфере проводили традиционным способом (в тиглях, установленных в поде печи). Температурные и временные характеристики выбирали, исходя из данных ДТА-ТГ. Контроль температурно-временного режима обработки порошков, полученных из прекурсоров, проводился путем исследования состава образцов на разных стадиях обжига: 450, 780, 820 и 920 °С. Обжиг

осуществляли с выдержками в течение 0,5 час при температурах 150 и 350 °С для удаления связанной воды и достижения полного выгорания органической фазы. Окончательный обжиг проводили в течение 1 часа при 920 °С. После этого происходило естественное охлаждение.

Для проведения процесса термической обработки в восстановительной атмосфере (азот) была проведена модификация электропечи СНОЛ-1,6,2,5.1/11-И2М (рис. 1). Восстановительная атмосфера в зоне обжига поддерживалась за счет поступления азота из внешнего источника 6. Жидкий азот в термосе подогревался раскаленной нихромовой нитью 4, соединенной с источником низковольтного напряжения 7.

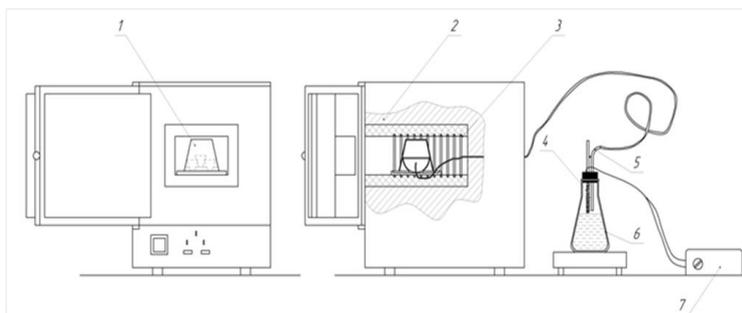


Рисунок 1. Установка для проведения обжига в восстановительной атмосфере: 1 — тигель в тигле, 2 — теплоизоляция печи, 3 — нагревательный блок, 4 — корундовая трубка с обмоткой из нихромовой нити, 5 — медная трубка, 6 — термос с жидким азотом, 7 — источник низковольтного напряжения

При обжиге в восстановительной атмосфере прибегали к использованию приема ограничения пространства, широко используемого как при обжиге традиционной керамики («замкнутый объем» [2]), так и при получении современных функциональных материалов («квазизамкнутый объем» [1, 3]).

Ограничение объема обеспечивало использование приема «тигель в тигле» (рис. 2), но данная конструкция не являлась полностью герметичной, поэтому для ее характеристики использовали термин «квазизамкнутый объем».

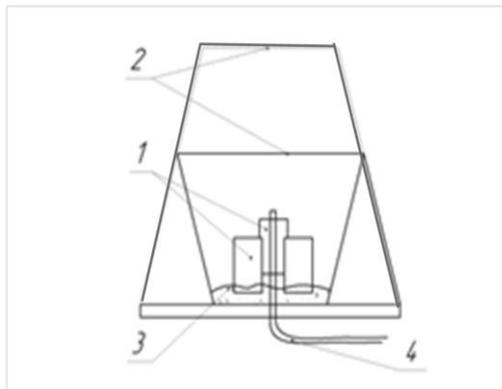


Рисунок 2. Компоновка «тигель в тигле»: 1 — рабочие тигли с шихтой, 2 — закрытое пространство тиглей, 3 — мелкодисперсный песок, 4 — медная трубка для подачи азота

Тигли с шихтой 1 помещали в средний тигель, а пространство между ними заполняли слоем 3 мелкодисперсного оксида кремния 8—15 мм (затвор). Сверху на средний тигель устанавливали перевернутый тигель большого диаметра. Внутри образовывалось закрытое пространство 2. Внутри этого объема подводилась медная трубка 4, через которую осуществлялась подача азота. В таком случае газ, поступавший извне в ограниченный объем, создавал устойчивую газовую атмосферу и, тем самым, приближал систему к замкнутой. Кроме того, такая конструкция обеспечивала минимальные тепловые потери и создание изотермических условий в объеме обжига.

Для определения температурного профиля термообработки был проведен предварительный обжиг, вместо шихты загружали эквивалентный по теплотехническим характеристикам материал (кремнезем мелкодисперсный). Определение температуры внутри объема тиглей проводили контрольной хромель-алюмелевой термопарой, показания снимали ручным мультиметром, преобразующим значения ЭДС в градусы. Наблюдалось некоторое отклонение от показаний встроенной термопары при обжиге на воздухе, что объясняется увеличенным теплосоппротивлением предложенной конструкции. В связи с этим была скорректирована скорость подъема температуры (с 14 до 22 °С/мин), увеличено время выдержки температур с 60 до 75 мин.

Кроме того, было решено на низкотемпературной стадии термообработки создать нейтральную атмосферу внутри тиглей за счет

сгорания небольшого количества парафина. При нагревании парафина происходило образование обгара и полное сжигание кислорода воздуха, находившегося в пространстве между тиглями, за счет быстрого разложения парафина выделением газообразных продуктов по реакции:



Пары воды испарялись, углекислый газ замещался при более высокой температуре поступающим азотом.

Таким образом, был определен режим создания атмосферы при обжиге ортосиликата цинка в неокислительной среде:

- нейтральной (CO_2) в диапазоне температур 20—300 °С;
- восстановительной (N_2) в диапазоне температур 20—300 °С

2. Методы контроля и исследований

Для синтезированных материалов были выполнены рентгенофазовый анализ (на дифрактометре STOE в интервале углов $2\Theta = 15—65^\circ$ с шагом сканирования $0,02^\circ$, использовано $Cu K_\alpha$ -излучение с длиной волны 1,540598 нм) и термогравитационный дифференциально-термический анализ (на **термоанализаторе SDTQ600** в интервале температур 20—1100 °С при скорости нагрева 10 °С/мин); удельная поверхность определялась по методу БЭТ (в аргоне); исследование микроструктуры проведено с использованием микроскопа с термополевой эмиссией Supra 50VP (Carl Zeiss, Германия).

Результаты и обсуждение

Предложенная методика обжига в окислительной и восстановительной атмосферах позволила получить рентгенографически определяемый ортосиликат цинка вне зависимости от условий синтеза. Порошки идентифицированы по картотеке JCPDS. Структура порошков изменяется при увеличении температуры термообработки: от аморфной с большой примесью ZnO при контрольных температурах 450, 780 °С до кристаллической фазы ортосиликата цинка при 820 и 920 °С (JCPDS, 37-1485). Спекание материала достигается при более низкой температуре (920 °С), чем у других авторов [4—6]. Однако, в отличие от [5] относительная интенсивность рефлексов образцов при обжиге на воздухе превышает интенсивность пиков образцов, полученных в восстановительной среде. Увеличение содержания промотора в основной матрице снижает кристалличность образцов. Присутствие Со в количестве 10, 20 мол.% в серии II приводит

к выделению фазы ZnO в результате перегруппировки атомов [6] :
 $\equiv Si-O-M-O-Si \equiv \rightarrow \equiv Si-O-Si \equiv + MO$

Продукты термообработки представляют собой наноразмерные порошки с размерами областей когерентного рассеяния ОКР=34-43 нм. Цвет образцов (табл. 1) указывает на различную координацию ионов кобальта (Co²⁺, Co³⁺) в решетке ортосиликата цинка.

Таблица 1.

Параметры синтеза ортосиликата цинка и его свойства

Содержание Co, мол%	Условия приготовления прекурсора	Температура обжига, °С	Среда обжига	Цвет образца	Удельная поверхность, ² /Г
1	алкоксидная технология	920	окислительная (воздух)	светло-голубой	15
5				серый с темно-голубым оттенком	23
10				насыщенный серый с темно-голубым оттенком	24
20				темно серый	19
1	алкоксидная технология + аскорбиновая кислота	920	восстановительная (азот)	светло голубой	32
5				насыщенный голубой	25
10				насыщенный серо-зеленый	28
20				насыщенный темно-серый	32

Определенный интерес представляют результаты изучения морфологии образцов. Микрофотографии представлены на рис. 3. Прослеживается эволюция микроструктуры стандартного образца состава Zn_{1,6}Co_{0,4}SiO₄ при температуре обработки на воздухе от 450 до 920 °С (рис. 3а-г). На этапе синтеза и созревания геля возникают глобулярные частицы (рис. 3а). Расположение глобул в массе образца равномерное и достаточно плотное, часть из них соединена между собой в более крупные агрегаты.

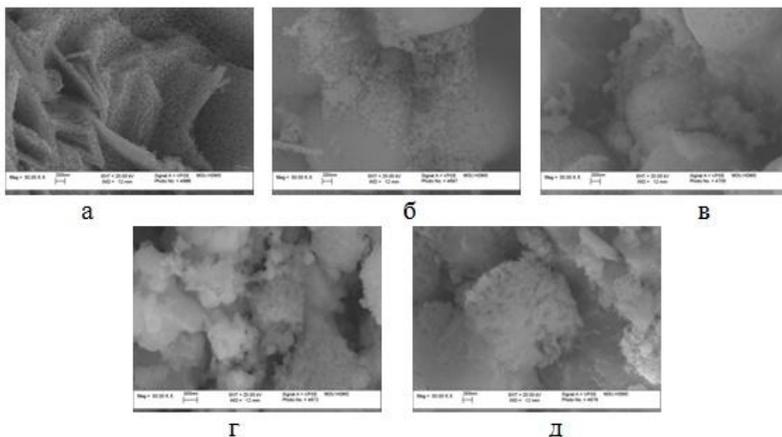


Рисунок 3. Микроструктуры стандартных образцов состава с содержанием Co 20 мол.% при температуре обработки на воздухе : а — $450^{\circ}C$, б — $780^{\circ}C$, в — $820^{\circ}C$, г — $920^{\circ}C$; д — микроструктура образца состава с содержанием Co 20 мол.% с добавкой аскорбиновой кислоты при обжиге при $920^{\circ}C$ в азоте

Спекание привело к формированию пор. Поровое пространство образуют зазоры между мелкими частицами внутри глобул и самими глобулами, а также агрегатами, состоящими из глобулярных частиц (рис. 3б). Последующая термообработка приводит к появлению агрегированных частиц с образованием различных форм (рис. 3в) и формированию двухуровневой иерархии пор (микро- и мезопоры — рис. 3г). Обжиг порошков в восстановительной среде приводит к укрупнению агрегированных частиц, преобладанию сферической формы и увеличению количества открытых пор, что скорее всего обуславливает и более высокие значения удельной поверхности (табл. 1).

Заключение

Процесс получения материалов проводили низкотемпературным золь-гель методом. Выбор этого метода был обусловлен необходимостью получения монодисперсного однородного наноструктурированного материала при минимальных энергозатратах за счет низкой температуры обжига.

Показано, что обжиг керамики на основе ортосиликата цинка в восстановительной газовой среде приводит к увеличению

агрегированности частиц, формированию двухуровневой иерархии пор и повышению микропористости.

Список литературы:

1. Мохов С.Н. Синтез и люминесценция гетерофазной системы на основе сульфидов цинка и меди: дисс. ... канд. хим. наук/ Ставрополь. 2005. — 142 с.
2. РФ Патент 2096382 (1997). Способ обжига керамических изделий / Дигонский В.В.; Дигонский С.В.; Кравцов Е.Д. (РФ). — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://bankpatentov.ru/node/192790> (дата обращения:18.04.2013).
3. РФ Патент 2163409 (2001). Способ микропрофилирования композиции "SiC-AlN" / Лучинин В.В.; Сазанов А.П.; Лютецкая И.Г.; Корляков А.В. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://ru-patent.info/21/60-64/2163409.html> (дата обращения:27.10.2013).
4. Sviderskii V.A., M.G. Voronkov, S.V. Klimenko, and V.S. Klimenko Thermal Transformations of Polymetallosiloxanes Prepared by the Sol-Gel Procedure // Russian Journal of Applied Chemistry. — 2001. — Vol. 74, — № 7. — PP. 1169—1172.
5. Su F., B. Ma, K. Ding, G. Li, S. Wang, W. Chen, A.G.Joly, D.E.McCready Luminescence temperature and pressure studies of Zn₂SiO₄ phosphors doped with Mn²⁺ and Eu³⁺ ions // Journal of Luminescence. — 2006. — № 116. — PP. 117—126
6. Zhang Q.Y., K. Pita, W. Ye, W.X. Que Influence of annealing atmosphere and temperature on photo luminescence of Tb³⁺ or Eu³⁺-activated zinc silicate thin film phosphors via sol-gel method // Chemical Physics Letters. — 2002. — № 351. — PP. 163—170.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Сборник статей по материалам
XXVII международной научно-практической конференции

№ 10 (23)

Октябрь 2013 г.

Часть II

Подписано в печать 06.11.13. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 8,125. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3