

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Advanced science

Научный журнал

№ 1 (1)

Киров

2012

Главный редактор:

Пугач В. Н.,

кандидат экономических наук,
ректор ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Заместитель главного редактора:

Литвинец С. Г.,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
проректор по НИИ ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Редакционная коллегия:

Частиков А. В.,

доктор технических наук, профессор,
декан ФПМТ ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Князьков В. С.,

доктор технических наук, профессор кафедры ЭВМ ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Шатров А. В.,

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой ММЭ ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Черепанов В. В.,

доктор технических наук, профессор кафедры ЭПС ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Эфрос Е. И.,

доктор технических наук, профессор кафедры ТиГ ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Прозоров Д. Е.,

доктор технических наук, профессор кафедры РЭС ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Петров Е. П.,

доктор технических наук, профессор кафедры РЭС ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Решетников С. М.,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физики ФГБОУ ВПО
«ВятГУ»

Тюкалов Ю. Я.,

доктор технических наук, профессор кафедры СК ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Красных А. А.,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ЭиЭ ФГБОУ ВПО
«ВятГУ»

Ковалевский А. В.,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ОХ ФГБОУ ВПО
«ВятГУ»

Флегентов И. В.,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ПЭБ ФГБОУ ВПО
«ВятГУ»

Бывалов А. А.,

доктор биологических наук, профессор кафедры БТ ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Дармов И. В.,

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой
микробиологии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Скопина И. В.,

доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой менеджмента и
маркетинга ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Палкина М. В.,

доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой РЭУ ФГБОУ ВПО
«ВятГУ»

Печенкин А. А.,

доктор исторических наук, профессор, декан ГФ ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Ненашев М. И.,

доктор философских наук, профессор кафедры ФСП ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Стяжкина С. А.,

начальник редакционно-издательского отдела ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Редакторы: Куликова А.В., Мухачева М. С.

Верстка: Мухачева М. С.

«Вятский государственный университет» ПРИП ФГБОУ ВПО «ВятГУ» 610000,
Киров, ул. Московская, 36 Тел.: (8332) 64-23-56, <http://vyatsu.ru>

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
(Министерство по делам печати, телерадиовещания и средств массовых
коммуникаций)

Эл. № ФС77-50605

Содержание

Технические науки

Бакшаева. Н. С.

Исследование влияния на качество электрической энергии в точке общего присоединения подключаемой резкопеременной нагрузки характерных производств

Плетнёв К. В., Прозоров Д. Е.

Параметризация речевых сигналов цепями Маркова

Рублева О. А.

Квалиметрический подход к оценке качества шиповых соединений деревянных заготовок

Стрелков С. О., Лесников В. А.

Использование метода эмпирической модовой декомпозиции для очистки сигналов от шума

Шестаков А. В., Кубликов А. Н.

Оптимизация параметров частотно-управляемого асинхронного двигателя с использованием методов планирования эксперимента

Яшина А. Г.

Алгоритм контекстного поиска речевых аудио-файлов на основе фонемного сравнения слов

Физико-математические науки

Гукасов А. К., Иномистов В. Ю., Мелюков В. В.

Численное решение некоторых задач оптимального управления параболической системой

Биологические науки

Ердякова А. С., Маракулин И. В.

Выделение колициногенных штаммов кишечной палочки, перспективных для включения в состав новых пробиотических препаратов

Шевченко Е. А., Бессолицына Е. А., Дармов И. В.

Поиск генов лигнолитических ферментов у базидиомицетов, выделенных в Кировской области

Химические науки

Беляев А. Н., Флегентов И. В., Мусихина Т. А.

Новые подходы к улучшению качества водоподготовки в системах питьевого водоснабжения

Кошурникова Е. В., Калинина Л. А., Ушакова Ю. Н., Пьянкова М. В.

Влияние допанта на структуру и электролитические свойства твердого электролита CaY_2S_4

Михайличенко Т. В., Калинина Л. А., Ушакова Ю. Н.

Определение термодинамических характеристик и типа основного носителя в твердых электролитах $\text{BaSm}_2\text{S}_4\text{-Tm}_2\text{S}_3$

Социально-экономические и общественные науки

Лутошкина Н. К.

Определение основных целевых сегментов для планирования программы повышения эффективности ценовой и неценовой конкуренции на рынке банковских услуг физических лиц (на материалах Кировской области)

Соболева О. Н.

Технология управления инновационными процессами в условиях Кировской области

Гуманитарные науки

Загоскина И. В., Машарова Т. В.

Специфика учебно-исследовательской деятельности студентов в современном вузе

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ В ТОЧКЕ ОБЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ
ПОДКЛЮЧАЕМОЙ РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ
ХАРАКТЕРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**INVESTIGATION OF THE EFFECT ON THE QUALITY OF
ELECTRICITY IN THE CONNECTION POINT FROM THE TOTAL
VARIABLE LOAD CONNECTED IN VARIOUS INDUSTRIES**

Данная статья посвящена исследованию влияния резкопеременной нагрузки лесопильных цехов на параметры качества электроэнергии в точке общего присоединения.

This paper is devoted to influence of variable load in lumber shops on the parameters of electric power quality at the point of common connection.

Ключевые слова: колебания напряжения, электроприемник, резкопеременная нагрузка, качество электрической энергии.

Keywords: voltage fluctuations, power-consuming equipment, variable load, the quality of electric power

В настоящее время отсутствуют четкие рекомендации к возможности совместного питания коммунально-бытовых потребителей с резкопеременными нагрузками характерных производств на основе анализа схем питания потребителей, мощностей источников колебаний и режимов их работы.

При работе электроприемников с резкопеременной ударной нагрузкой в электросети возникают резкие толчки потребляемой мощности. Это вызывает изменения напряжения сети, размахи которых могут достигнуть больших значений. Указанные обстоятельства крайне неблагоприятно отражаются на работе всех электроприемников, подключенных к данной сети, в том числе и электроприемников, вызывающих эти изменения.

К числу электроприемников, чрезвычайно чувствительных к колебаниям напряжения, относятся осветительные приборы, особенно лампы накаливания, и электронная техника. Мигание источников освещения (фликер-эффект) вызывает неприятный психологический эффект, утомление зрения и организма в целом. Это ведет к снижению производительности труда, а в ряде случаев и к травматизму.

Практика работы лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий обнаруживает во многих случаях недопустимый уровень колебаний напряжений у электроприемников [1], [2], наносящий существенный ущерб производственному процессу. При этом снижается надежность электроснабжения и производительность электрифицированных механизмов, растут потери электрической энергии в сетях и асинхронных двигателях, составляющих большинство электроприемников лесной промышленности и коммунально-бытового сектора.

С целью разработки рекомендаций по снижению возможного негативного влияния резкопеременной нагрузки, а также рекомендаций о допустимости совместного питания коммунально-бытовых потребителей и резкопеременной нагрузки леспромхозов, были выполнены экспериментальные исследования резкопеременной нагрузки на шинах 0,4 кВ трансформаторных подстанции, питающих лесопильные производства и мостовые краны [3].

Исследование режимов электропотребления производилось с использованием переносного анализатора электропотребления AR.5 фирмы Circutor, а также прибором РЕСУРС UF2М. Место установки приборов – шины напряжением 0,4 кВ трансформаторных подстанций.

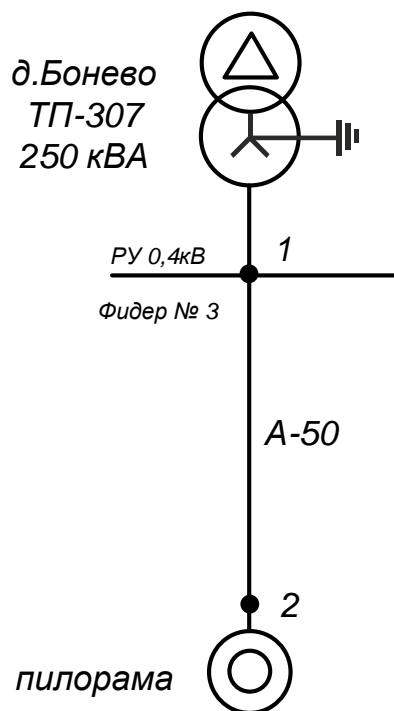


Рис. 1. Схема электроснабжения пилорамы Р63-4Б

В качестве примера ниже представлены результаты исследований, проводимых на пилораме Р63-4Б. Пилорама Р63-4Б предназначена для продольной распиловки брёвен и брусьев различных пород древесины на пиломатериалы. Распиловка бревен осуществляется возвратно-поступательным перемещением пильной рамки с укрепленным на ней поставом (набором) пил по направляющим. Движение к пильной рамке передается от главного вала шатуном. Пилорамы Р63-4Б могут применяться как станок первого ряда в лесопильных цехах большой мощности, так и на малых производствах. Устанавливается в лесопильных цехах высокой производительности. Также пилорама может быть

использована на временных и стационарных лесопильных предприятиях и строительных площадках.

Питание пилорамы осуществляется от трансформаторной подстанции мощностью 250 кВА на напряжении 0,4кВ проводом А-50 протяженностью 0,48 км. Схема представлена на рисунке 1.

На рисунке 2 приводится график изменения напряжения на шинах 0,4 кВ ТП, во время работы пилорамы Р63-4Б. На рисунке 3 приводятся графики изменения активной и реактивной мощностей.

Результаты измерений активной, реактивной, коэффициента мощности, напряжения по фазам приведены в таблицах 1, 2.

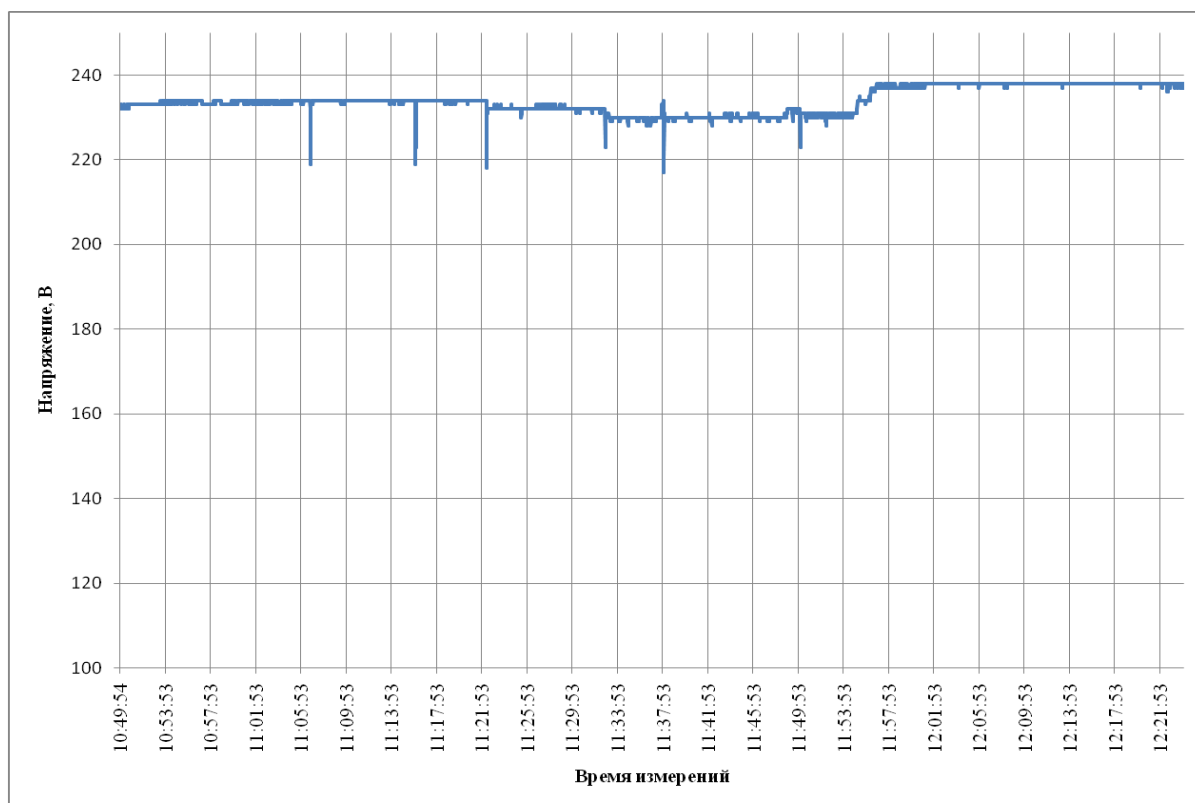


Рис. 2. График изменения напряжения. ТП 250 кВА, пилорама Р63-4Б

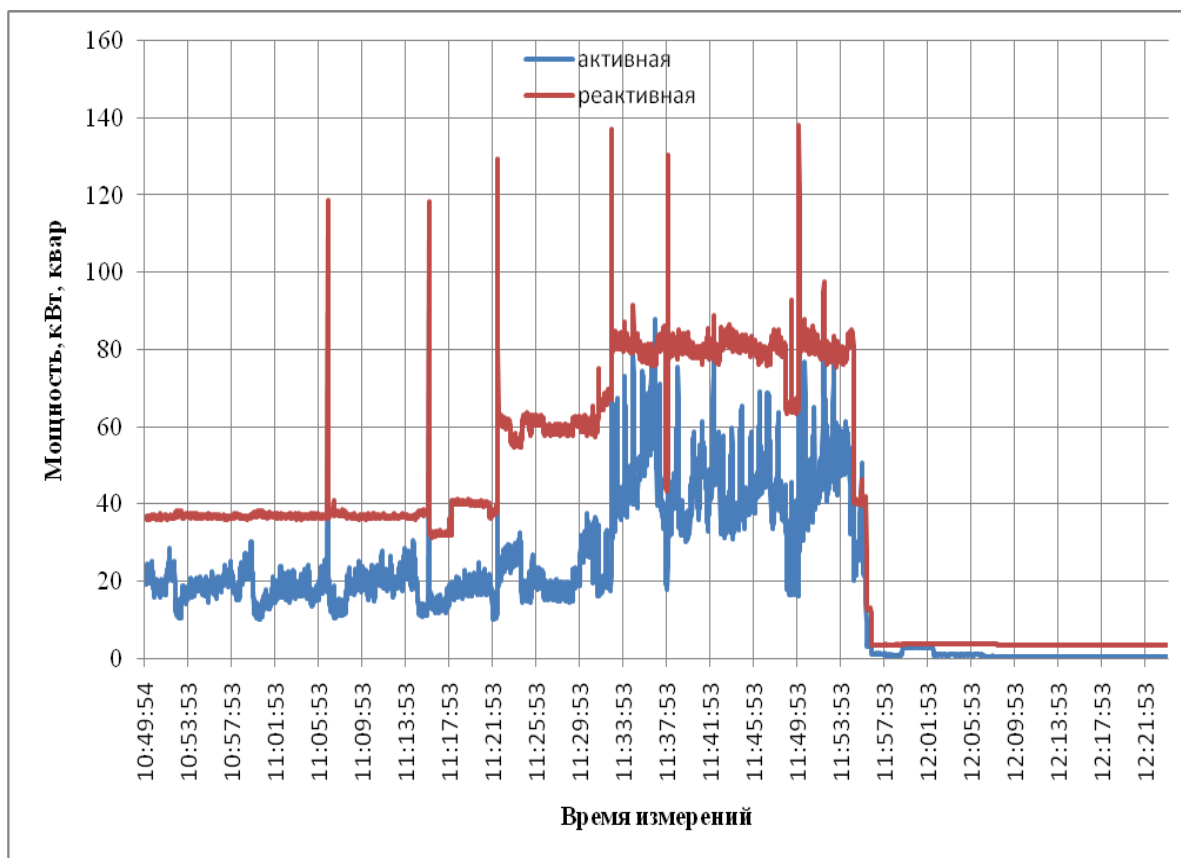


Рис. 3. График изменения активной и реактивной мощности. ТП 250 кВА, пилорама Р63-4Б

Таблица 1

Результаты измерений режимов электропотребления. Кран ККС-10

Измеряемый параметр	Точка измерений	Значение параметра		
		максимальное	минимальное	среднее
Активная мощность, кВт	ТП 250 кВА	117,138	0,514	20,29
Реактивная мощность, квар	ТП 250 кВА	138,238	3,468	40,20
Коэффициент мощности	ТП 250 кВА	0,71	0,15	0,35

Таблица 2

Результаты измерений напряжений по фазам

Точка измерений	фаза	Значение напряжения, В		
		максимальное	минимальное	среднее
ТП 250 кВА	а	240	217	234,78
	в	237	215	232,21
	с	240	218	234,70

Таблица 3

Результаты исследований размахов напряжения, возникающих при работе пилорамы Р63-4Б

Интервал, δU , В	$\delta U_{\min}/\delta U_{\max}$, %		Количество попаданий, n_i	Интервал времени между колебаниями Δt , мин	Допустимые значения $\delta U_{\text{доп}}$, %
	0	0,41			
0	0	0,41	5017		-
0,9-2,9	0,41	1,32	611	0,150	0,55
2,9-4,9	1,32	2,23	2	5,227	1,28
4,9-6,9	2,23	3,14	5	5,880	1,35
6,9-8,9	3,14	4,05	3	8,553	1,60
8,9-10,9	4,05	4,95	2	11,760	1,73
10,9-12,9	4,95	5,86	1	15,681	1,90
12,9-14,9	5,86	6,77	1	18,817	1,85
>14,9	6,77	> 6,77	4	23,521	2,10

Был произведен расчет колебаний напряжений, возникающих при работе пилорамы Р63-4Б. Колебания напряжения характеризуется размахом амплитуды и частотой возникновения колебания. Результаты вычислений колебаний напряжения приводятся в таблице 3. Максимальное значение амплитуды колебаний напряжения составляет 16 В (7,27 %).

При проведении измерений нормы ГОСТ 13 109-97 по размаху изменения напряжения не выполнялись (в таблице 3 выделено цветом). На рисунках 4, 5 приводятся гистограммы размахов изменения напряжения. На рисунке 4 количество попаданий амплитуд колебаний напряжения представлено в именованных единицах, на рисунке 5 – в относительных значениях.

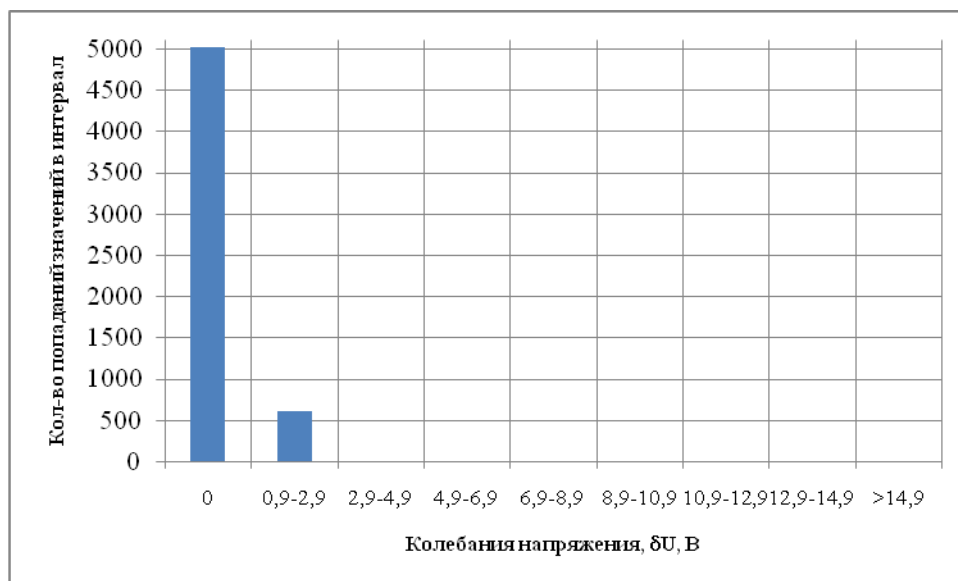


Рис. 4. Гистограмма размахов изменения напряжения, возникающих при работе пилорамы Р63-4Б

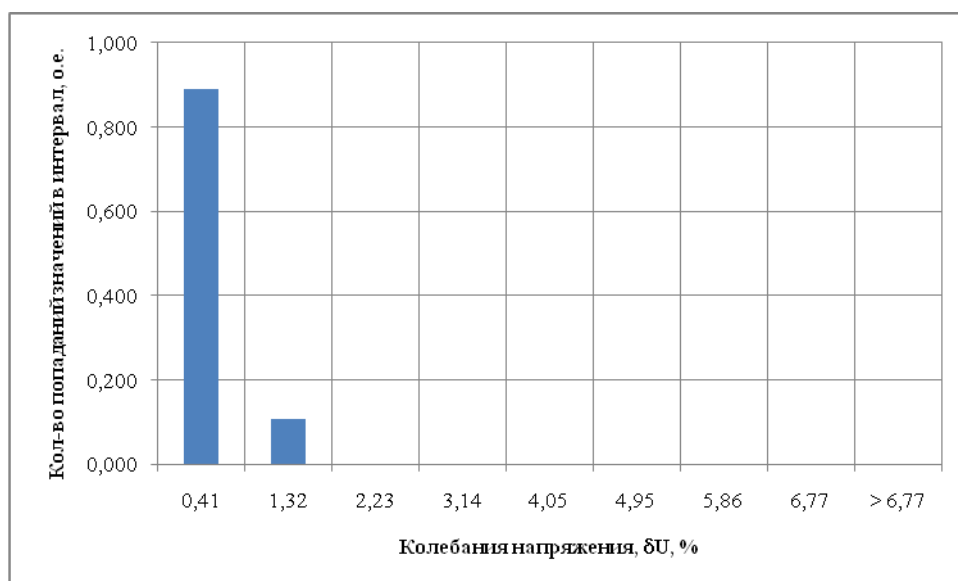


Рис. 5. Гистограмма размахов изменения напряжения, возникающих при работе пилорамы Р63-4Б (в относительных единицах)

При проведении измерений нормы ГОСТ 13 109-97 по размаху изменения напряжения не выполнялись.

Были выполнены исследования влияния подобных потребителей с резкопеременной нагрузкой на уровни колебаний напряжения,

возникающих при их работе в точке общего присоединения на расчетной модели.

В таблице 4 приводятся результаты расчета для модели работы двух пилорам Р63-4Б, питание которых осуществляется от трансформаторной подстанции мощностью 250 кВА на напряжении 0,4 кВ.

В таблице 5 приводятся результаты расчета для модели работы пилорамы большей мощности, питание которой осуществляется от трансформаторной подстанции мощностью 250 кВА на напряжении 0,4 кВ.

По результатам расчетов для модели работы пилорамы нормы ГОСТ 13 109-97 по размаху изменения напряжения не выполнялись (в таблицах 4, 5 выделено цветом).

Таблица 4

Результаты расчета колебаний напряжения для модели работы двух пилорам Р63-4Б

Интервал, В	$\delta U_{\min}/\delta U_{\max}, \%$		Частота повторений Δt , мин	Допустимые значения δU , %
	0	0,41		
0	0	0,41		
0,9-2,9	0,41	1,32	0,075	0,38
2,9-4,9	1,32	2,23	2,613	1,05
4,9-6,9	2,23	3,14	2,940	1,08
6,9-8,9	3,14	4,05	4,277	1,15
8,9-10,9	4,05	4,95	5,880	1,35
10,9-12,9	4,95	5,86	7,840	1,55
12,9-14,9	5,86	6,77	9,408	1,65
>14,9	6,77	> 6,77	11,760	1,73

Таблица 5

Результаты расчета колебаний напряжения для модели работы пилорамы
 большей мощности

Интервал, В	$\delta U_{\min}/\delta U_{\max}, \%$		Частота повторений Δt , мин	Допустимые значения δU , %
0	0	0,82		
1,8-5,8	0,82	2,64	0,150	0,55
5,8-9,8	2,64	4,45	5,227	1,28
9,8-13,8	4,45	6,27	5,880	1,35
13,8-17,8	6,27	8,09	8,553	1,60
17,8-21,8	8,09	9,91	11,760	1,73
21,8-25,8	9,91	11,73	15,681	1,90
25,8-29,8	11,73	13,55	18,817	1,95
>29,8	13,55	> 13,55	23,521	2,10

Разработка метода определения характера изменения колебаний напряжения в системе электроснабжения с позиции электромагнитной совместимости является актуальной задачей, поскольку источник колебаний и чувствительные к колебаниям напряжения электроприемники, как правило, разнесены по системе электроснабжения и разделены силовыми элементами (трансформаторами, линиями и др.).

Причем на источнике колебаний (резкопеременной нагрузки) значение и характер изменения колебаний напряжения являются известными, а нормирование колебаний напряжения, как правило, осуществляется на шинах электроприемников, подключенных к сетям общего назначения в точках общего присоединения.

Известно, что нагрузки с резкопеременным характером изменения потребляемых мощностей воздействуют на питающее напряжение, приводят к изменению его по величине, т.е. к искажению огибающей действующих значений напряжения основной частоты 50 Гц низкочастотными гармониками порядка 0,1...15 Гц.

В силу того, что основная гармоника (50 Гц) напряжения в сетях с резкопеременными нагрузками и моделирующие ее гармоники (0,1...15 Гц) практически частично независимы, при анализе характера изменения напряжения в сети допустимо и целесообразно рассматривать вероятностные характеристики только огибающей, а не полного сигнала напряжения. При этом можно отметить, что вероятностные характеристики огибающей и колебания напряжения имеют устойчивые функциональные связи, т.е. характер изменения огибающей напряжения будет также определять характер изменения колебаний напряжения в системе электроснабжения.

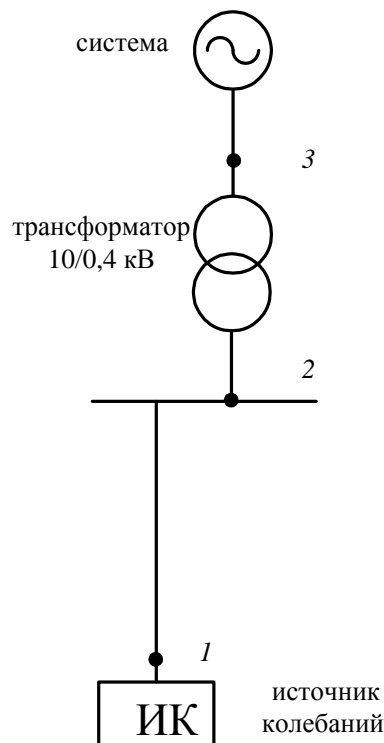


Рис. 6. Расчетная схема для анализа влияния силового оборудования

Задача определения статистических характеристик закона распределения огибающей напряжения в интересующих точках системы электроснабжения при известных статистических характеристиках огибающей напряжения на источнике колебаний сводится к определению

передаточных функций элементов систем электроснабжения, разделяющих источник колебаний и другие электроприемники.

Ограничение неблагоприятного воздействия колебаний напряжения, появляющихся при работе резкопеременных нагрузок, на работу других электроприемников достигается выбором рациональной с этой точки зрения схемы их электроснабжения с учетом влияния соответствующих элементов системы электроснабжения на изменение в ней колебаний напряжения.

На рисунке 6 представлена расчетная схема для анализа влияния силового оборудования на изменение колебаний напряжения. Задача определения значений колебаний напряжения на шинах 10 кВ трансформаторной подстанции (точка 3), к которым через соответствующие понижающие трансформаторы может быть подключена спокойная, чувствительная к колебаниям напряжения нагрузка, сводится к определению по схеме замещения передаточной функции или коэффициента ослабления, являющегося обратно пропорциональным передаточной функции, по выражениям.

Анализ влияния силовых трансформаторов на изменение величин колебаний напряжения в системе электроснабжения показывает, что:

- увеличение номинальной мощности трансформаторов приводит к увеличению передаточной функции (или к уменьшению коэффициента ослабления колебаний напряжения);

- увеличение мощности короткого замыкания на стороне ВН трансформаторов приводит к уменьшению передаточной функции (или к увеличению коэффициента ослабления колебаний напряжения);

- сопоставление использования трансформаторов различной мощности показывает, что с позиции ослабления колебаний напряжения, создаваемых источником колебания, предпочтительным является

применение трансформаторов, имеющих большее значение U_k (напряжения короткого замыкания).

В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы.

Для определения размаха изменений напряжений в точке общего присоединения коммунально-бытовых потребителей и резкопеременной нагрузки лесопильных цехов был проведен анализ характерных типов электроприемников и режимов их работы. Установлено, что в системах электроснабжения лесопромышленных предприятий работают потребители как со спокойной нагрузкой, так и с резкопеременной.

С целью разработки рекомендаций по снижению возможного негативного влияния резкопеременной нагрузки произведен расчет колебаний напряжения на шинах 0,4 кВ трансформаторных подстанций, возникающих при работе характерных потребителей лесопильных цехов. В результате расчетов установлено, что при проведении измерений нормы ГОСТ 13 109-97 по размаху изменения напряжения не выполнялись.

Выполнены численные исследования режимов электропотребления и разработаны общие рекомендации о допустимости совместного питания коммунально-бытовых потребителей и резкопеременной нагрузки, а также проведены исследования влияния подобных потребителей на уровни колебаний напряжения на шинах 0,4 кВ трансформаторных подстанций, возникающих при их работе.

Поскольку источник колебаний и чувствительные к колебаниям напряжения электроприемники, как правило, разнесены по системе электроснабжения и разделены силовыми элементами (трансформаторами, линиями и др.) было проведено исследование влияния силового оборудования на изменение колебаний напряжения в системе электроснабжения.

Была решена задача определения значений колебаний напряжения на шинах высшего напряжения трансформаторов, к которым через соответствующие понижающие трансформаторы может быть подключена спокойная, чувствительная к колебаниям напряжения нагрузка. Для оценки влияния силового оборудования на изменение колебаний напряжения в системе электроснабжения рекомендуется использовать передаточную функцию или коэффициент ослабления, определяемые по схеме замещения.

Сделан вывод, что совместное питание исследуемых электроприемников с резкопеременной нагрузкой с коммунально-бытовыми потребителями, подключенными к другим подстанциям возможно.

Аналогичным образом можно сделать вывод о допустимости совместного питания других резкопеременных нагрузок с коммунально-бытовыми потребителями. Для этого необходимо определить значения размахов изменения напряжения в точке общего присоединения. Изменение колебаний напряжения в различных точках системы электроснабжения, возникающие при работе резкопеременных нагрузок, определяется при помощи передаточной функции или коэффициента ослабления.

Планируется продолжить работу в данном направлении: проанализировать режимы работы характерных потребителей других производств, изучить их влияние на параметры качества электрической энергии в различных точках с целью разработки рекомендаций по снижению их возможного негативного влияния и методики оценки допустимости совместного питания коммунально-бытовых потребителей и источников резкопеременной нагрузки.

Библиографический список:

1. Пациора П. П., Кольниченко Г. И., Яковенко В. А. Электрооборудование лесопромышленных и деревообрабатывающих предприятий: учеб. пос. для вузов по спец. Лесоинженерное дело. – М., Лесная промышленность, 1981. – 191 с.
2. Черепанов В. В., Бакшаева Н. С. Экспериментальное исследование графиков электрических нагрузок основных производств лесоперерабатывающей отрасли // Электротехника и энергетика: сбор. науч. труд. ВятГТУ. – 1997. – №2. – С. 76-79
3. Бакшаева Н. С. Исследование влияния электроприемников с резкопеременным характером нагрузки на параметры качества электроэнергии // Современные исследования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности: сбор. науч. труд. I междунар. науч.-практ. конф. – Курск, ФГБОУ ВПО Юго-Западный государственный университет. – 2012. – С. 55-59

Информация об авторе

Data on author

Бакшаева Наталья Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел. (8332) 530274

E-mail: bakshaeva@vyatsu.ru

Bakshayeva Natalia Sergeevna – Cand. Sc. (Engineering), Associate Prof. of Electrical Supply Chair in FSBEI of HPE "VyatSU"

Tel. (8332) 530274

E-mail: bakshaeva@vyatsu.ru

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ ЦЕПЯМИ МАРКОВА

MARKOV CHAIN PARAMETERIZATION OF SPEECH SIGNALS

Изложен метод параметризации фрагментов речевых сигналов цепями Маркова в задачах автоматического распознавания речи. Приведены результаты тестирования на двух корпусах речи: с одним и несколькими дикторами. Проведен анализ эффективности предложенного метода в сравнении с методом параметризации на основе мел-кепстральных коэффициентов.

The paper describes the speech parameterization method with using simple Markov chains. This method is applied for solving the speech recognition problem. There are some test results of the research made on two corpora of Russian speech: with one or more speakers. The comparative analysis of this method and the method of parameterization based on mel-frequency capstral coefficients is also introduced in the paper.

Ключевые слова: цепь Маркова, параметризация, распознавание речи, мел-кепстральные коэффициенты.

Keywords: Markov chain, parameterization, speech recognition, mel-frequency capstral coefficients.

Введение

Автоматические речевые технологии, такие как распознавание, анализ и синтез речи, получают все большее распространение в условиях современного информационного общества. Речевые технологии широко

используются для построения справочных и поисковых систем, систем интерактивного обучения иностранным языкам, голосового управления сложными техническими системами, изучения особенностей различных языковых культур и т. д.

Автоматическое распознавание речи (АРР) являются наиболее активно развивающейся областью речевых технологий. Существенное влияние на эффективность АРР оказывают методы используемые на этапе предварительной обработки и параметризации речевых сигналов.

Целью данной работы является анализ эффективности метода параметризации речевых сигналов, основанного на использовании модели простой цепи Маркова.

Постановка задачи

Здесь и далее рассматривается задача параметризации речевых сигналов в системах изолированного распознавания команд с ограниченным словарем.

Большинство систем изолированного распознавания команд реализуют методы, основанные на сопоставлении параметризованных фрагментов речевых сигналов с одним из эталонов словаря по заданному критерию.

Пусть в системе АРР введено пространство признаков для описания команд словаря и функция расстояния \mathbf{p} между параметризованными фрагментами речевых сигналов \mathbf{e} и командами словаря (эталонами) $\mathbf{e}^* \in \mathbf{E}^*$. Алгоритм $(\mathbf{E}^*, \mathbf{p})$ распознавания речи вычисляет расстояния \mathbf{p}_i между элементами $\mathbf{e}^* \in \mathbf{E}^*$ и фрагментом речи \mathbf{e} , возвращая идентификатор эталона с наименьшим значением расстояния \mathbf{p}_{\min} [3].

Наиболее известны [8] методы параметризации, основанные на использовании мел-кепстральных коэффициентов [6], кепстральных

коэффициентов линейного предсказания [9] и коэффициентов перцептивного линейного предсказания [7].

Рисунок 1 иллюстрирует общую схему кепстрального анализа речевых сигналов. Здесь, FFT – блок быстрого преобразования Фурье сигнала, LOG – блок логарифмического преобразования спектра, IFFT – блок обратного преобразования Фурье.

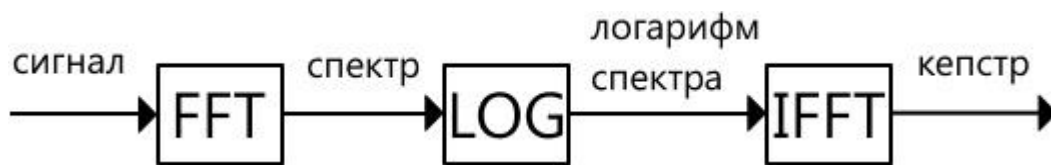


Рис. 1. Схема кепстрального анализа речевых сигналов

Недостатками вышеперечисленных методов параметризации являются высокая вычислительная сложность и требования к объему памяти. В данной работе предлагается метод параметризации, основанный на использовании модели простой цепи Маркова, что позволяет сократить требования к вычислительным ресурсам.

Параметризация дельта-модулированных речевых сигналов

Дельта модуляция является простой разновидностью импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) с двумя уровнями квантования. В отличие от ИКМ при дельта-модуляции (ДМ) в канал связи передается не выборка сигнала, а квантованное значение разности (сигнала ошибки) между кодируемым сигналом и аппроксимирующим его напряжением.

Согласно источнику [1], корреляционные связи в импульсной последовательности на выходе дельта-модулятора полностью обусловлены корреляционными связями входного модулирующего сигнала. Поскольку для речевого сигнала характерно монотонное ослабление корреляционных

связей с увеличением интервалов между элементами сигнала, в импульсной случайной последовательности на выходе дельта-модулятора можно указать интервал (несколько тактов), за пределами которого эти связи практически не распространяются. В этом случае, в качестве модели фрагмента ДМ-речевого сигнала можно использовать цепь Маркова.

Будем полагать, что последовательность $s_i[k]$ на выходе дельта-модулятора является простой однородной цепью Маркова с заданной матрицей вероятностей перехода от значения $s_i[k]$ в k -ом такте к значению $s_j[k+1]$ в $(k+1)$ -м такте [10]

$$\pi(s_j[k+1] | s_i[k]) = \|\pi_{ij}\| = \begin{vmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} \\ \pi_{21} & \pi_{22} \end{vmatrix} \quad (1)$$

и вектором вероятностей начальных состояний

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Элементы π_{ij} , $(i, j = \overline{1, n})$ матрицы вероятностей перехода положительны и удовлетворяют условиям нормировки

$$\sum_{j=1}^2 \pi_{ij} = 1, \quad i, j = \overline{1, 2} \quad (3)$$

и согласованности

$$p_i = \sum_{j=1}^2 p_j \pi_{ji}^T, \quad i, j = \overline{1, 2}, \quad (4)$$

где π_{ji}^T – элементы транспонированной матрицы вероятностей перехода (1).

В работе [1] показано, что для фрагментов речевых ДМ-сигналов характерно приближенное выполнение равенства:

$$\pi_{11} \approx \pi_{22}. \quad (5)$$

При соблюдении условия (5) цепь Маркова можно описать одним числовым параметром π_{ii} .

Исходя из вышесказанного, предлагается метод параметризации фрагментов речевых ДМ-сигналов цепями Маркова. На первом этапе фрагмент речевого сигнала преобразуется дельта-модулятором в бинарную последовательность $s_i[k]$. На следующем этапе, полученная последовательность разделяется на n неперекрывающихся интервалов. На финальном этапе для каждого j -го интервала вычисляются значения π_{ii}^j матрицы вероятностей переходов (1).

Полученный таким образом вектор $[\pi_{ii}^1, \pi_{ii}^2, \dots, \pi_{ii}^n]$ размерности n будет характеризовать фрагмент анализируемого ДМ-речевого сигнала. Первый и последний этапы предложенного метода обладают линейной вычислительной сложностью $O N$, позволяя выполнить обработку за линейное время, зависящее от объема входных данных.

Реализация метода распознавания команд

Процедура распознавания голосовой команды состоит из двух основных этапов: этапа предварительной обработки и выделения ключевых параметров речи и этапа сравнения входящей реализации команды, с множеством предварительно созданных эталонов.

На первом шаге в системе АРР исходный аналоговый речевой сигнал преобразуется в дискретный вид и подвергается низкочастотной фильтрации. Предварительная обработка используется с целью снижения влияния локальных искажений на характеристические признаки, которые в дальнейшем будут использоваться для распознавания команд.

Поскольку наиболее информативная часть спектра речевого сигнала находится в диапазоне до 4 кГц, низкочастотная фильтрация позволяет несколько уменьшить влияние высокочастотных шумов на распознавание

команд [5]. В исследуемой системе используется фильтр с бесконечной импульсной характеристикой [4].

Следующий этап – параметризация ДМ-речевого сигнала. Для оценки эффективности метода параметризации речевых сигналов цепями Маркова произведено сравнение качества работы системы APP при использовании предлагаемого метода параметризации и альтернативного метода на основе мел-кепстральных коэффициентов (MFCC) [6]. Алгоритм параметризации с использованием мел-кепстральных коэффициентов представлен на рисунке 2.

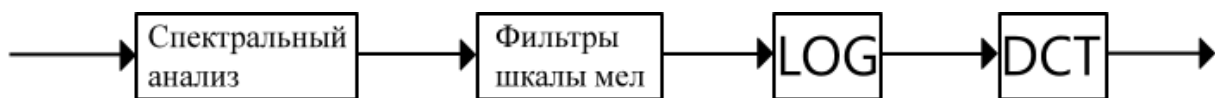


Рис. 2. Схематическое описание алгоритма MFCC

В блоке «Спектральный анализ» вычисляются коэффициенты спектра Фурье. В блоке «Фильтры шкалы мел» на вычисленный спектр накладывается набор из M фильтров шкалы мел ($M = 24$). В блоке «LOG» выполняется логарифмирование измененного спектра. Благодаря логарифмированию достигается эффективное сжатие пространства признаков и преимущества гомоморфной обработки. В блоке «DCT» выполняется дискретное косинусное преобразование [6].

Вычислительная сложность алгоритма кепстрального преобразования при использовании быстрого преобразования Фурье приближенно равна $O(N + 2N \log_2 N)$.

Результатом параметризации ДМ-речевых сигналов является вектор параметров, который сравнивается с предварительно записанными векторами параметров эталонов голосовых команд. Поскольку диктор не в состоянии повторить абсолютно точно одну и ту же фразу, входной сигнал может быть нелинейно растянут или сжат по временной шкале

относительно эталона, а вектора параметров – отличаться по размеру. В этом случае необходимо нелинейное преобразование векторов параметров для получения наиболее точного соответствия между эталоном и распознаваемой реализацией команды. Одним из широко распространенных нелинейных методов оценки меры близости (расстояния) двух наборов данных является метод динамического искажения времени (Dynamic Time Warping, DTW) [4], прекрасно себя зарекомендовавший в задачах распознавания изолированных слов и задачах идентификации диктора по голосу. Метод DTW используют практически все коммерчески доступные системы распознавания, работающие с малым словарем, показывающие высокую точность распознавания.

Анализ результатов

Эксперименты выполнены с помощью пакета прикладных математических программ SciLab-5.3.3.

Для экспериментов составлены и использованы два корпуса русской речи. Первый корпус содержит цифры от 0 до 9, произнесенные одним диктором, по пятнадцать вариаций произношения для каждой. Второй корпус содержит цифры от 0 до 9, произнесенные десятью дикторами мужчинами и десятью дикторами женщинами.

Таблицы результатов (таблица 1, таблица 2) иллюстрируют качество работы системы АРР при использовании различных методов параметризации. Условные обозначения в таблицах: MFCC – мел-кепстральные коэффициенты, SMC – коэффициенты с использованием простых цепей Маркова.

Результаты тестирования для корпуса речевых сигналов одного диктора (табл. 1) показывают приблизительно равную эффективность работы системы АРР при использовании обоих методов параметризации. В

случае дикторонезависимого распознавания речевых сигналов (табл.2) использование метода SMC приводит к снижению вероятности распознавания команд примерно на 26%.

Таблица 1

Относительная частота правильного распознавания команд при различных способах параметризации (для корпуса речи 1)

Цифра Параметр	«0»	«1»	«2»	«3»	«4»	«5»	«6»	«7»	«8»	«9»	Среднее
MFCC	1	1	0,93	0,93	0,93	1	1	1	0,93	0,93	0,965
SMC	0,87	0,93	0,8	0,93	1	1	1	1	1	0,87	0,94

Таблица 2

Относительная частота правильного распознавания команд при различных способах параметризации (для корпуса речи 2)

Цифра Параметр	«0»	«1»	«2»	«3»	«4»	«5»	«6»	«7»	«8»	«9»	Среднее
MFCC	0,7	0,9	0,7	0,7	0,9	0,95	0,8	0,6	1	0,5	0,775
SMC	0,65	0,55	0,5	0,6	0,6	0,6	0,65	0,5	0,6	0,5	0,575

Заключение

Анализ полученных результатов показывает возможность использования метода параметризации речевых сигналов цепями Маркова (SMC) в системах автоматического дикторозависимого распознавания изолированных команд.

При этом выигрыш во времени параметризации фрагментов речевых сигналов может иметь порядок

$$\frac{N + 2N \log_2 N}{N} \sim 2 \log_2 N, \text{ при } N \rightarrow \infty.$$

Библиографический список:

1. Венедиктов М. Д. Дельта-модуляция. Теория и применение / Венедиктов М. Д., Женецкий Ю. П., Марков В. В. – М.: Связь, 1976. – С. 104-114.
2. Ле Н. В. Распознавание речи на основе искусственных нейронных сетей / Ле Н. В., Панченко Д. П. // Технические науки в России и за рубежом: материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Москва, май 2011 г.). – М.: Ваш полиграфический партнер, 2011. – С. 8-11.
3. Мазуренко И. Л. Автоматные методы распознавания речи // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук. – М., 2001. – 16 с.
4. Рабинер Л. Р. Цифровая обработка речевых сигналов: пер. с англ. / под ред. Прохорова Ю. Н, Назарова М. В. – М.: Радио и связь, 1981. – 496 с.
5. Advances in Speech Signal Processing / S. Furi, M. Soundi // New York: Marcel Dekker, inc., 1991. – 871 p.
6. F. Zheng. Comparison Of Different Implementations Of MFCC / F. Zheng, G. Zhang, Z. Song // Computer Science & Technology, 16(6): 2001. – pp. 582-589.
7. H.Hermansky. Perceptual Linear Predictive (PLP) Analysis of Speech // The Journal of the Acoustical Society of America, 87(4), 1990. – pp. 1738-1752.
8. S. Sukittanon. Modulation-Scale Analysis For Content Identification / L.E.Atlas, J.W.Pitton // IEEE Transactions On Signal Processing, 2004. – Vol.52. – No.10. – pp. 3023-3035.
9. X. Huang. Spoken Language Processing: A guide to theory, algorithm, and system development / A. Acero, H. Hon // Prentice Hall, 2001.

10. Прозоров Д. Е. Нелинейная фильтрация многозначных импульсных сигналов // Вестник Московского энергетического института. – 2007. – № 3. – С. 106-112.

Информация об авторах

Data on authors

Плетнёв Константин Владимирович – аспирант кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВПО «ВятГГУ».

Тел.: +79091402471

E-mail.: pletnev.kirov@gmail.com

Pletnyov Konstantin Vladimirovich – post-graduate student in applied mathematics and computer science in FSBEI of HPE «VyatSU».

Тел.: +79091402471

E-mail.: pletnev.kirov@gmail.com

Прозоров Дмитрий Евгеньевич – доктор технических наук, профессор кафедры радиоэлектронных средств ФГБОУ ВПО «ВятГГУ».

Тел.: +7912-711-2111

E-mail.: prozorov.de@gmail.com

Prozorov Dmitry Yevgenyevich – Dr. Sc (Engineering), Prof. in Radioelectronic Aids, FSBEI of HPE «VyatSU».

КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ШИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЗАГОТОВОК

QUALIMETRIC APPROACH TO QUALITY ESTIMATION OF WOODEN FINGER JOINTS

В статье приведена методика оценки уровня качества шипового соединения. Разработана система показателей для оценки качества шипов. Приведены модели для расчета показателей и уровня качества шиповых соединений.

The paper describes the method of thorn quality rating. A system of factors for thorn quality rating has been developed. Models for quality estimation of finger joints are proposed.

Ключевые слова: деревообработка, шиповые соединения, оценка качества.

Keywords: woodworking, finger joints, quality estimation.

Конкурентоспособность изделий из древесины в значительной мере зависит от качества сопряжения деталей. При изготовлении высококачественных мебельных и столярно-строительных изделий широко применяют клеевые шиповые соединения.

В настоящее время для оценки показателей качества соединений по длине и изделий с их применением используются государственные стандарты, стандарты организаций и другая нормативная документация [1-12]. В этих

документах приведены перечни показателей качества некоторых видов изделий из древесины, а также изложены методики, позволяющие оценить отдельные показатели качества соединений: прочность при растяжении, изгибе и др. В них не изложена методика, позволяющая сравнить варианты соединений по совокупности показателей и выбрать лучшие.

При проектировании изделия перед производителем встает задача выбора оптимального соединения из нескольких альтернативных вариантов. При этом необходимо учитывать целый комплекс требований, предъявляемых к изделию с точки зрения условий производства и эксплуатации изделия.

В настоящей работе изложена методика сравнительной оценки уровня качества шиповых соединений, базирующаяся на методах квалиметрии [13-14] и позволяющая комплексно оценить соответствие шипового соединения требованиям стандартов, потребителей и производителей.

Для оценки качества альтернативных вариантов соединений необходимо решить следующие задачи: разработать номенклатуру показателей качества шипов; разработать методику оценки качества шипов; выбрать модели для расчета уровня качества шиповых соединений. Эти задачи соответствуют типовым этапам квалиметрической оценки качества продукции [14]:

- 1) формулировка требований к соединению с учетом его назначения;
- 2) разработка системы показателей для оценки качества шипового соединения;
- 3) выбор базовых образцов и определение базовых показателей качества;
- 4) разработка методики и определение значений показателей качества соединения;
- 5) выбор метода и оценка уровня качества соединения;

б) выработка рекомендаций для выбора соединения, имеющего наиболее высокий уровень качества.

На первом этапе оценки качества формулируются требования к соединению на основе комплекса данных о параметрах заготовки и функциональном назначении изделия, в котором будет использоваться соединение, с учетом требований стандартов и условий производства. Например, к шиповому соединению, используемому для сращивания заготовок по длине в производстве дверной филенки, предъявляются следующие требования:

- порода древесины – сосна;
- размеры заготовки: сечение 20×35 мм, длина 150÷600 мм;
- влажность заготовок 9÷11 %;
- наклон волокон - не более 5%;
- расположение клеевого шва относительно пласта склеиваемых заготовок – вертикальное;
- в зоне соединения не допускаются сучки;
- точность формирования шипов – по 13 качеству по ГОСТ 6449.1;
- шероховатость поверхностей склеивания шипов $R_m \max \leq 200$ мкм;
- зазор в стыках – не более 5% длины шипов;
- прочность соединения на изгиб не менее 26 МПа;
- длина шипа – не более 10 мм;
- для сращивания используется клей поливинилацетатный ПВА марки «Акрон-Супер», ТУ 2385-030-00203789-99.

На втором этапе для формирования развернутой номенклатуры показателей качества шиповых соединений по длине были изучены стандартные показатели качества продукции с применением шиповых соединений [1-2], государственные стандарты на изделия из древесины [3-7, 16], методы испытаний клеевых соединений [8-12], а также требования к перечню типовых показателей качества

продукции [13-14]. В результате проведена классификация и сформирован перечень комплексных и единичных показателей качества шипового соединения по длине. В перечень входят 10 типовых показателей первого уровня:

- назначения;
- надежности;
- экономичного использования сырья, материалов, топлива и энергии;
- технологичности;
- безопасности;
- эргономические;
- экологические;
- эстетические,
- патентно-правовые,
- экономические.

На втором уровне находятся 20 подгрупп типовых показателей, например, в группу показателей назначения включены показатели классификационные, конструктивные, состава и структуры; в группу показателей надежности – показатели безотказности, сохраняемости, ремонтпригодности, долговечности.

На третьем уровне выявлено 57 комплексных показателей, например, среди классификационных показателей - прочность склеивания, физико-механические характеристики древесины и др.; среди показателей безотказности – величина разбухания, жесткость и др.

Четвертый уровень включает 117 единичных показателей, например, комплексный показатель «прочность склеивания» можно оценить единичными показателями «предел прочности при растяжении», «предел прочности при статическом изгибе» и др.; комплексный показатель

«величина разбухания» – единичными показателями «разбухание при изменении влажности воздуха», «разбухание при склеивании» и др.

Каждому показателю присвоен код в зависимости от уровня и местоположения в группе. В качестве примера в табл. 1 приведены показатели надежности шиповых соединений.

Таблица 1

Показатели надежности шиповых соединений

Код 2 уровня	Показатели 2 уровня	Код 3 уровня	Показатели 3 уровня	Код 4 уровня	Показатели 4 уровня
2.1	Показатели безотказности	2.1.1	Величина разбухания	2.1.1.1	Разбухание при изменении влажности
				2.1.1.2	Разбухание при склеивании
				2.1.1.3	Разбухание при нанесении защитно-декоративных покрытий
		2.1.2	Жесткость	2.1.2.1	Допускаемый прогиб
		2.1.3	Формоустойчивость	2.1.3.1	Отклонения формы
		2.1.4	Несущая способность	2.1.4.1	Коэффициент безопасности
2.2	Показатели сохраняемости	2.2.1	Условия хранения	2.2.1.1	Жесткость условий хранения
		2.2.2	Условия транспортирования	2.2.2.1	Жесткость условий транспортирования
		2.2.3	Требования условий эксплуатации	2.2.3.1	Устойчивость к температурно-влажностным воздействиям
				2.2.3.2	Монтажная нагрузка
				2.2.3.3	Ветровая нагрузка
				2.2.3.4	Снеговая нагрузка
		2.2.3.5	Устойчивость к воздействию кислорода воздуха		
2.3	Показатели ремонтпригодности	2.3.1	Коэффициент ремонтпригодности	2.3.1.1	Коэффициент ремонтпригодности
2.4	Показатели долговечности	2.4.1	Средний срок службы	2.4.1.1	Средний срок службы
		2.4.2	Долговечность	2.4.2.1	Долговечность по циклическим нагрузкам

Разработанная номенклатура из 117 единичных показателей может быть использована в качестве основы для определения системы критериев при решении задач выбора шиповых соединений различного назначения. При этом выбирается комплекс наиболее значимых показателей.

В качестве примера здесь и далее вновь рассмотрим шиповые соединения деленок дверной филенки, полученные способом холодного торцового прессования [15]. В результате анализа данных, приведенных в научно-технических источниках [1-12], необходимыми и достаточными признаны следующие единичные показатели качества:

- относительная глубина деформированной зоны Δh ;
- изменение макроструктуры деформированной зоны M ;
- шероховатость граней проушины $R_{m \max}$;
- относительная твердость дна проушины ΔHRL ;
- прочность соединения по длине на растяжение σ_{pW} ;
- прочность соединения по длине на изгиб $\sigma_{изгW}$.

Таким образом, комплексный показатель «качество шипового соединения» будет оцениваться по ряду единичных показателей (рис. 1).

На третьем этапе оценки качества определяются базовые и предельные значения показателей качества соединения с учетом требований стандартов [1-12, 16] и требований предприятия. В качестве базовых приняты значения показателей качества наилучших образцов соединений по длине, используемых на практике. (Это соединения на зубчатый мини-шип, полученный фрезерованием). В качестве предельных приняты наибольшие или наименьшие регламентированные стандартами значения показателей, а также значения, рекомендованные экспертами.



Рис. 1. Система показателей для оценки качества шиповых соединений
 дялянок дверной филенки

Базовое значение показателя «относительная глубина деформированной зоны Δh » для лучших образцов соединений должно составлять $\Delta h=0\%$, поскольку изменение структуры древесины в зоне расположения клеевого шва меняет тон древесины, текстуру и в целом акцентирует внимание на шве, что нежелательно. Относительная остаточная деформация древесины под поверхностью резания составляет $\varepsilon_0=0,15\dots 0,25$. Предельное значение показателя составляет $\Delta h=35\%$.

Изменение макроструктуры M в лучших образцах соединений должно быть минимальным. По пятибалльной шкале базовое значение $M=5$ (отличная структура), предельное $M=3$ (удовлетворительная структура).

На практике поверхности под склеивание обрабатывают до шероховатости не выше 200 мкм, что удовлетворяет требованиям,

предъявляемым к клеевым соединениям. Шероховатость $R_{m\max}=200$ мкм принимается за предельное значение показателя качества. Принято, что шероховатость поверхности должна составлять не более $1/6$ допуска детали. Для шиповых соединений на клею рекомендована посадка H13/k13. Для толщины шипа 1,8 мм значение допуска по 13 качеству составляет 0,14 мм, шероховатость должна составить не более $R_{m\max}=0,14/(2*6)*1000=11,7$ мкм. Поэтому за базовое значение показателя «шероховатость граней шипа» принято значение $R_{m\max}=12$ мкм.

Базовое значение показателя «относительная твердость дна проушины ΔHRL » для лучших образцов может составлять 200%. Это связано с тем, что между твердостью и плотностью древесины наблюдается тесная взаимосвязь. Обработка давлением склеиваемых торцовых поверхностей приводит к уменьшению пористости торцовой поверхности, снижению расхода клея, увеличению прочности клеевого шва. В ходе разведывательных экспериментов выявлено, что за предельное значение показателя допустимо принять значение $HRL=35\%$.

Прочность склеивания должна быть выше прочности древесины; разрушение склеенных заготовок должно происходить по древесине, а не по клеевому шву. Оптимальное клеевое соединение должно иметь прочность, равную прочности цельной древесины. За базовые значения показателей «прочность соединения по длине на изгиб $\sigma_{изгW}$ » и «прочность соединения по длине на растяжение σ_{pW} » приняты значения соответствующих показателей массивной древесины сосны при влажности 12%: $\sigma_{изгW}=92$ МПа, $\sigma_{pW}=111$ МПа. В соответствии с ГОСТ 30972-2002 [16] предельные значения $\sigma_{изгW}=20$ МПа, $\sigma_{pW}=26$ МПа.

Базовые и предельные значения показателей качества соединений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения показателей и уровня качества соединений

Показатель	Размерность	Базовое значение	Предельное значение	Оцениваемое значение			Расчет уровня качества Y_{ka} по дифференциальному методу					
				ОПШ	ЗПШ	ФЗШ	ОПШ		ЗПШ		ФЗШ	
							Y_j	Y_{ka}	Y_j	Y_{ka}	Y_j	Y_{ka}
$\sigma_{изгW}$	МПа	92	20	50	58	52	0,42	0,47	0,52	0,57	0,44	0,34
σ_{pW}	МПа	111	26	49	59	68	0,26	-	0,39	-	0,49	-
$R_{m \max}$	мкМ	12	200	80	80	200	0,64	-	0,64	-	0,00	-
ΔHRL	%	200	35	154	154	10	0,72	-	0,72	-	0,21	-
Δh	%	0	35	24	22	25	0,32	-	0,32	-	0,29	-
M	балл	5	3	3,9	4,7	4,2	0,45	-	0,85	-	0,60	-

На четвертом этапе оценки качества шиповых соединений разрабатываются методики для определения значений единичных показателей. В рассматриваемом примере единичные показатели оцениваются с помощью соотношений, приведенных в работе [15], а также по результатам испытаний опытных образцов в соответствии с требованиями стандартов [10, 11] и по результатам экспертных оценок. Значения показателей для шиповых соединений по длине на открытый и закрытый прессованный прямоугольный шип (далее – ОПШ и ЗПШ соответственно), а также на фрезерованный зубчатый шип (далее – ФЗШ) приведены в табл. 2.

На пятом этапе выбирается метод оценки уровня качества соединения и проводится его расчет. Для расчета уровня качества соединения предлагается использовать квалиметрические методы дифференциальной и комплексной оценки качества [14].

Дифференциальный метод оценки качества позволяет оценить уровень качества соединения по отдельным показателям, путем сопоставления с соответствующими показателями базового образца (лучшего из известных соединения по длине). При этом можно определить, насколько качество оцениваемого соединения соответствует качеству базового образца; какие показатели свойств соответствуют или не соответствуют показателям свойств базового образца и как от них отличаются. Учитываются наиболее значимые свойства объекта, условно считаясь равнозначными. Таким образом, дифференциальный метод позволит количественно оценить и принять решения по отдельным свойствам соединения, без учета весомости каждого показателя. Он может быть использован на первом, предварительном этапе оценки уровня качества соединения, при определении возможности использования соединения для изготовления изделий из древесины.

Комплексный метод может быть применен на втором этапе, с целью более точной оценки качества соединения. Он позволяет учитывать совокупность свойств соединения с учетом их весомости, которая в зависимости от целей оценки может определяться разными методами. Экспертный метод определения коэффициентов весомости учитывает мнение группы экспертов и может быть применен при внедрении соединения в производство конкретного изделия. Метод предельных и номинальных значений базируется на использовании данных, приведенных в стандартах, поэтому позволит оценить качество соединения относительно требований ГОСТ [3-5, 9-11, 16].

Для рассматриваемого примера использован дифференциальный метод расчета уровня качества [13, 14]. Модель для оценки качества соединения по дифференциальному методу представлена на рисунке 2.

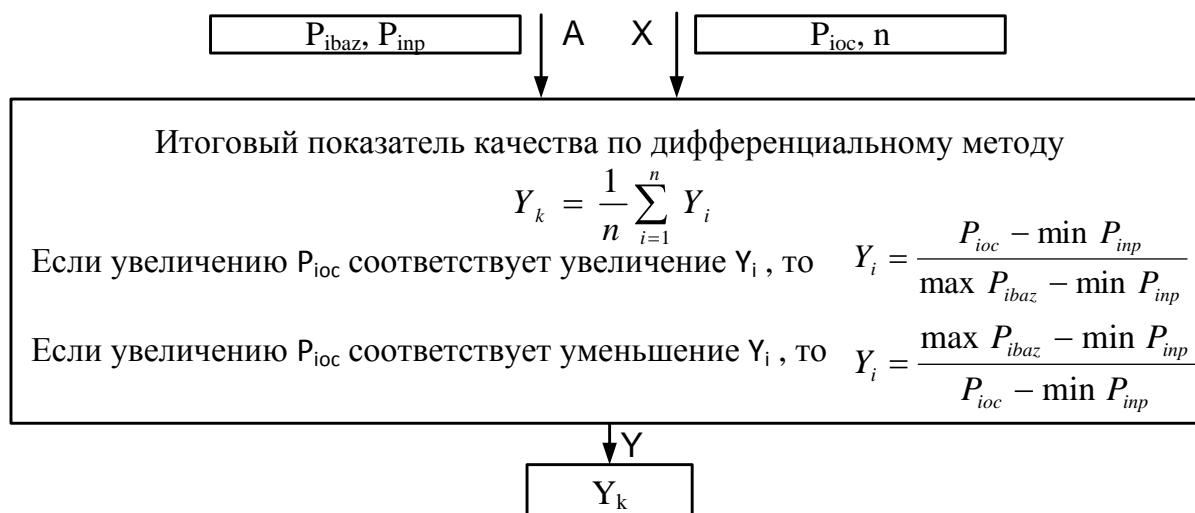


Рис 2. Модель для расчета комплексного показателя качества шипового соединения по дифференциальному методу

В приведенных на рисунке 2 формулах использованы следующие обозначения:

- Y_k – итоговый показатель качества соединения (уровень качества);
- n – количество показателей свойств;
- Y_i – относительный показатель i -го свойства оцениваемого и базового образцов соединений;
- P_{ioc} – значение i -го единичного показателя свойств соединения;
- P_{inp} – предельно допустимое значение показателя P_{ioc} (наибольшее или наименьшее регламентированное значение показателя продукции);
- P_{ibaz} – значение i -го показателя базового образца.

Результаты расчета показателей качества соединений на ОПШ, ЗПШ и ФЗШ по выбранной модели (рисунок 2) приведены в таблице 2.

Завершающий **шестой этап** работы по оценке качества соединений предполагает выработку рекомендаций для выбора соединения, имеющего наиболее высокий уровень качества.

С целью анализа результатов расчета уровня качества построена лепестковая диаграмма (рисунок 3).

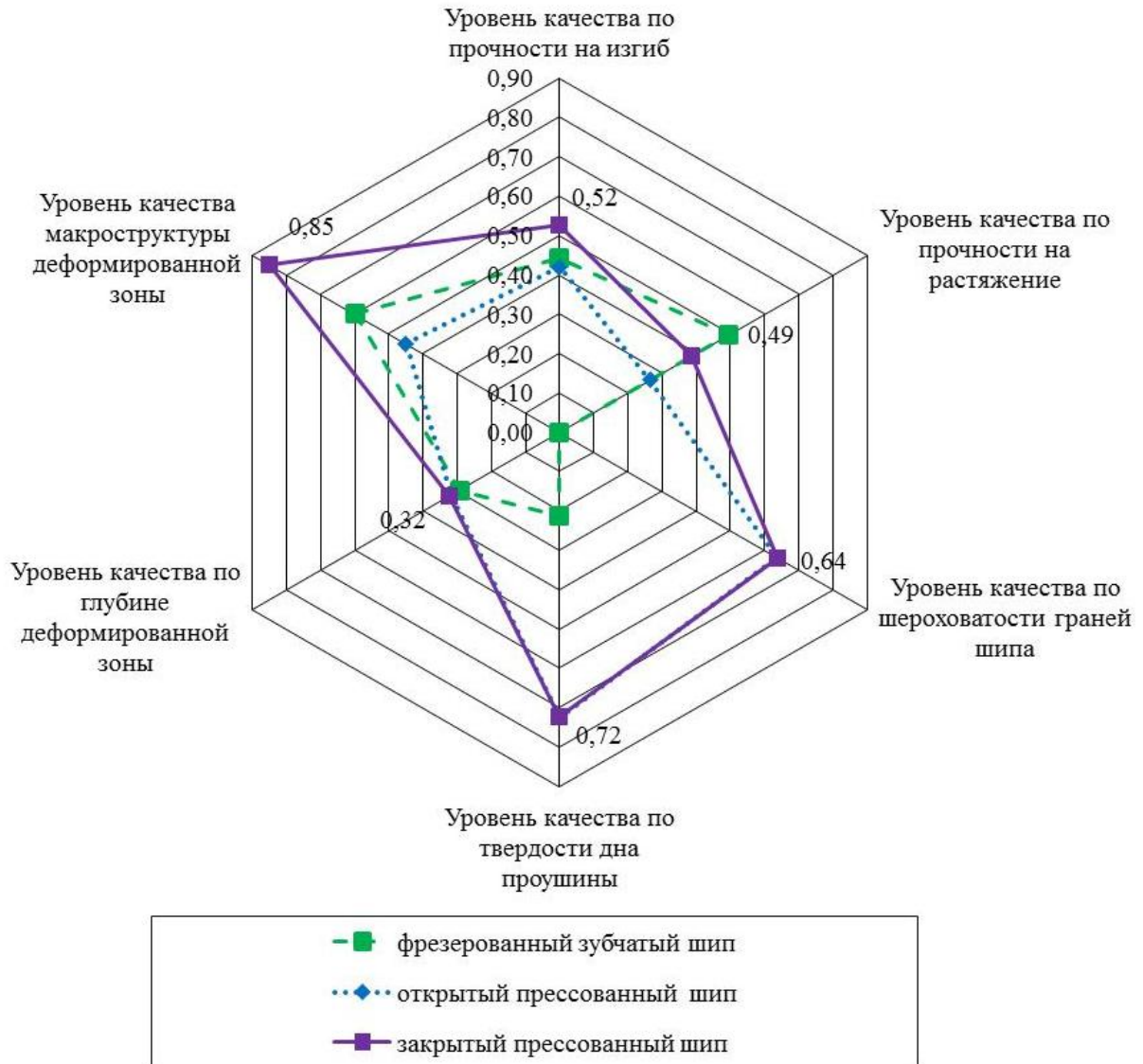


Рис. 3. Диаграмма качества соединений по длине

Анализируя диаграмму, можно отметить, что соединения на прессованные шипы (ОПШ и ЗПШ) уступают соединению на фрезерованный шип (ФЗШ) по показателю «прочность на растяжение». Однако в целом показатели качества ОПШ и ЗПШ соответствуют требованиям, предъявляемым к соединениям по длине. К применению на

предприятию можно рекомендовать соединение на ЗПШ, т.к. оно обладает более высоким уровнем качества.

Таким образом, предлагаемая методика сравнительной оценки уровня качества шиповых соединений, разработанная на основе методов квалитметрии, позволяет комплексно оценить соответствие шипового соединения требованиям стандартов; дать оценку возможности его использования в производстве изделий из древесины; определить уровень качества исследуемого соединения по сравнению с лучшими, базовыми образцами.

Библиографический список:

1. ГОСТ 4.208-79. Система показателей качества продукции. Строительство. Конструкции деревянные клееные. Номенклатура показателей. – Введ. с 01.07.80. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 6 с.

2. ГОСТ 4.226-83. Система показателей качества продукции. Строительство. Окна, двери и ворота деревянные. Номенклатура показателей. - Введ. с 01.01.84. - М. : Изд-во стандартов, 1990. - 10 с.

3. ГОСТ 20850-84. Конструкции деревянные клееные. Общие технические условия. - Введ. с 01.01.85. - М. : Изд-во стандартов, 1985. – 7 с.

4. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. - М. : ГУП ЦПП, 1999. - 28 с.

5. ГОСТ 475-78. Двери деревянные. Общие технические условия. - Введ. с 01.01.79. - М. : Изд-во стандартов, 1978. - 20 с.

6. Деревянные клееные и цельнодеревянные конструкции. Методы проектирования и расчета. Стандарт организации СТО 36554501-002-2006. — М.: ФГУП НИЦ «Строительство», 2006 г.

7. Деревянные клееные конструкции несущие. Общие технические требования. Стандарт организации СТО 36554501-003-2006. — М.: ФГУП НИЦ «Строительство», 2006 г.

8. Деревянные клееные конструкции. Методы испытаний клеевых соединений при изготовлении. Стандарт организации СТО 36554501-004-2006. — М.: ФГУП НИЦ «Строительство», 2006 г.

9. ГОСТ 15613.1-84. Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон. - Введ. с 01.07.86 до 01.07.91. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 6 с.

10. ГОСТ 15613.5-79. Древесина клееная массивная. Метод определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при растяжении. - Введ. с 01.01.80 до 01.01.85. - М.: Изд-во стандартов, 1979. - 4 с.

11. ГОСТ 15613.4-78. Древесина клееная. Методы определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при статическом изгибе. - Взамен Изм. 1, 2. - Взамен ГОСТ 14349-69 ; Введ. с 01.07.79 до 01.07.84. - М.: Изд-во стандартов, 1978. - 6 с.

12. Руководство по изготовлению и контролю качества деревянных клееных конструкций. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Москва: Стройиздат, 1982. 92 с.

13. ГОСТ 15467-79 (СТ СЭВ 3519-81). Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.-Введ. с 01.07.79. - М.: Изд-во стандартов, 1991. - 28 с.

14. Федюкин В. К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: учеб. пособие. – М.: Филинь, 2004. – 296 с.

15. Рублева О. А. Качество шипов, изготовленных холодным торцовым прессованием // Вестник Московского государственного

университета леса - Лесной вестник. – М.: МГУЛ. - 2010. - вып.4. - С. 160-163.

16. ГОСТ 30972-2002. Клееный брус. Заготовки и детали деревянные клееные для окон оконных и дверных блоков. - Введ. 2002-09 - М.: Изд-во стандартов, 2002. - 31 с.

Информация об авторах

Data on authors

Рублева Ольга Анатольевна – кандидат технических наук доцент кафедры машин и технологий деревообработки ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел. (8332) 53-23-94

E-mail: olga_ru@vyatsu.ru

Rublyova Olga Anatolyevna – Cand. Sc. (Engeneering), Associate Prof. in Woodworking Machines and Technologies in FSBEI of HPE «VyatSU».

Tel. (8332) 53-23-94

E-mail: olga_ru@vyatsu.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СИГНАЛОВ ОТ ШУМА

APPLICATION OF EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION FOR SIGNAL DENOISING

Представлен метод эмпирической модовой декомпозиции сигналов. Описаны практические аспекты реализации данного метода. Описаны некоторые способы уменьшения времени расчёта и краевых эффектов

A method for empirical mode decomposition of signals is presented. Practical aspects of realizing the given method are described. Several ways of how to reduce the time of calculation and edge effects are offered.

Ключевые слова: эмпирическая модовая декомпозиция

Keywords: Empirical mode decomposition

Стандартной парадигмой при разработке алгоритмов цифровой обработки сложных сигналов является представление их в виде композиции более простых компонент. Этот подход используется в таких технологиях как методы анализа компонент – анализ главных компонент (РСА – Principial Component Analysis), анализ независимых компонент (ICA – Independent Component Analysis), Residual Component Analysis, Morphological Component Analysis и др., технологии Synchrosquizing. В данной статье представлена достаточно новая и высоко адаптивная технология анализа сигналов – декомпозиция на эмпирические моды.

Данный метод не требует каких-либо априорных знаний о структуре сигнала, вся информация извлекается из самого сигнала в процессе разложения его на эмпирические моды. Алгоритм включает два вложенных цикла. Внешний цикл предназначен для выделения эмпирических мод (Empirical Modes), или внутренних колебаний (IMF – Intrinsic Modes). Внутренний цикл предназначен для формирования конкретной эмпирической моды. Эмпирическая мода – это такая функция, которая обладает следующими двумя свойствами:

– количество экстремумов (и максимумов и минимумов) и количество пере-сечений нуля не должны отличаться более чем на единицу;

– среднее значение, которое определяется по двум огибающим – верхней и нижней, должно быть равно нулю.

Любой сигнал можно разделить на семейство эмпирических мод придерживаясь следующей методики:

1) Находим все экстремумы сигнала $f(t)$ (разделяем их на максимумы и минимумы). Далее, используя, например, кубические сплайны, интерполируем верхнюю $Max_i(t)$ и нижнюю $Min_i(t)$ огибающую сигнала, определяем среднее значение

$$H_i(t) = 0.5(Max_i(t) - Min_i(t)), \quad (1)$$

где i - текущий шаг процесса отсеивания.

2) Найденное среднее значение вычитается из текущего остатка $K_i(t)$.

Для $i = 1$

$$K_{i-1}(t) = f(t); K_i(t) = K_{i-1}(t) - H_i(t). \quad (2)$$

Если $K_i(t)$ удовлетворяет условиям эмпирической моды, то $S_j(t) = K_i(t)$ и происходит переход к шагу 3, в противном случае процесс начинается сначала. Только теперь в качестве текущего остатка используется $K_i(t)$.

3) Далее вычитаем полученную моду из текущего остатка для её обновления:

$$P_j(t) = P_{j-1}(t) - K_i(t). \quad (3)$$

Если $j=1$, то $P_{j-1}(t) = f(t)$.

4) Вновь переходим к шагу 1, где вместо $f(t)$ подставляем $P_j(t)$, т. е. при $i=1$ $K_{i-1}(t) = P_j(t)$.

Существует несколько критериев останова процесса разложения:

- 1) Остаток $P_j(t)$ становится монотонной функцией.
- 2) Остаток $P_j(t)$ или очередная мода $s_j(t)$ имеют несущественную мощность или амплитуду по сравнению с основным сигналом на протяжении всей области его определения.

3) По мере увеличения количества мод среднеквадратическая ошибка реконструкции сигнала путём суммирования всех этих мод будет уменьшаться, но только до определённого предела. Т.е. остановка процесса декомпозиции может происходить, если последующие моды не влияют или увеличивают величину ошибки.

Таким образом, мы получаем сигнал, разложенный по адаптивному базису.

Несмотря на то, что метод эмпирической модовой декомпозиции сигналов достаточно просто реализуется на практике, он имеет ряд принципиальных проблем.

Во-первых, это краевые эффекты. Причиной подобных эффектов являются не ошибки аппроксимации верхней и нижней огибающих на граничных точках области определения исходного сигнала. В процессе разложения мгновенная частота мод, как правило, увеличивается, что приводит к увеличению интервалов между граничными точками и экстремумами рассматриваемой функции, а значит и к увеличению краевых эффектов. Кроме того, необходимо помнить, что модовая

декомпозиция носит последовательный характер, а значит, ошибки, связанные с подобным эффектом, рекурсивно накапливаются в процессе разложения.

Наиболее распространенным способом решения данной проблемы является продолжение сигнала слева и справа от области определения на нескольких периодах (обычно не менее 3-4) его копией или экстраполяцией исходного сигнала (например, функцией `predict`, если речь идёт о среде MatLab).

Второй и, пожалуй, самой важной проблемой является непосредственная очистка сигнала от шума посредством удаления из него соответствующих модовых функций.

Связь между исходным сигналом и полученными в результате разложения эмпирическими модами можно записать в следующем виде:

$$f(t) = \sum_{i=1}^{p-1} S_i(t) + P_p(t), \quad (4)$$

где $P_p(t)$ - остаток разложения. Воспользуемся наиболее распространённым способом - выделим из правой части выражения первое слагаемое $S_1(t)$. Если предположить, что именно это слагаемое и будет с достаточной степенью достоверности описывать присутствующий в сигнале шум, в виду наиболее выраженного высокочастотного характера, то

$$f(t) = S_1(t) + \sum_{i=2}^{p-1} S_i(t) + P_p(t). \quad (5)$$

Надо отметить, что данная методика не является точной в строгом смысле, так как на практике шумовая компонента сигнала вносит свой вклад в каждую из полученных эмпирических мод. Всё это в итоге приводит к некоторой погрешности при восстановлении исходного сигнала. Для более точного анализа можно использовать такие методы как EEMD и CEEMD [2]. Это новый и более качественный подход разложения

исходного сигнала на эмпирические моды. Суть метода заключается в многократном добавлении к исходному сигналу белого шума, что создаёт некоторый усредняющий эффект и позволяет более корректно восстанавливать исходный сигнал.

Третьей проблемой является большое время вычислений. Подобная проблема очень важна в практическом смысле при реализации подобных алгоритмов. Особенно время вычисления возрастает, когда речь идёт о сильно зашумленных многокомпонентных или нестационарных сигналах высокой частоты и сложной формы, где требуется обрабатывать достаточно большое количество отсчётов.

Основными способами решения данной проблемы являются следующие:

- тщательная оптимизация вычислительных алгоритмов, переход на языки программирования более низкого уровня или аппаратные платформы;

- использование более простых способов интерполяции в процессе вычислений, например, не сплайновой, а параболической;

- уменьшение области определения исходного сигнала.

Далее представлен пример разложения некоторого сигнала на эмпирические моды и очистки его от шума в среде MatLab. В качестве исходного сигнала для большей наглядности используется сумма трёх гармонических составляющих, подвергшихся воздействию белого шума.

На рисунках 1-3 представлены диаграмма разложения исходного сигнала на эмпирические моды.

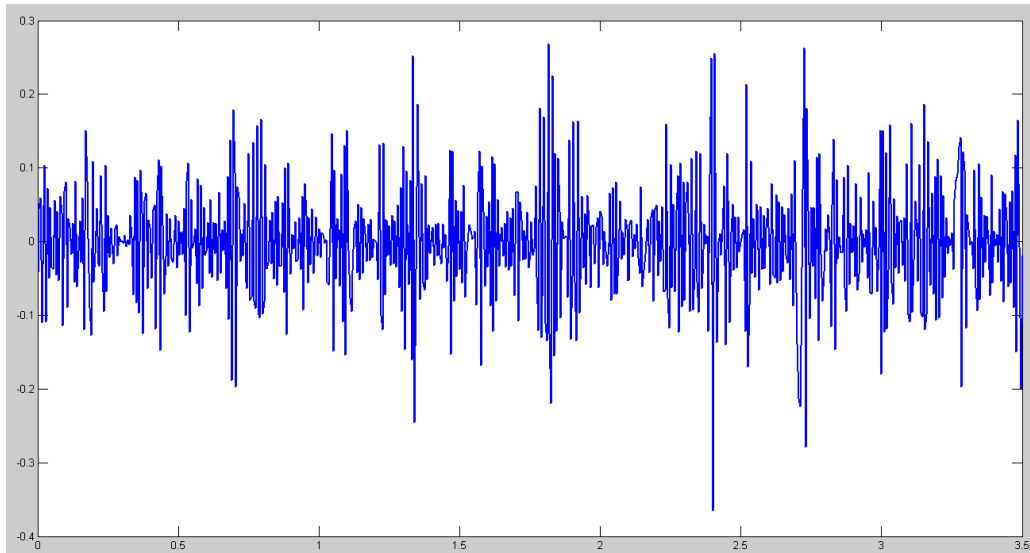
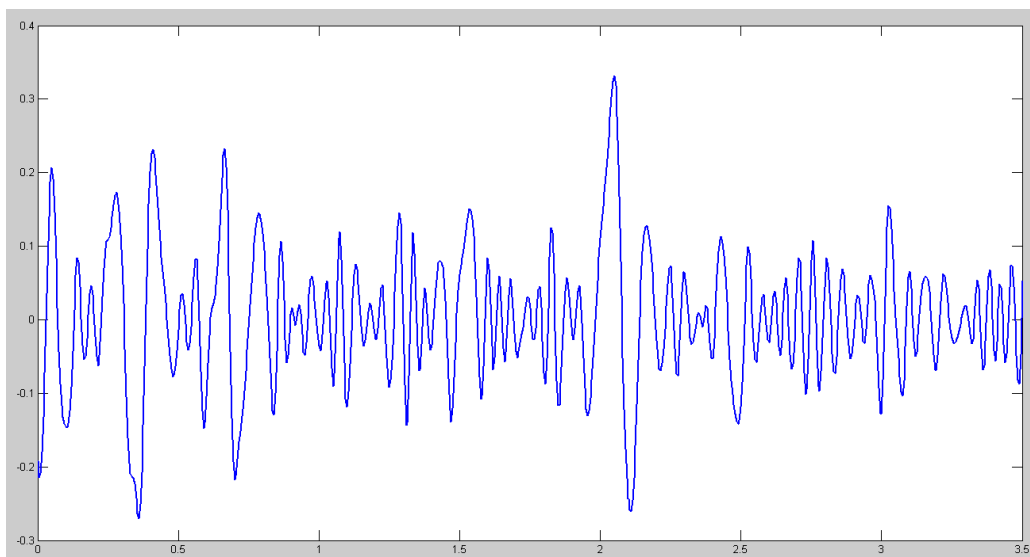
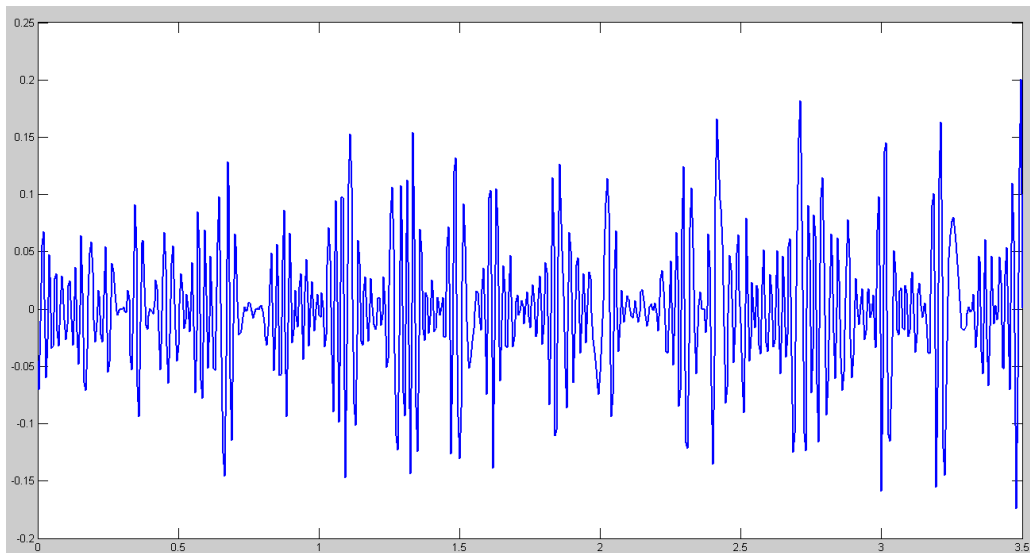


Рис. 1. Исходный сигнал



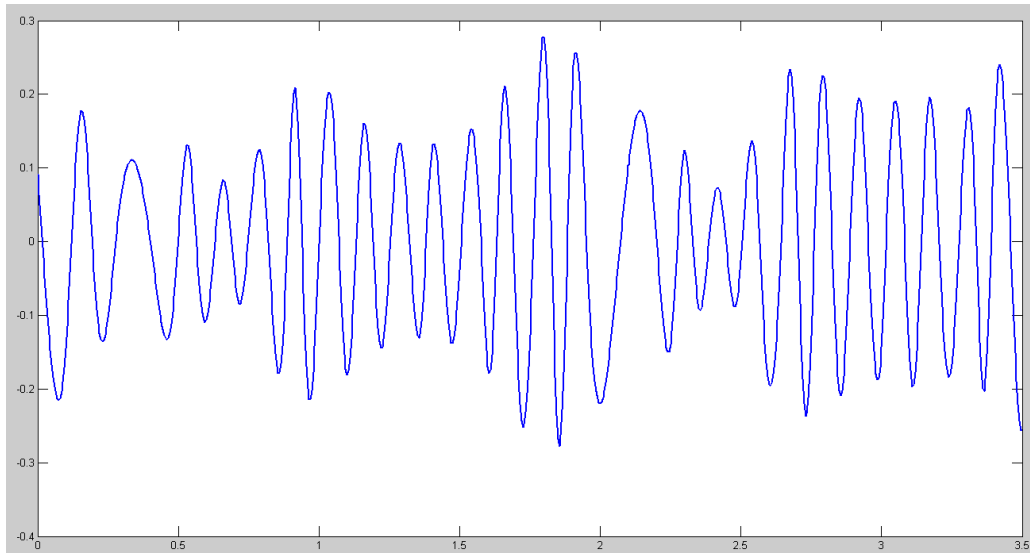
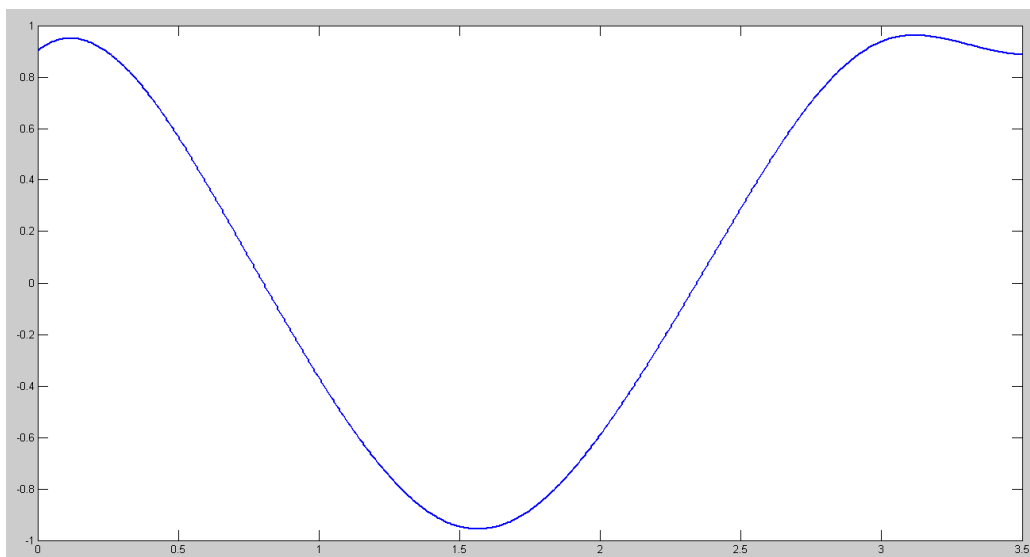
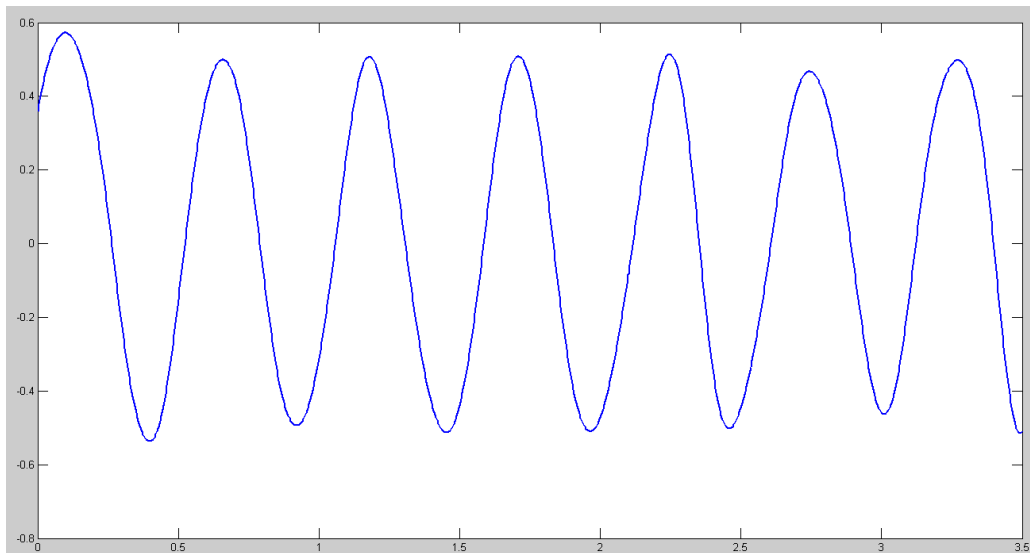


Рис. 2. Промежуточные результаты, получаемые при декомпозиции



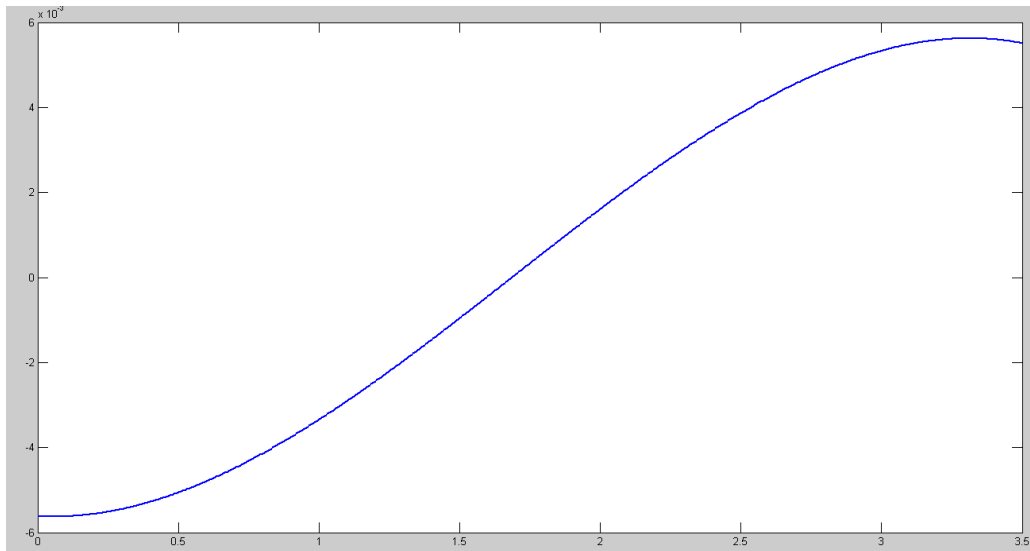
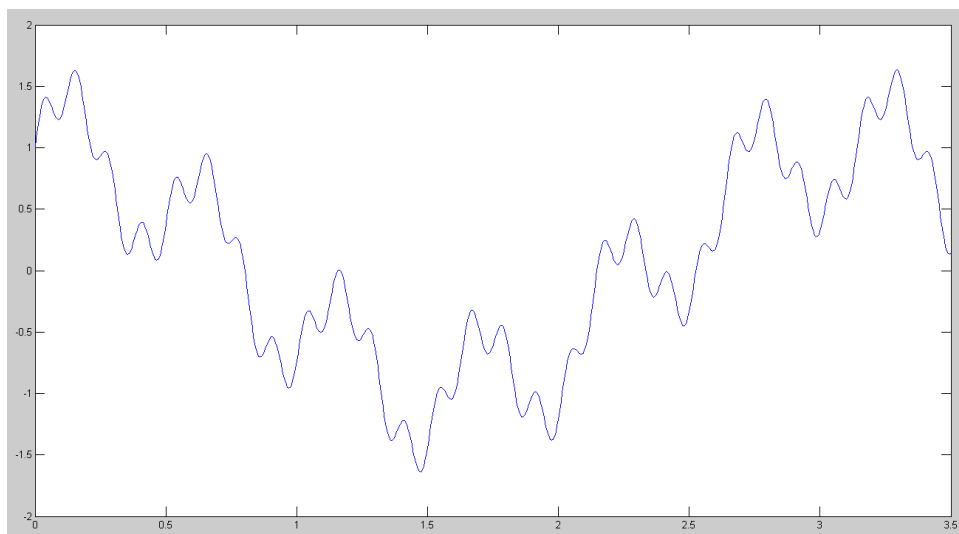


Рис. 3. Результат эмпирической модовой декомпозиции суммы гармонических сигналов и белого шума

На рисунке 4 представлен исходный и восстановленный без шума сигнал.



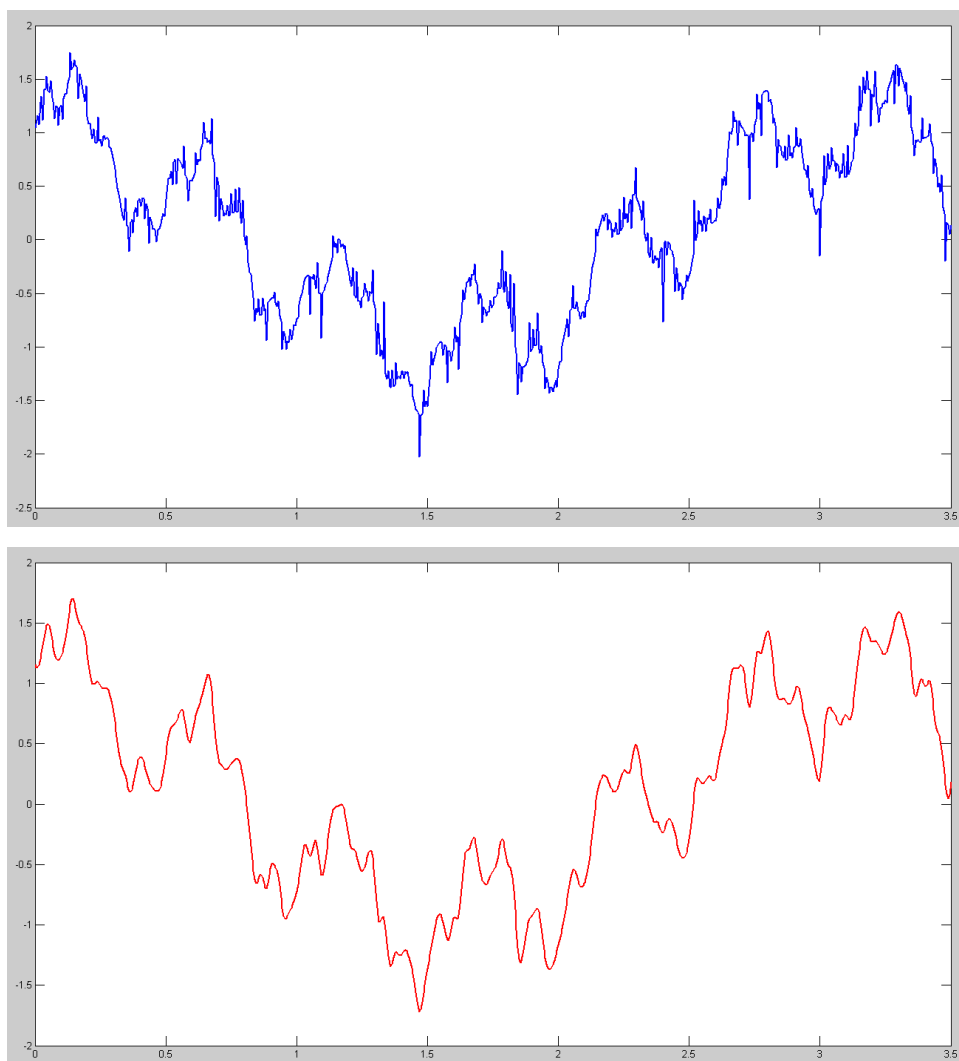


Рис. 4. Исходный, зашумлённый и восстановленный без шума сигнал

В данном случае для интерполяции огибающих максимумов и минимумов функции используются кубические сплайны. Процесс отсеивания прекращается, если результирующий остаток становится монотонной функцией. Для уменьшения влияния краевых эффектов на результат разложения на каждом его шаге, значения верхней и нижней огибающих на границах области определения принимаются равными значениям ближайших к этим точкам экстремумов текущей функции.

Как видно, подобный метод даёт неплохие результаты, особенно при небольших значениях соотношения сигнал шум и относительно простых сигналах. С ухудшением данного соотношения шумовая составляющая

сильней проявляет себя в последующих модах. Это приводит к тому, что в качестве шумовой приходится принимать не только первую, но и последующие моды (вторую и т.д.). Т.е. при восстановлении сигнала теряется значительную часть полезной информации.

Таким образом, классический способ эмпирической модовой декомпозиции сигналов является достаточно простым и эффективным способом очистки сигналов, особенно для небольших значений сигнал/шум. Для более сложных случаев и увеличения точности восстановления исходного сигнала следует использовать методы, упомянутые выше, такие как EEMD и CEEMD.

Библиографический список:

1. The Hilbert-Huang Transform and Its Applications / Ed. by N. E. Huang, S. S. Shen. – World Scientific Publishing Company, 2005. – 324 p.

2. Yeh, J.-R. Complementary ensemble empirical mode decomposition: a novel noise enhanced data analysis method / J.-R. Yeh, J.-S. Shieh, N. E. Huang // Advances in Adaptive Data Analysis (AADA). – 2010. – V. 2. – № 2. – P. 135-156.

Информация об авторах

Data on authors

Стрелков Сергей Олегович – старший инженер Центра информационных технологий и защиты информации, УМВД России по Кировской области.

Тел.:(8332)47-26-55

E-mail: electronicus@yandex.ru

Strelkov Sergey Olegovich - Senior Engineer, Center for Information Technology and Information Security, Office of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Kirov Region.

Tel.:(8332)47-26-55

E-mail: electronicus@yandex.ru

Лесников Владислав Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных средств ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел.: +7-912-712-40-32

E-mail: lesnlex@mail.ru

Lesnikov Vladislav Alexeyevich – Cand. Sc. (Engineering), Associate Prof. in Radioelectronic Aids in FSBEI of HPE «VyatSU».

Tel.: +7-912-712-40-32

E-mail: lesnlex@mail.ru

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТОТНО-
УПРАВЛЯЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТА**

**OPTIMIZATION OF PARAMETERS FOR FREQUENCY
OPERATED ASYNCHRONOUS MOTOR BY METHODS OF
EXPERIMENT PLANNING**

В статье изложены результаты решения задачи по оптимизации параметров схемы замещения для асинхронного двигателя, питаемого импульсным напряжением. В качестве критериев оптимизации выбраны максимальные значения энергетических показателей. Для решения данной задачи использованы математические модели в виде уравнений регрессии, полученные на основе полного факторного эксперимента. Факторный эксперимент выполнен с применением модели асинхронного двигателя, учитывающей влияние высших гармоник импульсного напряжения на электрические и магнитные потери двигателя.

Results of the problem solution how to optimize parameters of equivalent circuit for asynchronous motor powered by pulse voltage are given in the paper. As optimization criteria the maximum values of power indicators are chosen. To solve this problem, mathematical models in the form of regression equations obtained on the basis of complete factorial experiment are used. The factorial experiment has been made with application of asynchronous motor model which

takes into account influence of the highest harmonics in pulse voltage on electric and magnetic losses of the motor.

Ключевые слова: частотно-управляемый асинхронный двигатель, схема замещения, оптимальные параметры, полный факторный эксперимент, максимальные энергетические показатели, импульсное напряжение.

Keywords: frequency operated asynchronous motor, equivalent circuit, optimum parameters, complete factorial experiment, maximum power indicators, pulse voltage.

Асинхронные двигатели, питаемые от регуляторов частоты на основе ШИМ-инверторов, получают в последнее время очень широкое распространение благодаря возможности плавного пуска и регулирования частоты вращения в широком диапазоне, что позволяет оптимизировать энергопотребление в различных режимах работы. Одновременно с указанными преимуществами возникает ряд проблем, связанных с влиянием высших гармоник питающего напряжения, которые приводят к повышению электрических и магнитных потерь в двигателях и к снижению их энергетических показателей. В связи с этим актуальной становится задача проектирования специальных частотно-управляемых асинхронных двигателей (ЧУАД), имеющих улучшенные энергетические показатели (КПД и коэффициент мощности). Для решения задачи оптимального проектирования ЧУАД необходимо получить такие значения параметров схемы замещения двигателя, которые обеспечивают наивысшие энергетические показатели при различных ограничениях. Таким образом, целью настоящей работы является определение оптимальных значений активных и индуктивных сопротивлений статора и ротора ЧУАД при ограничении потребляемого тока и суммарных потерь ЧУАД.

Решение оптимизационной задачи названного вида наиболее эффективно можно проводить с использованием методов планирования эксперимента [1]. Зависимости, связывающие КПД, коэффициент мощности, потери и потребляемый ток ЧУАД с активными и индуктивными сопротивлениями статора и ротора, и пригодные для решения оптимизационных задач, удобнее всего получить в виде уравнений регрессии. В нашей работе для вывода этих выражений применен метод планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ) [1], [4]. С одной стороны, метод ПФЭ не всегда позволяет получить уравнения, связывающие факторы и функции отклика, которые адекватно описывали бы эти зависимости во всех точках факторного пространства. С другой стороны, явными достоинствами этого метода являются простота нахождения коэффициентов уравнений регрессии, ортогональность матрицы планирования и меньшее количество опытов.

На первом этапе решения оптимизационной задачи на основе методики ПФЭ составлялись уравнения регрессии, связывающие энергетические показатели, потребляемый ток и потери ЧУАД с параметрами схемы замещения. В качестве варьируемых величин (факторов) были нами были взяты: активное сопротивление обмотки статора R_1 , приведенное активное сопротивление обмотки ротора R_2' , индуктивное сопротивление обмотки статора X_1 и приведенное индуктивное сопротивление обмотки ротора X_2' . Перечисленные параметры схемы замещения рассчитаны для синусоидального питания. Функциями отклика (выходными величинами) в ПФЭ являлись КПД η , коэффициент мощности λ , потребляемый ток I_1 и суммарные потери ΣP асинхронного двигателя.

Вычислительный эксперимент проводился для асинхронного двигателя номинальной мощностью $P_{2ном} = 2,2 \text{ кВт}$, напряжением

$U_{\text{Ином}} = 380/220 \text{ В}$, номинальной частотой сети $f_1 = 50 \text{ Гц}$, синхронной частотой вращения $n_1 = 1500 \text{ мин}^{-1}$. Предварительно были рассчитаны все размеры, обмоточные данные, параметры схемы замещения и потери двигателя при синусоидальном питании.

Для проведения вычислительного эксперимента использовалась ранее разработанная одним из авторов методика расчета энергетических показателей ЧУАД с учетом влияния высших гармоник импульсного напряжения на потери в обмотках и магнитопроводе [2], [3]. Данная методика основана на разложении кривой импульсного питающего напряжения в гармонический ряд и определении дополнительных потерь от высших гармоник: в обмотках – с учетом вытеснения тока; в магнитопроводе – отдельно от гистерезиса и вихревых токов (в том числе и в роторе).

С использованием метода планирования эксперимента [1] была составлена матрица планирования ПФЭ вида 2^4 . Интервал варьирования факторов принимался равным $\Delta x = 20\%$.

Перевод факторов из абсолютных единиц в кодированные осуществляется по формуле:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i,cp}}{X_{i,cp} - X_{i,min}} = \frac{X_i - X_{i,cp}}{X_{i,max} - X_{i,cp}} = \frac{X_i - X_{i,cp}}{\Delta X}, \quad (1)$$

где x_i – кодированное значение фактора;

X_i – натуральное значение фактора (здесь и далее заглавными буквами обозначены значения факторов в физических единицах, а строчными – кодированные значения);

$X_{i,max}$, $X_{i,min}$ – максимальное и минимальное значения фактора при проведении эксперимента;

$X_{i,cp} = \frac{X_{i,max} + X_{i,min}}{2}$ – среднее значение фактора или базовый (нулевой) уровень;

$\Delta X = X_{i,cp} - X_{i,min} = X_{i,max} - X_{i,cp}$ – интервал варьирования факторов при проведении эксперимента.

Значения варьируемых факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения факторов ПФЭ

Варьируемые параметры	R_1	R'_2	X_1	X'_2
	Ом	Ом	Ом	Ом
Базовый уровень (0)	3,9 98	2,49	3,2 54	3,32
Верхний уровень (+)	4,7 976	2,98 8	3,9 048	3,984
Нижний уровень (–)	3,1 984	1,99 2	2,6 032	2,656
Кодированные факторы	x_1	x_2	x_3	x_4

Матрица планирования ПФЭ приведена в таблице 2. В левой части таблицы приведены значения факторов в кодированных единицах: знак «+» означает, что данный фактор имеет максимальное значение, знак «–» означает, что фактор имеет минимальное значение.

Факторам присвоены условные обозначения:

x_1 – активное сопротивление обмотки статора R_1 ;

x_2 – приведенное активное сопротивление обмотки ротора R'_2 без учета вытеснения тока;

x_3 – индуктивное сопротивление обмотки статора X_1 , рассчитанное для синусоидального питания;

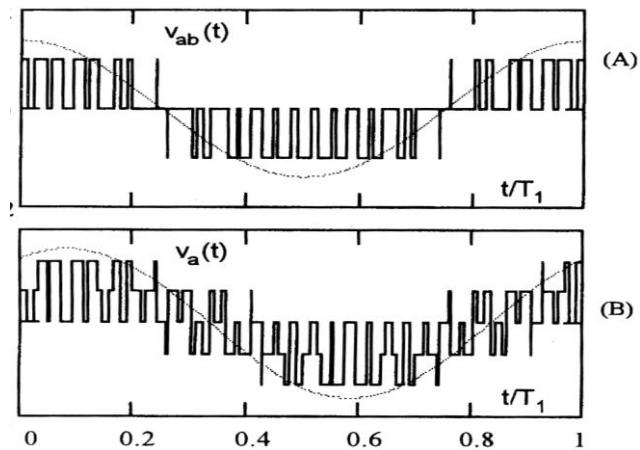


Рисунок 1 – Кривые линейного (А) и фазного (В) напряжений, приложенных к частотно-управляемому асинхронному двигателю

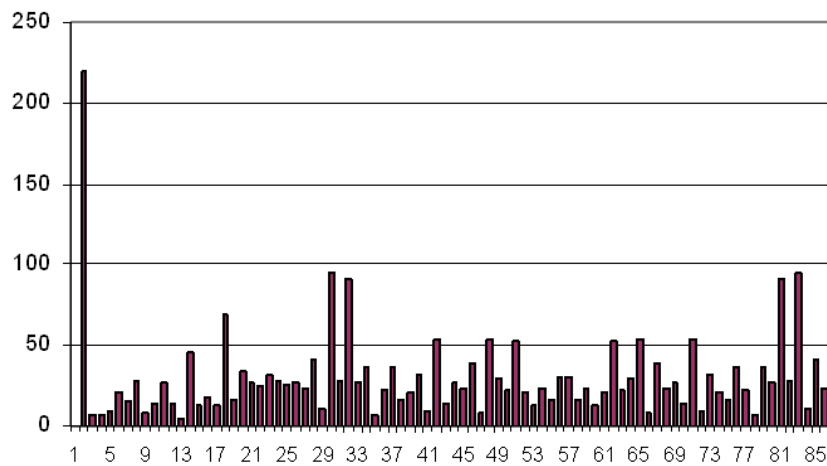


Рисунок 2 – Спектр амплитуд фазного напряжения, приведенного на рисунке 1

Во всех опытах скольжение ротора относительно первой гармоники магнитного поля подбиралось таким, чтобы мощность на валу оставалась неизменной, равной номинальной (2,2 кВт).

Кроме 16 опытов, результаты которых приведены в табл. 2, выполнялся и контрольный опыт при номинальных значениях факторов. Результаты контрольного опыта:

$$\eta_{ном} = 0,7781; \quad \lambda_{ном} = 0,8212;$$

$$I_{L,ном} = 4,8766 \text{ A}; \quad \Sigma P_{ном} = 0,6272 \text{ кВт}.$$

Расчет коэффициентов уравнений регрессии (полиномов) для КПД, тока, коэффициента мощности и потерь ЧУАД осуществлялся по формуле:

$$b_{ij} = b_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Z_{ik} y_{ik}, \quad (2)$$

где i, j – индекс коэффициента по таблице 2 (всего 11 коэффициентов для каждого полинома);

k – номер опыта (всего $N=16$ опытов);

y_{ik} – значение функции отклика в k -м опыте;

Z_{ik} – значение i -го фактора в k -м опыте.

В результате были получены уравнения регрессии:

– для КПД

$$y_{\eta} = 0,77614 - 0,0199 \cdot x_1 - 0,01227 \cdot x_2 + 0,00499 \cdot x_3 + 0,00283 \cdot x_4 - 0,00029 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0002 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,00022 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,00033 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,00039 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,00148 \cdot x_3 \cdot x_4 \quad (3)$$

– для коэффициента мощности

$$y_{\lambda} = 0,81858 + 0,00962 \cdot x_1 + 0,00285 \cdot x_2 + 0,00616 \cdot x_3 + 0,00512 \cdot x_4 + 0,00014 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,00025 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,0002 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,00025 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,00026 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,0027 \cdot x_3 \cdot x_4 \quad (4)$$

– для потребляемого тока

$$y_{I1} = 4,90052 + 0,06566 \cdot x_1 + 0,04424 \cdot x_2 - 0,03287 \cdot x_3 - 0,01831 \cdot x_4 + 0,0049 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,0034 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,0034 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,00263 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,00194 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,01689 \cdot x_3 \cdot x_4 \quad (5)$$

– для суммарных потерь ЧУАД

$$y_{\Sigma P} = 0,63729 + 0,0728 \cdot x_1 + 0,04501 \cdot x_2 - 0,01829 \cdot x_3 - 0,01043 \cdot x_4 + 0,00337 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0002 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,00028 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,00179 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,00177 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,00558 \cdot x_3 \cdot x_4 \quad (6)$$

Далее для каждого полинома выполнялась проверка значимости коэффициентов. Для этого использовалась величина t -критерия Стьюдента, рассчитывавшаяся для каждого коэффициента по формуле:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S(b_i)}, \quad (7)$$

где b_i – значение соответствующего коэффициента;

$s(b_i)$ – значение среднеквадратичного отклонения для коэффициента,

$$s(b_i) = \sqrt{\frac{1}{N} \left(\frac{y_{ном}^2 \cdot A^2}{40000} \right)}, \quad (8)$$

$y_{ном}$ – значение соответствующей функции отклика из контрольного опыта;

A – доверительный интервал (допустимая погрешность), $A = 1\%$.

Коэффициенты, у которых $t_i \leq t_{табл} = 2,09$ [1] приравнялись нулю.

В результате были получены сокращенные уравнения регрессии:

– для КПД

$$y_{\eta} = 0,77614 - 0,0199 \cdot x_1 - 0,01227 \cdot x_2 + 0,00499 \cdot x_3 + 0,00283 \cdot x_4; \quad (9)$$

– для коэффициента мощности

$$y_{\lambda} = 0,81858 + 0,00962 \cdot x_1 + 0,00285 \cdot x_2 + 0,00616 \cdot x_3 + 0,00512 \cdot x_4 - 0,0027 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,00177 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,00558 \cdot x_3 \cdot x_4. \quad (10)$$

– для потребляемого тока

$$y_{I1} = 4,90052 + 0,06566 \cdot x_1 + 0,04424 \cdot x_2 - 0,03287 \cdot x_3 - 0,01831 \cdot x_4; \quad (11)$$

– для суммарных потерь ЧУАД

$$y_{\Sigma P} = 0,63729 + 0,0728 \cdot x_1 + 0,04501 \cdot x_2 - 0,01829 \cdot x_3 - 0,01043 \cdot x_4 + 0,00337 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,00179 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,00558 \cdot x_3 \cdot x_4. \quad (12)$$

Целью решения оптимизационной задачи является, как известно [1], определение таких значений факторов x_1 , x_2 , x_3 , x_4 при которых выполняется условие получения максимального (или минимального) критерия оптимизации при выполнении заданных ограничений. Ограничения можно задавать в виде неравенств, например, $I_1 \leq I_{I_{ном}}$ или $\lambda \geq \lambda_{ном}$.

Решение оптимизационных задач для многофакторных моделей представляет известную трудность [1]. Поэтому оно было выполнено графически – в пространстве двух координат (факторов), остальные две

координаты, выраженные в кодированных единицах, при этом полагались равными нулю. В абсолютных единицах это означает, что данные факторы имели номинальные значения.

Алгоритм решения оптимизационной задачи принимался следующий:

– в начале в неравенства, выражающие ограничения, подставлялись, соответственно, в левые части – сокращенные уравнения регрессии для данных величин, в правые части – значения этих же величин из контрольного опыта;

– затем знак неравенства заменялся на знак равенства, и из полученных уравнений выражалась зависимость одного фактора от другого; полученные зависимости строились в пространстве соответствующих координат;

– далее в неравенства, выражающие ограничения, подставлялись нулевые значения всех факторов $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0$; в случае абсурдности полученных неравенств центр плана не входил в область оптимальных решений, и часть плоскости координат относительно данной кривой, в которую входил центр плана отбрасывалась; в противном случае (если неравенство оказывалось выполнимым) исключалась та часть плоскости, в которую не входил центр плана; дополнительными ограничениями являлись стороны квадрата с координатами ± 1 , что в кодированных единицах означает максимально и минимально возможные значения факторов в эксперименте;

– область координатной плоскости, оставшаяся не заштрихованной, являлась областью оптимальных решений; определялись координаты вершин этой области и подставлялись в уравнение регрессии, выражающие критерий оптимизации; окончательно выбиралась точка с координатами, удовлетворяющими этому критерию.

С использованием изложенного алгоритма и зависимостей (9) – (12) решены следующие задачи:

– получение максимального КПД $\eta \rightarrow \eta_{max}$ при ограничениях $I_1 \leq I_{1ном}$ и $\lambda \geq \lambda_{ном}$; данная задача решалась для двух вариантов

при $x_1 = x_2 = 0$ ($R_1 = R_{1ном} = const$ и $R'_2 = R'_{2ном} = const$)

и при $x_3 = x_4 = 0$ ($X_1 = X_{1ном} = const$ и $X'_2 = X'_{2ном} = const$);

– получение максимального коэффициента мощности $\lambda \rightarrow \lambda_{max}$ при ограничениях $I_1 \leq I_{1ном}$ и $\Sigma P \leq \Sigma P_{ном}$; эта задача также решалась для двух вариантов

при $x_1 = x_2 = 0$ ($R_1 = R_{1ном} = const$ и $R'_2 = R'_{2ном} = const$)

и при $x_3 = x_4 = 0$ ($X_1 = X_{1ном} = const$ и $X'_2 = X'_{2ном} = const$).

Результаты графического решения первой задачи приведены на рисунке 3 (в пространстве координат x_3, x_4) и рисунке 4 (в координатах x_1, x_2).

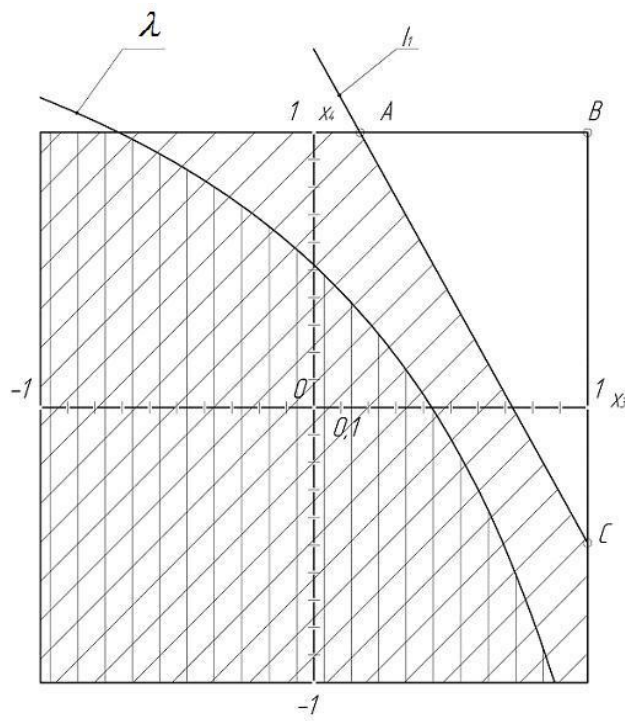


Рисунок 3 – Область оптимальных значений для задачи $\eta \rightarrow \eta_{max}$

при $x_1 = x_2 = 0$

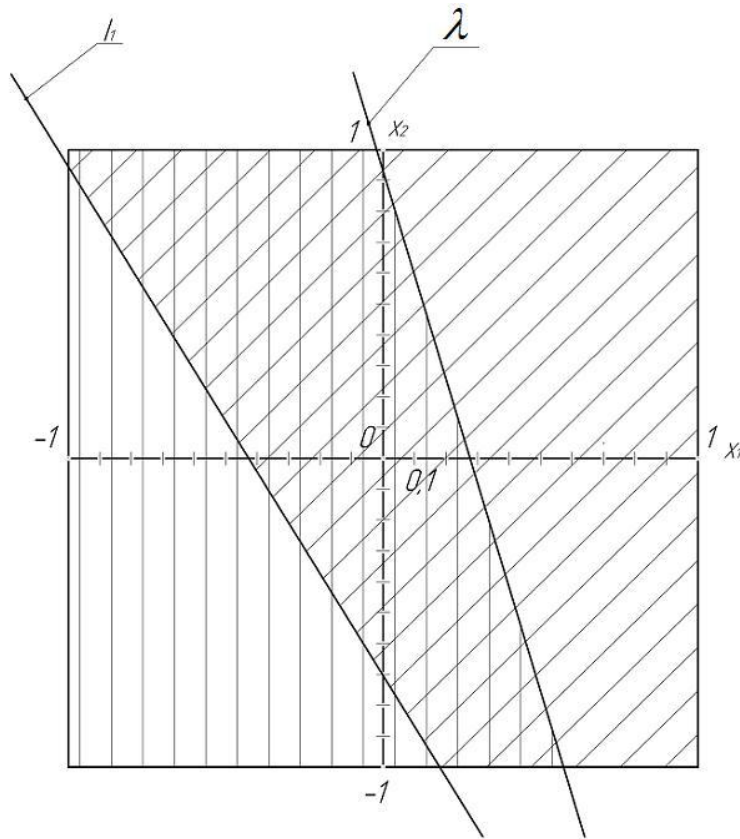


Рисунок 4 – Область оптимальных значений для задачи $\eta \rightarrow \eta_{max}$
при $x_3 = x_4 = 0$

Как видно из рисунка 4, для $x_3 = x_4 = 0$ первая задача не имеет оптимального решения в заданном интервале варьирования факторов. Для случая $x_1 = x_2 = 0$ при подстановке в уравнение регрессии для КПД (9) значений координат точек А, В и С (рисунок 3) выяснено, что оптимальной является точка В с координатами (1; 1).

Окончательное решение первой задачи оптимизации параметров ЧУАД ($\eta \rightarrow \eta_{max}$) находилось путем усреднения оптимальных значений координат для двух вариантов:

$$x_{1,onn} = 0, x_{2,onn} = 0, x_{3,onn} = \frac{1+0}{2} = 0,5, x_{4,onn} = \frac{1+0}{2} = 0,5. \quad (13)$$

Результаты решения второй задачи приведены на рисунке 5 (в координатах x_3, x_4) и рис. 6 (в пространстве координат x_1, x_2).

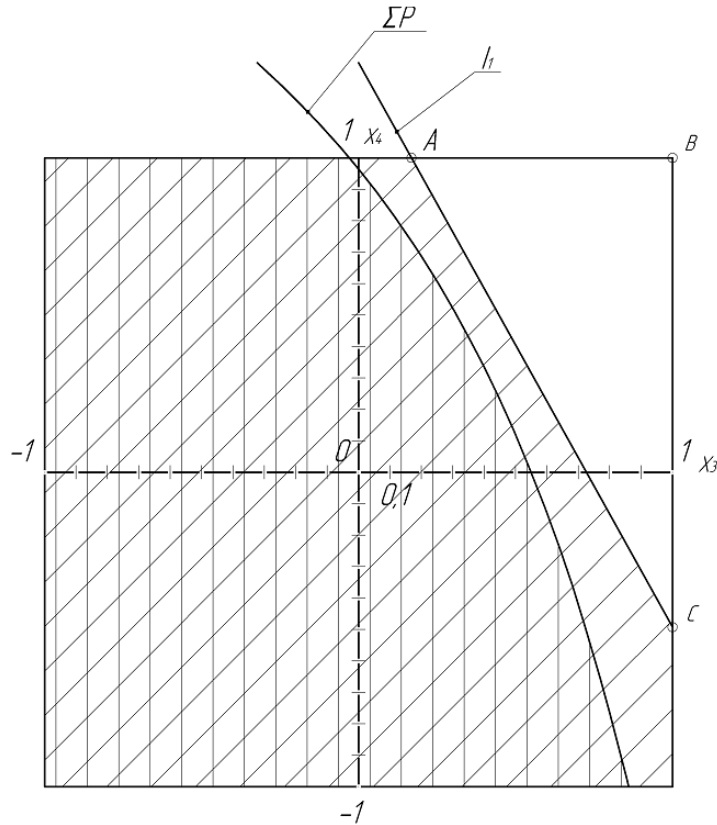


Рисунок 5 – Область оптимальных значений для задачи $\lambda \rightarrow \lambda_{max}$
при $x_1 = x_2 = 0$

Для случая $x_1 = x_2 = 0$ при подстановке в уравнение регрессии для коэффициента мощности (10) значений координат точек А, В и С (рисунок 5) выяснено, что оптимальной является точка В с координатами (1; 1).

Для случая $x_3 = x_4 = 0$ при подстановке в уравнение (10) значений координат точек А, В и С (рисунок 6) определена оптимальная точка – С (0,175; -1).

Окончательное решение второй задачи оптимизации параметров ЧУАД ($\lambda \rightarrow \lambda_{max}$) также находилось путем усреднения оптимальных значений координат для двух вариантов:

$$x_{1,onn} = \frac{0+0,175}{2} = 0,088, \quad x_{2,onn} = \frac{0-1}{2} = -0,5, \quad (14)$$

$$x_{3,onn} = \frac{1+0}{2} = 0,5, \quad x_{4,onn} = \frac{1+0}{2} = 0,5.$$

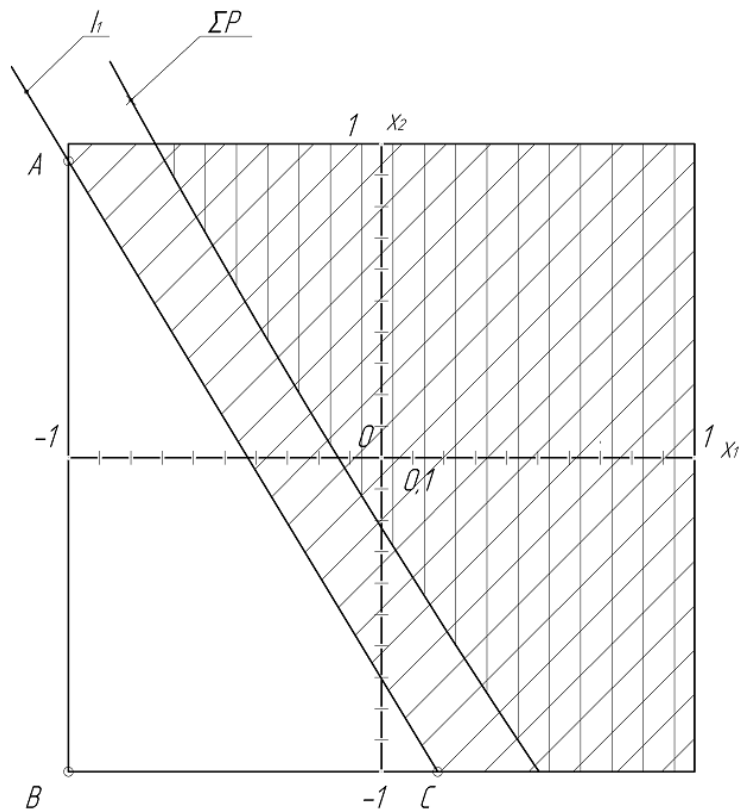


Рисунок 6 – Область оптимальных значений для задачи $\lambda \rightarrow \lambda_{max}$ при $x_3 = x_4 = 0$

Оптимальные значения всех четырех координат, обеспечивающие одновременное выполнение двух критериев оптимизации ($\eta \rightarrow \eta_{max}$ и $\lambda \rightarrow \lambda_{max}$) при заданных ограничениях потребляемого тока и суммарных потерь ЧУАД, определялись путем усреднения результатов решения первой и второй задач (13) и (14):

$$\begin{aligned}
 x_{1,opt} &= \frac{0+0,088}{2} = 0,044, & x_{2,opt} &= \frac{0-0,25}{2} = -0,25, \\
 x_{3,opt} &= \frac{0,5+0,5}{2} = 0,5, & x_{4,opt} &= \frac{0,5+0,5}{2} = 0,5.
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Подстановка оптимальных значений координат в уравнения регрессии КПД (9) и коэффициента мощности (10)

$$\begin{aligned}
 y_\eta &= 0,77614 - 0,0199 \cdot 0,044 - 0,01227 \cdot (-0,25) + \\
 &+ 0,00499 \cdot 0,5 + 0,00283 \cdot 0,25 = 0,78234;
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

$$y_{\lambda} = 0,81858 + 0,00962 \cdot 0,044 + 0,00285 \cdot (-0,25) + 0,00616 \cdot 0,5 + 0,00512 \cdot 0,5 - 0,0027 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,8233, \quad (17)$$

и сравнение (16) и (17) с результатами контрольного опыта подтверждает правильность решения оптимизационной задачи.

С учетом (1) и (15) определены оптимальные значения параметров схемы замещения ЧУАД:

$$\begin{aligned} R_{1,опт} &= R_{1,ном} \cdot \left(1 + \frac{\Delta x}{100} \cdot x_{1,опт} \right) = 3,998 \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \cdot 0,044 \right) = 4,033 \text{ Ом}; \\ R'_{2,опт} &= R'_{2,ном} \cdot \left(1 + \frac{\Delta x}{100} \cdot x_{2,опт} \right) = 2,49 \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \cdot (-0,25) \right) = 2,366 \text{ Ом}; \\ X_{1,опт} &= X_{1,ном} \cdot \left(1 + \frac{\Delta x}{100} \cdot x_{3,опт} \right) = 3,254 \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \cdot 0,5 \right) = 3,579 \text{ Ом}; \\ X'_{2,опт} &= X'_{2,ном} \cdot \left(1 + \frac{\Delta x}{100} \cdot x_{4,опт} \right) = 3,32 \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \cdot 0,5 \right) = 3,652 \text{ Ом}. \end{aligned} \quad (18)$$

Из приведенных результатов следует, что решение оптимизационных задач для ЧУАД вполне возможно с применением моделей первого порядка, полученных методами ПФЭ. Дальнейшее совершенствование моделей энергетических показателей ЧУАД возможно с применением моделей второго порядка.

Библиографический список:

1. Ивоботенко И. А., Ильинский Н. Ф., Копылов И. П. Планирование эксперимента в электромеханике. – М.: Энергия, 1986.
2. Шестаков А. В. Моделирование статических режимов асинхронных частотно-управляемых двигателей // Труды VII Междунар. конф. «Электроэнергетика и электротехника. Проблемы и перспективы» (ЭЛМАШ-2009). – Москва, 2009 – с. 110-113.

3. Шестаков А. В. Математическая модель рабочих характеристик асинхронных двигателей с частотным управлением // «Электротехника», – №2, февраль 2011, – с. 23-29.

4. Шестаков А. В. Исследование энергетических показателей частотно-управляемого асинхронного двигателя методами планирования эксперимента // Общество, наука, инновации (НТК-2012): ежегод. открыт. всерос. науч.-техн. конф., 16-27 апр. 2012: сб. материалов / ВятГУ – Киров, 2012 – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). (Электротехнический факультет. Секция «Электромеханика»).

Информация об авторах

Data on authors

Шестаков Александр Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры электрических машин и аппаратов ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел./факс: (8332)53-04-73.

E-mail: shestakov@vyatsu.ru

Shestakov Alexander Vyacheslavovich – Cand. Sc. (Engineering), Associate Prof. on Electric Machines and Devices in FSBEI of HPE «VyatSU».

Tel./fax: (8332)53-04-73, E-mail: shestakov@vyatsu.ru

Кубликов Артем Николаевич – студент ФГБОУ ВПО «ВятГУ», специальность «Электромеханика», гр. ЭМ-51

Тел./факс: (8332)53-04-73.

E-mail: kublikov90@mail.ru

Koublikov Artyom Nikolayevich – student of FSBEI of HPE «VyatSU», speciality «Electromechanics», gr. EM-51

Tel./fax: (8332)53-04-73, E-mail: kublikov90@mail.ru

АЛГОРИТМ КОНТЕКСТНОГО ПОИСКА РЕЧЕВЫХ АУДИО-ФАЙЛОВ НА ОСНОВЕ ФОНЕМНОГО СРАВНЕНИЯ СЛОВ

SEARCH ALGORITHM OF SPEECH BASED ON PHONEMIC COMPARISON OF WORDS

В работе представлен алгоритм контекстного поиска речевых аудио файлов по ключевым словам запроса пользователя. Данный алгоритм использует возможности фонемного представления слова по словарю фонем, составленного на основе обработки статистической информации. Приведено сравнение результатов поиска в случае символьного и фонемного представления слов.

The paper presents a search algorithm of speech by keywords from enquiry based on the content of audio files. Statistical dictionary of phonemes is used to get phonemic representations of words. Results of the algorithm operation are compared with the work of a search algorithm without using phonemes.

Ключевые слова: контекстный поиск, фонемы, распознавание речи

Keywords: content search, phonemes, speech recognition

Введение

В настоящее время в связи с быстрым увеличением объема данных хранимых и передаваемых в электронном виде задача информационного поиска является актуальной. Первоначально поисковые системы использовались в библиотечных картотеках, например, для поиска научных работ [1]. Постепенно требования к подобным системам повысились, так

как увеличилось количество неструктурированной информации. Также появилась потребность находить видео- или аудио-документы на основе их содержания, например, в архивах видео-новостей. Соответственно, для повышения гибкости поисковых систем требуется разработка новых методов, моделей и алгоритмов информационного поиска.

Целью данной работы является исследование возможности применения фонемного представления слов для вычисления меры близости между ними в алгоритме контекстного поиска речевых аудио-файлов.

1. Постановка задачи

Пусть $D = \{d_k\}$ – пространство поиска, которое является множеством речевых аудио-документов, $X = \{x_i\}$ – множество элементов x_i . Поставим в соответствие каждому элементу x_i пару w_i, η_i , где w_i – слово, η_i – набор атрибутов слова w_i . Запрос $Q = \{w_j\}$ является множеством отдельных слов w_j .

Тогда задача поиска документов по запросу пользователя сводится к нахождению

$$\arg \max_D F(d_k, Q), \quad (1)$$

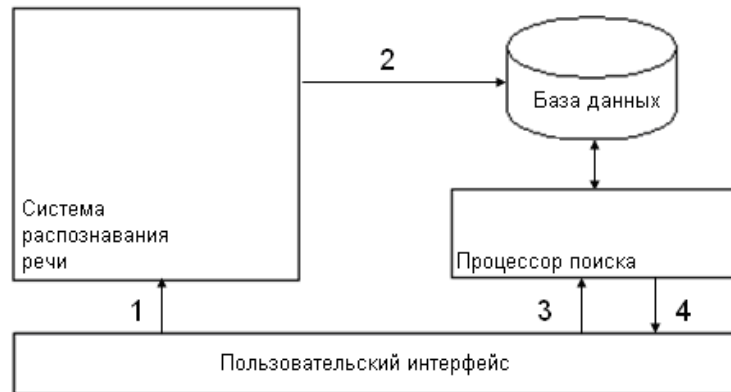
где функция F вычисляет величину соответствия документа $d_k \in D$ запросу Q , что влечет необходимость сравнения слов w_i , содержащихся в $x_i \in X$, и слов $w_j \in Q$, посредством некоторой меры близости.

2. Описание эксперимента

2.1. Общее описание системы поиска

Описываемая система поиска речевых аудио-документов по содержанию включает систему распознавания речи, процессор поиска,

базу данных и пользовательский интерфейс. Общая схема взаимодействия компонентов представлена на рисунке 1.



1 – добавление нового речевого аудио-файла в систему поиска, 2 – добавление в базу данных распознанных слов нового речевого аудио-файла, 3 – введение запроса пользователя в систему поиска, 4 – возвращение результатов поиска

Рис. 1. Общая схема системы поиска речевых аудио-файлов на основе содержания

Для распознавания речи используется система с открытым исходным кодом CMU Sphinx в виде библиотеки для распознавания Pocketsphinx, написанной на C, и вспомогательной библиотеки Sphinxbase [5]. Результатом распознавания является набор слов, которые затем заносятся в базу данных.

База данных содержит xml файлы, данные из которых при запуске системы поиска считываются в оперативную память.

Процессор поиска выполняет обработку запроса пользователя. Для каждого слова $w_j \in Q$ в базе данных определяется множество слов w_i , начинающихся на первую букву слова w_j . Затем для каждого слова w_i выполняется следующий алгоритм.

Шаг 1. Вычисляется мера близости между словами w_i и w_j , значение которой сравнивается с пороговым значением a ;

Шаг 2. Если значение меры близости больше, чем пороговое значение a , то речевые аудио файлы, в которых содержится слово w_i , добавляются в список кандидатов и происходит переход к следующему ключевому слову запроса, иначе – к шагу 3;

Шаг 3. Если длина слова w_i больше 6 символов, то последние три буквы слова обрезаются, и для полученного слова выполняется шаг 1, иначе – слово пропускается.

В конце обработки запроса Q из полученного списка кандидатов аудио-файлов выбираются такие, которые содержат все слова $w_j \in Q$.

Пользовательский интерфейс системы поиска (Рис. 1) позволяет добавлять новые аудио-файлы и осуществлять поиск по основе введенного запроса в виде набора ключевых слов.

2.2. Определение меры близости между словами

Пусть слово w_i представлено посредством кортежа $c_1^{w_i}, c_2^{w_i}, \dots, c_N^{w_i}$.

Мерой близости между словами $w_i = c_1^{w_i}, c_2^{w_i}, \dots, c_N^{w_i}$ и $w_j = c_1^{w_j}, c_2^{w_j}, \dots, c_M^{w_j}$

будем считать величину

$$\frac{\varphi(w_i; w_j)}{\max \{ \varphi(w_i; w_i), \varphi(w_j; w_j) \}}, \quad (2)$$

где $\varphi(w_i; w_j)$ – длина наибольшей общей подпоследовательности w_i и w_j , элементы которой располагаются друг за другом.

Тогда

$$\varphi(w_i; w_j) = \max n, \quad (3)$$

где n – длина подпоследовательностей $c_{k_1}^{w_i}, c_{k_2}^{w_i}, \dots, c_{k_n}^{w_i}$ и $c_{l_1}^{w_j}, c_{l_2}^{w_j}, \dots, c_{l_n}^{w_j}$ таких, что $\forall k_q = k_0 + q, l_q = l_0 + q, k_q \leq N, l_q \leq M$ и $q = 1 \dots n : c_{k_q}^{w_i} = c_{l_q}^{w_j}$ при условии, что k_0 и l_0 являются наибольшими индексами элементов последовательностей w_i и w_j , которые стоят перед $c_{k_1}^{w_i}$ и $c_{l_1}^{w_j}$, соответственно.

Заметим, что значение $\varphi w_i; w_i$ равно длине последовательности w_i .

2.3. Поиск на основе символического сравнения слов

Пусть заданы слова $w_1 = c_1^{w_1}, c_2^{w_1}, \dots, c_N^{w_1}$ и $w_2 = c_1^{w_2}, c_2^{w_2}, \dots, c_M^{w_2}$, где элемент $c_i^{w_j}$ соответствует i -ой букве в слове w_j . Тогда, чтобы найти $\varphi w_1; w_2$ воспользуемся алгоритмом [7].

Вычислим вспомогательную матрицу A , элементы которой определяются по формуле

$$a_{i,j} = \begin{cases} 0, & c_i^{w_1} \neq c_j^{w_2} \\ a_{i-1,j-1} + 1, & c_i^{w_1} = c_j^{w_2} \end{cases} \quad (4)$$

Тогда

$$\varphi w_1; w_2 = \max_A a_{i,j} \quad (5)$$

Например, расстояние между словами «проводок» и «поводки» будет равно 4. Полученная матрица A приведена на рисунке 2.

	п	р	о	в	о	д	о	к
п	1	0	0	0	0	0	0	0
о	0	0	1	0	1	0	1	0
в	0	0	0	2	0	0	0	0
о	0	0	1	0	3	0	1	0
д	0	0	0	0	0	4	0	0
к	0	0	0	0	0	0	0	1
и	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Нахождение длины наибольшей общей подстроки слов «проводок» и «поводки» с помощью (4)

2.4. Поиск на основе фонемного сравнения слов

Для работы с фонемами составлен словарь фонем Ψ полученных в результате обработки тестового набора данных, в качестве которого взята часть msu_ru_nsh_clunits [4, 6].

Исходные данные включают речевые аудио-файлы, произносимые фразы в виде текста и набора фонем.

Элемент словаря Ψ содержит следующую информацию о фонеме ψ_i :

- название u_{ψ_i} фонемы ψ_i ,
- фонема ψ_i является согласной или гласной,
- множество $S_{\psi_i} = \{s_k\}$, которое содержит возможные символьные представления фонемы ψ_i ,
- множество пар ψ_j, s_l , где ψ_j – фонема, которая встречается перед фонемой ψ_i , а s_l – соответствующее символьное представление ψ_j .

Будем считать фонемы ψ_i и ψ_j тождественными, если существует одинаковое их символьное представление, то есть

$$\psi_i = \psi_j \Leftrightarrow \exists s_l \in C_{\psi_i}, s_k \in C_{\psi_j} : s_l = s_k. \quad (6)$$

Пусть заданы два слова $w_1 = c_1^{w_1}, c_2^{w_1}, \dots, c_N^{w_1}$ и $w_2 = c_1^{w_2}, c_2^{w_2}, \dots, c_M^{w_2}$, где элемент $c_i^{w_j}$ соответствует i -ой фонеме $\psi_i^{w_j}$ в слове w_j при его произнесении. Для вычисления $\phi(w_1; w_2)$ воспользуемся вспомогательной матрицей A , элементы которой вычисляются следующим образом

$$a_{i,j} = \begin{cases} 0, & \psi_i^{w_1} \neq \psi_j^{w_2} \\ a_{i-1,j-1} + \lambda, & \psi_i^{w_1} = \psi_j^{w_2}, \end{cases} \quad (7)$$

$$\lambda = \begin{cases} 1, & u_{\psi_i} = u_{\psi_j} \\ \max P \psi_i | s_k ; P \psi_j | s_k, & u_{\psi_i} \neq u_{\psi_j}, \end{cases} \quad (8)$$

где u_{ψ_i} – название фонемы ψ_i , $P \psi_i | s_k$ – вероятность того, что фонема ψ_i имеет символьное представление s_k .

Тогда значение $\phi w_1; w_2$ вычисляется посредством формулы (5).

Например, система распознавания речи слово «опрятном» распознала как «обряд нам». На рисунке 3 приведены результаты вычисления матрицы A с помощью формул (4) и (7). В первом случае значение $\phi w_1; w_2$ равно 2, во втором – 3,946.

	о	б	р	я	д
о	1	0	0	0	0
п	0	0	0	0	0
р	0	0	1	0	0
я	0	0	0	2	0
т	0	0	0	0	0
н	0	0	0	0	0
о	1	0	0	0	0
м	0	0	0	0	0

	о	б	р	я	д
оо	1,0000	0	0	0,8352	0
р	0	1,9983	0	0	0
р	0	0	2,0020	0	0
я	0,8352	0	0	3,0020	0
т	0	0	0	0	3,9460
н	0	0	0	0	0
о	0,8352	0	0	0,5590	0
м	0	0	0	0	0

Рис. 3. Нахождение длины наибольшей общей подстроки слов «обряд» и «опрятном» с помощью (4) и (7)

Для получения фонемного представления слова $w = c_1^w, c_2^w, \dots, c_N^w$ строится дерево $T V, E$ возможных вариантов, где V – множество вершин, а E – множество рёбер.

Множество вершин V дерева T содержит элементы v_k^i , где k – номер вершины, а i – уровень дерева T . Всем вершинам v_k^i , кроме корневой, поставлены в соответствие пары ψ_i, s_j , где ψ_i – i -ая фонема в

слове, s_j – символьное значение фонемы ψ_i , которое встречается в слове на j -ой позиции.

Множество рёбер E дерева T состоит из элементов $e_{v_k^{i-1}, v_m^i}$, где индексы v_k^{i-1} , v_m^i соответствуют вершинам, которые соединяет данное ребро. Каждое ребро $e_{v_k^{i-1}, v_m^i}$ имеет метку $r_{v_k^{i-1}, v_m^i}$, значение которой определяется формулой

$$r_{v_k^{i-1}, v_m^i} = r_{v_l^{i-2}, v_k^{i-1}} \cdot P_{\psi_{i-1} | s_g} \cdot P_{\psi_i | s_j}, \quad (9)$$

где s_g – символьное значение, которое сопоставлено с вершиной v_k^{i-1} .

После того, как дерево T построено выбирается наиболее вероятный вариант фонемного представления слова w , то есть определяется

$$r = \max_{v_k^{N-1}, v_m^N} r, \quad (10)$$

и затем, поднимаясь к корню дерева от листа v_m^N , формируется набор фонем ψ_i .

На рисунке 4 представлено дерево T для слова «кот» без значения меток $r_{v_k^{i-1}, v_m^i}$. Фонемное представление слова «кот» на основе построенного дерева является «k a tt».

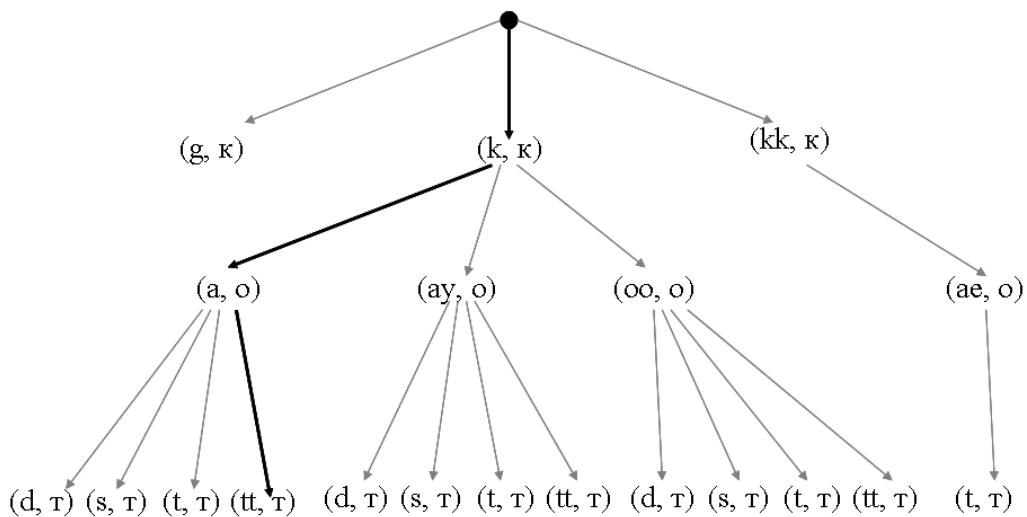


Рис. 4. Дерево T для слова «кот»

3. Анализ результатов

Для получения результатов было сформировано четыре коллекции запросов по 50 неповторяющихся словосочетаний на основе содержания 412 аудио-файлов базы данных.

Результаты оценивались с помощью таких показателей как полнота (precision) и точность (recall) при различных пороговых значениях a для меры близости между словами. В [1, 2] даны следующие определения показателей.

Полнота – доля найденных релевантных документов среди всех релевантных. Точность – доля релевантных документов среди найденных.

Результаты поиска приведены в таб. 1, где a – пороговое значение, R_c – значение полноты при символьном представлении слова, то есть для вычисления матрицы A использовалась формула (4), P_c – значение точности при символьном представлении слова, R_p – значение полноты при фонемном представлении слова, то есть для вычисления матрицы A использовалась формула (7), P_p – значение точности при фонемном представлении слова.

Таблица 1

Оценка качества результатов поиска при символьном и фонемном представлении слов

	$a = 0.5$				$a = 0.6$				$a = 0.8$			
	8	0,17	4	5,57	4	6,67	0	3,33	2	0,	8	6
	6	4,67	6	3,22	2	0,67	6	3,5	2	0,67	4	2,67
	8	6	2	5,76	8	8	8	8	0	0	4	4
	5	4	7	1,33	8	7	2	0	0	0	2	2

На рисунках 5 (а) и 5 (b) представлены графики средних значений показателей полноты и точности для разных пороговых значений a , соответственно.

Как видно из данных таблицы 1 и рисунков 5(а) и 5(б) при фонемном представлении слов достигаются лучшие показатели оценок поиска. Оптимальное пороговое значение равно $a = 0,6$.

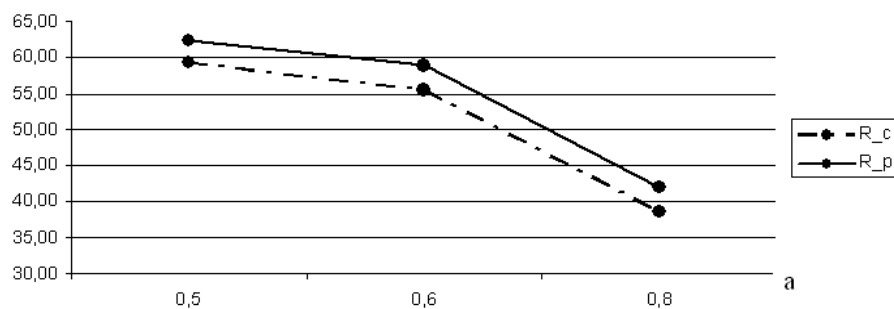


Рис. 5 (а). Полнота результатов поиска

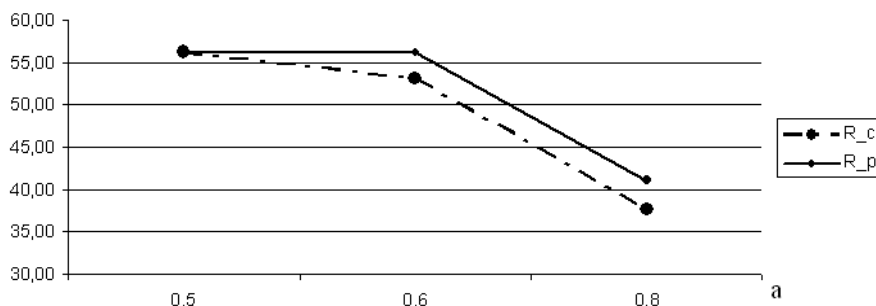


Рис. 5 (b). Точность результатов поиска

Заметим, что при фонемном сравнении слов при поиске время обработки запроса Q существенно зависит от длины слов $w_j \in Q$, так как происходит построение дерева T .

Заключение

Анализ полученных результатов показывает, что описанный алгоритм контекстного поиска речевых аудио-файлов на основе фонемного сравнения слов эффективнее классического алгоритма, основанного на символьном сравнении слов.

Имеется высокая зависимость качества поиска от качества работы системы автоматического распознавания речи. Существенной проблемой является неправильное распознавание пауз во фразе. Так, например, произнесенное слово «корреспондент» система распознала как «пресс поэмы денди», что исключило возможность правильного поиска в случае присутствия данного слова в запросе. Необходима доработка описанного алгоритма с учетом указанных особенностей.

Библиографический список:

1. Маннинг К. Д. Введение в информационный поиск / Маннинг К. Д., Рагхаван П., Шютце Х. – М.-Спб.-К.: изд-во Вильямс, 2011. – 520 с.
2. Агеев М. Официальные метрики РОМИП / Агеев М., Куряленок И, Некрестьянов И. // [Электронный ресурс] URL: http://romip.ru/romip2010/20_appendix_a_metrics.pdf.
3. Захаров Л. М., Акустическая вариативность звуковых единиц в русской речи // Труды Казанской школы по компьютерной и когнитивной лингвистике «TEL–2000», 2000. – № 5. – С. 46-79.
4. Шмырёв Н. В. Свободные речевые базы данных VoxForge.org // [Электронный ресурс] URL: <http://www.dialog21.ru/digests/dialog2008/materials/html/90.htm>.
5. CMU Sphinx. Open Source Toolkit For Speech Recognition // [Электронный ресурс] URL: <http://cmusphinx.sourceforge.net/>.
6. Русский в Festival // [Электронный ресурс] URL: <http://festlang.berlios.de/docu/doku.php?id=russianru>.
7. Гасфилд Д. Строки, деревья и последовательности в алгоритмах / Пер. с англ. – Спб: изд-во Невский диалект, 2003. – 653 с.

Информация об авторе

Data on author

Яшина Александра Геннадьевна – аспирант, ассистент кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВПО «ВятГГУ».

Тел.: +7(922)909-60-45

E-mail: ayashina.vshu@gmail.com

Yashina Alexandra Gennadyevna – post-graduate student, assistant in Applied Mathematics and Informatics in FSBEI of HPE «VyatSU».

Tel.: +7(922)909-60-45, E-mail: ayashina.vshu@gmail.com

УДК 621.735.016.2

Гукасов А.К., Иномистов В.Ю., Мелюков В.В.
Gukasov A.K., Inomistov V.U., Melyukov V.V.

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ
ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ
СИСТЕМОЙ**

**NUMERICAL SOLUTION FOR SOME PROBLEMS OF
OPTIMAL CONTROL OVER PARABOLIC SYSTEM**

Приводится численное решение задач оптимального управления параболической системой источников в случае, когда управление зависит от пространственной переменной и в случае, когда управление зависит как от пространственной, так и от временной переменной

A numerical solution for problems of optimum control over a parabolic system of sources is given for the case when the control depends on a space variable and for the case when the control depends on both space and time variables.

Ключевые слова: оптимальное управление, смешанная задача, проблема моментов, пространства Соболева

Keywords: optimal control, mixed problem, problem of moments, the Sobolev spaces

В технологии различных видов обработки материалов существует общая задача определения режима, при котором обеспечиваются необходимые или наиболее близкие к требуемым механические и эксплуатационные свойства обрабатываемого материала. Задачи

определения режима обработки могут быть поставлены и решены как задачи оптимального управления тепловыми процессами, которые описываются дифференциальными уравнениями в частных производных. Главные задачи оптимизации тепловых процессов сварки были рассмотрены и решены в 70-х годах прошлого столетия. Одна из таких задач оптимального управления термическим циклом сварки была решена с применением проблемы моментов [3]. В данной работе излагается применение обобщенного метода моментов к управлению формой и размерами одномерного распределения температуры при управлении распределенным источником энергии.

Рассмотрим численное решение задачи минимизации функционала

$$J(u) = \int_0^l |w(x, T) - y(x)|^2 dx \quad (1)$$

на решениях следующей смешанной задачи:

$$\begin{aligned} \frac{\partial w(x, t)}{\partial t} - a^2 \frac{\partial^2 w(x, t)}{\partial x^2} &= q(t)u(x) + f(x, t) \\ w(0, t) = w(l, t) &= 0 \\ w(x, 0) &= \varphi(x). \end{aligned} \quad (2)$$

Управление $u(x)$ принадлежит множеству

$$U = \{v(x) \in L^2(0, l) : \|v\| \leq R\}.$$

Функции

$$\begin{aligned} q(x), \varphi(x), y(x) &\in L^2(0, l), \\ f(x, t) &\in L^2((0, l) \times (0, T)). \end{aligned}$$

Для любых $q(x)$, $\varphi(x)$, $u(x)$, $f(x, t)$ из указанных пространств существует единственное решение из пространства Соболева

$$\overset{\circ}{V}_2^{1,0}((0, l) \times (0, T)) [2].$$

Из слабой компактности множества U вытекает существование оптимального управления.

Запишем сопряженную задачу:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} + a^2 \frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial x^2} &= 0 \\ \psi(0, t) = \psi(l, t) &= 0 \\ \psi(x, T) &= \eta(x). \end{aligned} \quad (3)$$

Определим оператор

$$F : L^2((0,l) \times (0,T)) \rightarrow L^2(0,l)$$

формулой

$$Fp = \int_0^T q(t) p(x,t) dt.$$

Задача (1), (2) эквивалентна следующей обобщенной проблеме моментов [1]:

$$J(u) = \sum_{n=1}^{\infty} |\langle u, Fp_n \rangle - a_n|^2 \rightarrow \inf, \quad (4)$$

$$u \in U,$$

где

$$a_n = \langle y, e_n \rangle - \langle \varphi(x), p_n(x,0) \rangle - \langle f(x,t), p_n(x,t) \rangle,$$

$$e_n = \sin \frac{\pi n x}{l},$$

$$p_n(x,t) = e^{\omega_n^2(t-T)} \sin \frac{\pi n x}{l},$$

$$\omega_n^2 = \frac{a \pi n}{l}.$$

Для построения численного решения задачи (4) введем последовательности пространств: H_N - линейная оболочка множества

$$\left\{ \sin \frac{\pi n x}{l} : n = 1, \dots, N \right\};$$

X_N - множество достижимости при $\varphi = 0$, $f = 0$, $u \in H_N$; P_N - множество решений задачи (3) при $\eta(x) \in X_N$.

Можно показать, что

$$X_N = H_N,$$

$$P_N = L \left\{ e^{\omega_n^2 t} \sin \frac{\pi n x}{l} : n = 1, \dots, N \right\}.$$

Рассмотрим аппроксимирующую задачу:

$$F\psi_N + \gamma u_N = 0, \quad \psi_N \in P_N, \quad u_N \in H_N;$$

$$\langle u_N, Fp_N \rangle - \langle \psi_N(x,T), p_N(x,T) \rangle = \langle y(x), p_N(x,T) \rangle - \langle \varphi(x), p_N(x,0) \rangle - \langle f, p_N \rangle, \quad p_N \in P_N;$$

$$\gamma_N (\|u\| - R) = 0, \quad \|u\| \leq R, \quad \gamma_N \geq 0.$$

Данная задача будет эквивалентна системе:

$$\int_0^T \left(q(t) \sum_{n=1}^N \alpha_n e^{\omega_n^2 t} \sin \frac{\pi n x}{l} \right) dt + \gamma_N \sum_{n=1}^N \beta_n \sin \frac{\pi n x}{l} = 0;$$

$$\begin{aligned}
& \int_0^l \sum_{n=1}^N \beta_n \sin \frac{\pi n x}{l} \int_0^T \left(q(t) \sum_{n=1}^N \delta_n e^{\omega_n^2 t} \sin \frac{\pi n x}{l} \right) dt dx - \int_0^l \left(\sum_{n=1}^N \alpha_n e^{\omega_n^2 T} \sin \frac{\pi n x}{l} \right) \cdot \left(\sum_{n=1}^N \delta_n e^{\omega_n^2 T} \sin \frac{\pi n x}{l} \right) dx = \\
& = \int_0^l y(x) \cdot \left(\sum_{n=1}^N \delta_n e^{\omega_n^2 T} \sin \frac{\pi n x}{l} \right) dx - \int_0^l \varphi(x) \cdot \left(\sum_{n=1}^N \delta_n \sin \frac{\pi n x}{l} \right) dx - \int_0^l \int_0^T f(x, t) \cdot \left(\sum_{n=1}^N \delta_n e^{\omega_n^2 t} \sin \frac{\pi n x}{l} \right) dx dt, \\
& \quad \delta_n \quad_{n=1}^N \in \mathbf{R}^N; \\
& \quad \gamma_N \cdot \left(\left(\sum_{n=1}^N \beta_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} - R \right) = 0; \\
& \quad \left(\sum_{n=1}^N \beta_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} \leq R; \\
& \quad \gamma_N \geq 0.
\end{aligned}$$

Отсюда получим

$$\begin{aligned}
& \alpha_n \int_0^T q(t) e^{\omega_n^2 t} dt = -\gamma_N \beta_n; \\
& \frac{l}{2} \beta_n \int_0^T q(t) e^{\omega_n^2 t} dt - \frac{l}{2} \alpha_n e^{\omega_n^2 T} = \int_0^l y(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx \cdot e^{\omega_n^2 T} - \int_0^l \varphi(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx - \int_0^l \int_0^T f(x, t) \cdot e^{\omega_n^2 t} \sin \frac{\pi n x}{l} dx dt; \\
& \quad \gamma_N \cdot \left(\left(\sum_{n=1}^N \beta_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} - R \right) = 0; \\
& \quad \left(\sum_{n=1}^N \beta_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} \leq R, \gamma_N \geq 0.
\end{aligned}$$

Решая эту систему, мы получим последовательность приближенных значений

$$u_N = \sum_{n=1}^N \beta_n \sin \frac{\pi n x}{l}$$

оптимального управления.

Рассмотрим два примера.

Пример 1.

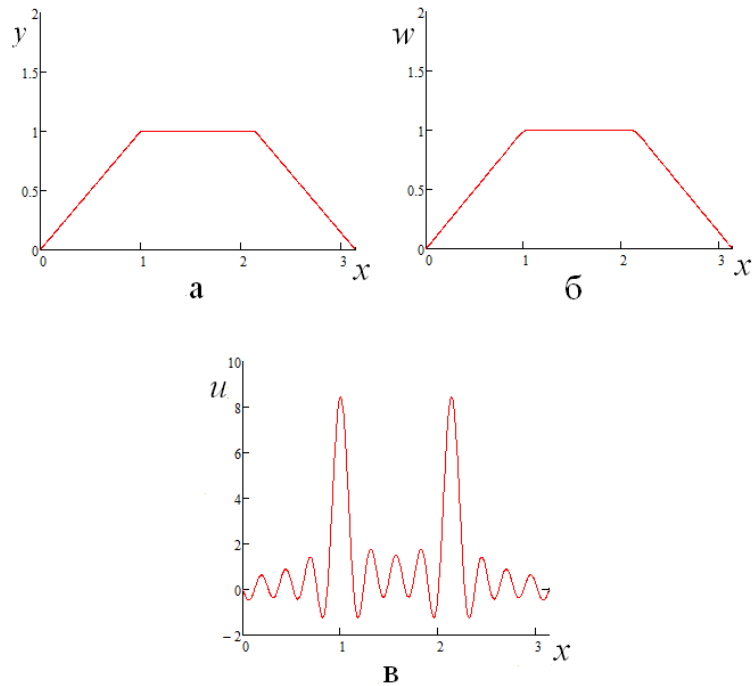
$$J(u) = \int_0^\pi |w(x, T) - y(x)|^2 dx,$$

где

$$y(x) = \begin{cases} \frac{\pi}{2} - \left| x - \frac{\pi}{2} \right|, & x \in [0; 1] \cup [\pi - 1; \pi], \quad T = 1. \\ 1, & x \in [1; \pi - 1] \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial w(x, t)}{t} - a^2 \frac{\partial^2 w(x, t)}{x^2} = u(x) \\
& w(0, t) = w(\pi, t) = 0 \\
& w(x, 0) = 0.
\end{aligned} \tag{5}$$

Приведем графики функций $y(x)$, решения задачи (5) $w(x, T)$ при $u = u_{25}(x)$ и график приближенного решения $u_{25}(x)$ оптимального управления (рисунок 1):



а – $y(x)$; б – $w(x, T)$; в – $u_{25}(x)$

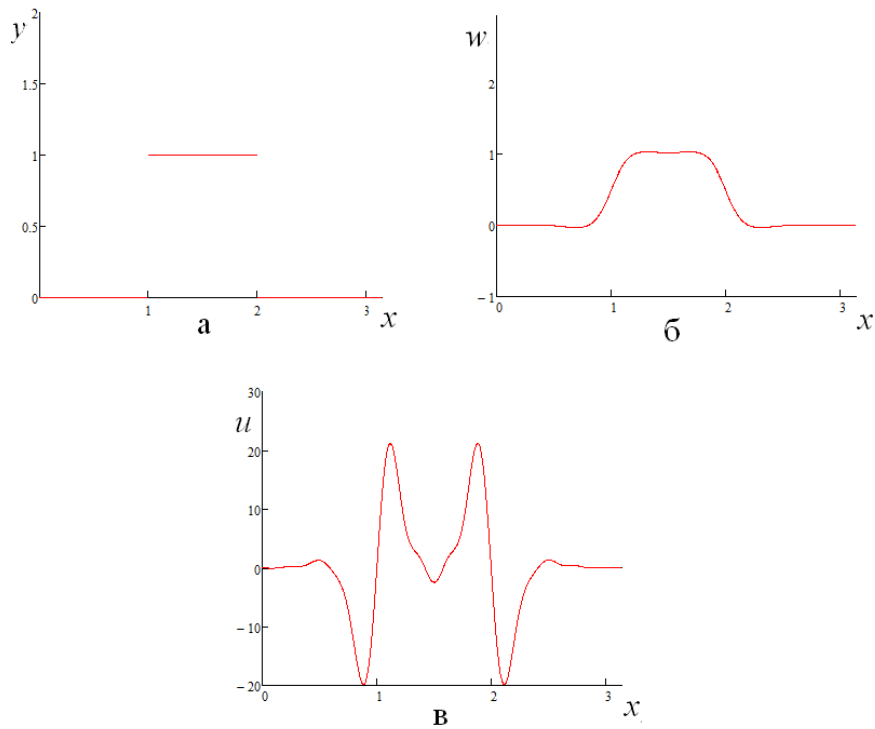
Рис. 1. Графики функций

Пример 2.

Возьмем теперь в качестве $y(x)$ следующую разрывную функцию:

$$y(x) = \begin{cases} 0, & x \in [0; 1] \cup [2; \pi] \\ 1, & x \in (1; 2) \end{cases}.$$

Приведем графики функций $y(x)$, $w(x, T)$ и $u_{25}(x)$ (рисунок 2):



а – $y(x)$; б – $w(x, T)$; в – $u_{25}(x)$

Рис. 2. Графики функций

Рассмотрим теперь задачу минимизации функционала (1) в случае, когда управление зависит и от пространственной переменной и от времени:

$$\frac{\partial w(x, t)}{\partial t} - a^2 \frac{\partial^2 w(x, t)}{\partial x^2} = q(t)u(x, t) + f(x, t)$$

$$w(0, t) = w(l, t) = 0$$

$$w(x, 0) = \varphi(x).$$

Управление $u(x, T)$ будем брать из множества

$$U = \{v(x, t) \in H : \|v\| \leq R\},$$

где H – замыкание линейной оболочки

$$L\{e^{\omega_n t} \sin \frac{\pi n x}{l} : n = 1, \dots\}.$$

Пространства H_N , X_N и P_N в данном случае будут следующими:

$$H_N = P_N = L\{e^{\omega_n t} \sin \frac{\pi n x}{l} : n = 1, \dots, N\};$$

$$X_N = L\{\sin \frac{\pi n x}{l} : n = 1, \dots, N\}.$$

Система уравнений для нахождения приближенного значения $u_N(x, t)$ примет вид:

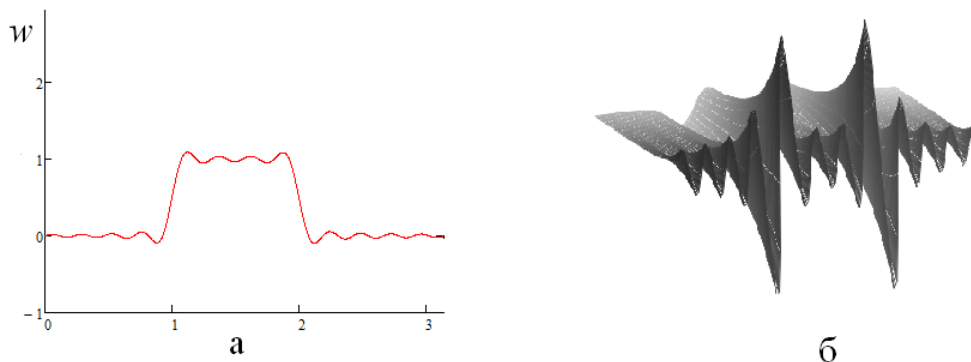
$$\alpha_n = -\gamma_N \beta_n;$$

$$\frac{l}{2} \beta_n \int_0^T e^{2\omega_n^2 t} dt - \frac{l}{2} \alpha_n e^{\omega_n^2 T} = \int_0^l y(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx \cdot e^{\omega_n^2 T} - \int_0^l \varphi(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx - \int_0^l \int_0^T f(x, t) \cdot e^{\omega_n^2 t} \sin \frac{\pi n x}{l} dx dt;$$

$$\gamma_N \cdot \left(\left(\sum_{n=1}^N \beta_n^2 \right)^{1/2} - R \right) = 0;$$

$$\left(\sum_{n=1}^N \beta_n^2 \right)^{1/2} \leq R, \gamma_N \geq 0.$$

В качестве примера приведем график приближенного значения $u_{25}(x, t)$ и полученное распределение температуры $w(x, T)$ для функции $y(x)$, рассмотренной в примере 2 (рисунок 3).



а – $w(x, T)$; б – $u(x, t)$

Рис. 3. Графики функций

Библиографический список:

1. Васильев Ф. П., Ишмухаметов А. З., Потапов М. М. Обобщенный метод моментов в задачах оптимального управления. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 142 с.
2. Ладыженская О. А. Краевые задачи математической физики. – М., 1973. – 408 с.
3. Рыкалин Н. Н., Углов А. А., Добровольский И. П., Мелюков В. В. Об оптимальном по быстрдействию режиме

регулирования термического цикла при нагреве стержня // Физика и химия обработки материалов. – 1976. – № 5. – С. 19–24.

Информация об авторах

Data on authors

Гукасов Артур Константинович – старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел.: (8332) 35-81-28

E-mail: a-el@gukasov.kirov.ru

Gukasov Artur Konstantinovich – senior lecturer in Applied Mathematics and Information Technology in FSBEI of HPE «VyatSU».

Tel.: (8332) 35-81-28, E-mail: a-el@gukasov.kirov.ru

Иномистов Валентин Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел.: (8332) 35-81-28, E-mail: mmvvs@yandex.ru

Inomistov Valentin Yuryevich – Cand. Sc. (Engineering), Associate Prof. in Applied Mathematics and Information Technology in FSBEI of HPE «VyatSU».

Tel.: (8332) 35-81-28

E-mail: mmvvs@yandex.ru

Мелюков Валерий Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии сварки и механики материалов ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел.: (8332) 32-14-96, E-mail: rus_melyukov@mail.ru

Melyukov Valery Vasilyevich – Dr. Sc. (Engineering), Prof. in Welding Technology and Mechanics of Materials in FSBEI of HPE «VyatSU».

Tel.: (8332) 32-14-96, E-mail: rus_melyukov@mail.ru

**ВЫДЕЛЕНИЕ КОЛИЦИНОГЕННЫХ ШТАММОВ
КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ
В СОСТАВ НОВЫХ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ**

**ISOLATION OF COLICINOGENIC ESCHERICHIA COLI
STRAINS PROMISING FOR BEING INCLUDED IN NEW PROBIOTIC
PREPARATIONS**

В статье представлены результаты выделения и идентификации колициногенных штаммов кишечной палочки, изолированных из кишечника здоровых людей. В ходе дальнейших исследований будут изучены свойства полученных изолятов, в том числе антагонистическая активность в отношении разных видов энтеропатогенных бактерий и оценена перспективность их использования в составе новых пробиотических препаратов.

Results of isolation and identification of colicinogenic E. coli strains isolated from intestines of healthy people are presented. In further work the properties of the isolates, including their antagonistic activity against various species of enteropathogenic bacteria, will be studied, and prospects of including them in new probiotic preparations will be evaluated.

Ключевые слова: микрофлора, кишечная палочка, пробиотики.

Keywords: microflora, E. coli, probiotics.

Нормальная микрофлора человека включает более 500 видов бактерий, общее количество которых достигает 10^{14} микробных клеток, что

превышает численность всех клеток организма человека. Одной из важных функций нормальной микрофлоры кишечника человека является обеспечение колонизационной резистентности пищеварительного тракта, предотвращающей адгезию энтеропатогенных микроорганизмов. В обычных условиях поддержание колонизационной резистентности слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта обеспечивается микроорганизмами, входящими в состав нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта, за счет продукции антибиотических веществ, подавления адгезии и колонизации условно-патогенных и патогенных бактерий, ингибирования процессов инвазии и ряда других механизмов [1].

Под воздействием неблагоприятных факторов внешней и внутренней среды происходит качественное и количественное изменение микробиоценоза кишечника человека. Факторы, способствующие нарушению нормального биоценоза и приводящие к развитию дисбактериозов весьма многочисленны: это прием антимикробных лекарственных препаратов, стрессы, неблагоприятная экологическая обстановка, неправильное питание. При антибиотикотерапии в первую очередь из состава нормальной микрофлоры исчезает кишечная палочка, а ее место занимают условно-патогенные и патогенные энтеробактерии, способные вызывать как местные, так и генерализованные инфекционно-воспалительные процессы [2].

По данным Российской академии наук, у 90 % населения страны отмечаются те или иные отклонения в составе симбиотической микрофлоры. Причиной и характерным признаком дисбактериоза является избыточное накопление патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в кишечнике. Все это делает актуальным проведение исследований по разработке новых микробиологических препаратов для коррекции дисбактериозов.

Одним из средств коррекции микрофлоры человека являются пробиотики – препараты, состоящие из живых микроорганизмов, проявляющих лечебный эффект через регуляцию состава индигенной микрофлоры кишечника [3]. Основу пробиотиков составляют различные виды бактерий, обладающие выраженной ферментативной и антагонистической активностью в отношении различных видов условно-патогенных и патогенных видов кишечных микроорганизмов.

Для практической медицины большой интерес представляют препараты, приготовленные на основе бактериоциногенных штаммов кишечной палочки. Кишечная палочка является естественным обитателем желудочно-кишечного тракта, обладает выраженными симбиотическими свойствами в отношении других видов индигенной микрофлоры кишечника и способна длительно персистировать в организме людей. В то же время анализ рынка пробиотиков, реализуемых через розничную аптечную сеть, показал, что номенклатура пробиотических препаратов, приготовленных на основе штаммов кишечной палочки, очень мала. Одним из первых и выпускаемых до настоящего времени отечественных пробиотиков на основе колициногенного штамма *E. coli* M 17, является «Колибактерин». По информации производителя бактерии этого штамма продуцируют колицин В, который оказывает бактерицидное действие на некоторые виды энтеропатогенной микрофлоры. Из других отечественных пробиотиков, в состав которых входят колициногенные штаммы кишечной палочки, следует отметить «Бификол», «Окарин» и др. Однако по имеющимся в литературе данным и по результатам наших исследований указанные пробиотики также как и «Колибактерин» обладают слабой антагонистической активностью в отношении энтеропатогенной микрофлоры и, вследствие этого, имеют низкую пробиотическую эффективность [4].

Интерес к пробиотикам, приготовленным на основе штаммов кишечной палочки, постоянно растет. В связи с этим выделение новых штаммов кишечной палочки, обладающих антагонистической активностью по отношению к энтеропатогенным бактериям и перспективным для использования в составе пробиотиков, является актуальным направлением исследований.

Цель исследований – выделить бактериоциногенные штаммы кишечной палочки, изучить их биологические свойства и оценить перспективность для разработки на их основе новых пробиотических препаратов.

Материалы и методы

Выделение культур кишечной палочки, обладающих антагонистической активностью в отношении энтеропатогенных бактерий, осуществляли из фекалий здоровых людей [5]. Высев из суспензии кишечного содержимого проводили на дифференциально-диагностическую питательную среду Эндо. Первичный отбор клоновых культур энтеробактерий проводили по морфологическим признакам, видовую идентификацию изолятов осуществляли по комплексу культурально-морфологических, биохимических, тинкториальных свойств и данных микроскопических исследований. Биохимическую активность изолятов оценивали с использованием коммерческих наборов Enterotest24, производства фирмы Lachema (Чехия). Антагонистические свойства культур кишечной палочки в отношении энтеропатогенных видов микроорганизмов определяли с помощью двухслойной методики по Fridericq.

Окончательную видовую идентификацию отобранных культур энтеробактерий проводили с помощью предназначенных для видовой идентификации микроорганизмов семейства Enterobacteriaceae коммерческих биохимических тест-систем – Enterotest24, производства

фирмы Lachema (Чехия) в соответствии с методикой, изложенной в инструкции по применению данной тест-системы.

Результаты и обсуждение

Первичный отбор изолятов осуществляли по типичным для кишечной палочки морфологическим признакам колоний с последующим микроскопическим изучением мазков, окрашенных по методу Грама.

Всего было отобрано 56 культур грамотрицательных энтеробактерий, имеющих сходную с кишечной палочкой морфологию колоний.

По результатам биохимических исследований из 56 культур было отобрано 38 изолятов, которые по комплексу культурально-морфологических и биохимических признаков были идентифицированы как *Escherichia coli* с вероятностью 99,6-100%.

Способность бактерий полученных изолятов продуцировать бактериоцины определяли с помощью двухслойной методики по Fridericq. В качестве тест-культуры использовали штамм *Escherichia coli* C600, который является универсальным индикаторным штаммом, чувствительным к разным видам бактериоцинов. Контрольными в этих исследованиях были культуры штаммов *E. coli* 803 (ColV) и *E. coli* 803 (ColE1), продуцирующие соответственно колицины V и E1.

Чашку с мясо-пептонным агаром делили на сектора. В каждый сектор вносили по капле (0,01 мл) суточной бульонной культуры бактерий, о которых известно (или предполагается), что они являются продуцентами бактериоцина. Посевы инкубировали в течение 24 ч при температуре $(36\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Для лизиса бактерий, выросших в колониях, на крышку перевернутой чашки Петри помещали фильтровальную бумагу и наливали 1,0 мл хлороформа. В крышку помещали доньшко с лизируемыми культурами и экспонировали в течение 30 минут. Затем убрали фильтровальную бумагу, пропитанную хлороформом, и проветривали чашки 3-5 мин.

Индикаторный штамм подращивали в бульоне. Готовили полужидкий агар (0,2 – 0,4 %) и разливали его в пробирки по 2,5 мл. Полужидкий агар в пробирках расплавляли на водяной бане при температуре $(56\pm 2)^\circ\text{C}$. Затем 0,5 мл бульонной культуры индикаторного штамма вносили в пробирку с расплавленным полужидким агаром, быстро перемешивали и выливали на поверхность питательного агара с колониями исследуемых штаммов. Наклоняя чашку из стороны в сторону, равномерно распределяли полужидкий агар по поверхности. Инкубировали посеы в течение 24 ч при температуре $(36\pm 2)^\circ\text{C}$. Если бактерии исследуемой культуры продуцируют колицин, вокруг колоний образуются зоны ингибирования роста индикаторного штамма.

Из 38 исследуемых изолятов кишечной палочки было отобрано 7 культур, обладающих антагонистической активностью в отношении бактерий тест-штамма кишечной палочки С600. Величины зон ингибирования роста бактерий *E. coli* С600 культурами изолятов в тесте по Fridericq представлены в таблице.

Таблица

Размеры зон ингибирования роста бактерий тест-штамма *E. coli* С600
вокруг колоний исследуемых изолятов (n=3)

Номер изолята кишечной палочки	Величина зоны ингибирования роста бактерий <i>E. coli</i> С600, мм
7	$6,5\pm 0,5$
8	$2,0\pm 1,0$
9	$3,0\pm 1,0$
10	$7,0\pm 0,5$
13	$8,0\pm 1,0$
17	$8,0\pm 0,5$
38	$6,0\pm 1,5$
<i>E. coli</i> 803 (<i>ColV</i>) контроль	$12,0\pm 2,0$
<i>E. coli</i> 803(<i>ColE1</i>) контроль	$2,0\pm 0,5$
<i>E. coli</i> 803 контроль	0

Из таблицы видно, что наибольшей антагонистической активностью в отношении тест-штамма *E. coli* С600 обладают изоляты кишечной палочки №13 и №17, наименьшей – изоляты №8 и №9.

В ходе дальнейших исследований будут изучены биологические свойства полученных изолятов: плазмидный состав, наличие маркеров лекарственной устойчивости, адгезивность, спектр антагонистической активности в отношении патогенных и условно-патогенных энтеробактерий и др. По результатам этих исследований будут выбраны несколько штаммов, перспективных для использования в составе новых пробиотических препаратов.

В заключение необходимо отметить следующее:

- выделены 56 культур грамотрицательных энтеробактерий, имеющих с кишечной палочкой сходную морфологию колоний;
- в результате идентификации было отобрано 38 изолятов, которые по комплексу культурально-морфологических и биохимических признаков были идентифицированы как *Escherichia coli* с вероятностью 99,6-100%;
- из 38 исследуемых изолятов было отобрано 7 культур, обладающих выраженной антагонистической активностью в отношении бактерий тест-штамма кишечной палочки С600.

Библиографический список:

1. Воеводин Д. А. Роль дисбактериоза в формировании хронической инфекционной патологии у детей // Журнал микробиологии. – 2001. – № 6. – С. 88-93.
2. Воробьев А. А. Дисбактериозы — актуальная проблема медицины // Вестник РАМН. – 1997. – № 3. – С. 4-7.
3. Малахов Ю. А. Пробиотики и пробиотические продукты в профилактике и лечении наиболее распространенных заболеваний человека // Матер.

Всерос. конф. с междунар. участием 21–23 апреля 1999 г. – М., 1999. – С. 110.

4. Дармов И. В. Сравнительная оценка выживаемости микроорганизмов пробиотиков в составе коммерческих препаратов в условиях *in vitro* // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2011. – № 9. – С. 96-101.

5. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студ. ВУЗов / под. ред. М. А. Нетрусова. – М.: Академия, 2005. – 608 с.

Информация об авторах

Data on authors

Ердякова Анна Сергеевна – аспирант кафедры микробиологии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Тел.: (8332)32-16-50

E-mail: erdyakova87@yandex.ru

Yerdyakova Anna Sergeyevna – post-graduate student in Microbiology in FSBEI of HPE «VyatSU»

Tel.: (8332)32-16-50

E-mail: erdyakova87@yandex.ru

Маракулин Игорь Вадимович – доктор медицинских наук, профессор кафедры микробиологии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Тел.: (8332)32-16-50

Marakulin Igor Vadimovich – Dr. Sc (Medicine), Prof. in Microbiology in FSBEI of HPE «VyatSU»

Tel.: (8332)32-16-50Tel.: (8332)32-16-50

**ПОИСК ГЕНОВ ЛИГНОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ У
БАЗИДИОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**SEARCH FOR GENES OF LIGNINOLYTIC ENZYMES IN
BASIDIOMYCETES FROM THE KIROV REGION**

Несмотря на активное исследование ферментов лигнолитического комплекса у базидиомицетов, спектр исследуемых объектов ограничен отдельными представителями родов *Trametes*, *Phanerochaete*. В данной работе изучено более 20 видов трутовых грибов, выделенных в лесах Кировской области и не относящихся к классическим продуцентам лигнолитических ферментов, на наличие генов лигнинпероксидазы, лакказы и марганецпероксидазы. В результате проделанной работы выявлены 15 изолятов 11 видов базидиомицетов, имеющих гены всех трех лигнолитических ферментов. Впервые гены указанных ферментов обнаружены у *D. mollis*, *D. quercina*, *F. pinicola*, *G. trabeum*, *G. lucidum*, *H. fasciculare*, *L. betulina*, *P. betulinus*, *P. igniarius*, *P. pomaceus*, *P. pini*, *P. cinnabarinus*.

Despite active research into ligninolytic complex enzymes in basidiomycetes, the spectrum of investigated objects is limited by separate representatives of sorts *Trametes*, *Phanerochaete*. More than 20 species of white-rot fungi have been studied in this work, found in woods of the Kirov Region and not referring to classical producers of ligninolytic enzymes, on presence of genes of ligin peroxidase, laccase and manganese peroxidase. As a

result of the work done 15 isolates have been revealed, of 11 basidiomycete species, having genes of all three ligninolytic enzymes. For the first time genes of the specified enzymes have been found in *D. mollis*, *D. quercina*, *F. pinicola*, *G. trabeum*, *G. lucidum*, *H. fasciculare*, *L. betulina*, *P. betulinus*, *P. igniarius*, *P. pomaceus*, *P. pini*, *P. cinnabarinus*.

Ключевые слова: базидиомицеты, гены, лакказа, лигнинпероксидаза, марганецпероксидаза.

Keywords: basidiomycetes, genes, laccase, lignin peroxidase, manganese peroxidase.

Как известно, наиболее активными биодеструкторами лигнина древесины являются базидиомицеты – возбудители белой гнили [1]. В состав лигнолитического комплекса базидиомицетов входят ферменты лигнинпероксидаза, марганецпероксидаза и лакказа.

Лигнинпероксидаза представляет собой гемсодержащий гликопротеин с молекулярной массой 39-45 кДа. Это ключевой фермент, способный частично деполимеризовать нативный и синтетический лигнин, а также расщеплять некоторые модельные соединения [2].

Другой представитель этого комплекса – марганецзависимая пероксидаза – может катализировать окисление нефенольных подструктур лигнина в присутствии пероксида водорода, ионов марганца (II) и лактата. Марганецпероксидаза имеет молекулярную массу 46 кДа и содержит в своей структуре гем (простетическая группа) [3].

В лигнолитический комплекс входит и лакказа – медьсодержащий гликопротеин, катализирующий реакции окисления различных производных фенола (о-, п-дифенолов, аминифенолов, производных парагидроксикоричной кислоты и др.) кислородом воздуха. Молекулярная масса лакказ из различных источников варьирует в пределах 14-390 кДа.

Некоторые грибы способны продуцировать одновременно несколько изоформ лакказы с различными молекулярными массами [4].

Очищенная лакказа слабо действует на лигнин, поэтому было высказано предположение, что основная функция фермента заключается в окислении не самих лигнинов, а низкомолекулярных продуктов их деполимеризации. С этим процессом связана и детоксицирующая функция лакказы: окисление токсичных низкомолекулярных фенольных компонентов с последующей полимеризацией приводит к образованию полимеров, для которых клеточная стенка непроницаема. Лакказа считается эффективной «ловушкой» кислородных радикалов и, таким образом, может предохранять клеточные белки от взаимодействия с гидроксилрадикалом [5].

Комплекс лигнолитических ферментов имеет первостепенное значение в биодegradации лигнина, что открывает перспективы их использования для биоотбеливания тканей и бумаги; для очистки окружающей среды от ксенобиотиков, в том числе ароматических соединений; в качестве маркеров в иммуноферментном анализе [6].

Несмотря на активное изучение ферментов лигнолитического комплекса базидиомицетов и кодирующих их синтез генов, спектр исследуемых грибов ограничен отдельными представителями родов *Trametes*, *Phanerochaete* [1]. В данной работе предпринята попытка выявления генов, кодирующих белки лигнолитического комплекса, у ранее не изученных в этом отношении базидиомицетов, выделенных в хвойных и смешанных лесах Кировской области.

Материалы и методы

Плодовые тела были собраны в 2008 – 2010 гг. в лесной зоне Кировской области в период их массового появления, в сухую погоду. Для

выделения культуры выбирали молодые, неповрежденные плодовые тела. Определение вида грибов проводили на основании изучения культуральных, макро - и микроморфологических признаков. При этом учитывали форму и цвет плодового тела, форму и цвет гименофора, цвет и структуру тканей плодового тела [7]. Структуру мицелия исследовали с помощью светового микроскопа (Primo Star, Zeiss, Германия).

Выделение базидиомицетов в культуру осуществляли общепринятым методом [8]. Поверхностное культивирование грибов проводили на сусло-агаре при температуре $(27\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 7 суток.

Мицелий снимали шпателем с поверхности плотной питательной среды с площади 1 см^2 . К массе мицелия добавляли 1 мл буфера NET 100 (50 mM Tris-HCl; 10 mM EDTA; 100 mM NaCl; pH 8,0) и стерильный кварцевый песок (1/2 от объема мицелия), растирали в ступке стерильным пестиком. Затем отбирали 500 мкл полученного лизата в микропробирку типа эппендорф объемом 1,5 мл, добавляли раствор SDS до конечной концентрации 1%, инкубировали 40 мин при 55°C . Добавляли равный объем смеси фенол-хлороформ (1:1), перемешивали и центрифугировали (5 мин, 10000 g). После этого отбирали водную фазу и повторяли с ней предыдущую процедуру. Затем к водной фазе, образовавшейся после второй экстракции смесью фенол-хлороформ, добавляли равный объем хлороформа, перемешивали и центрифугировали (5 мин, 10000 g), отбирали водную фазу. К водной фазе, полученной после обработки хлороформом, добавляли 1/10 объема 5M раствора ацетата натрия (pH 5.2) и 2 объема охлажденного до температуры минус 20°C этанола, перемешивали и центрифугировали (15 мин, 10000 g). Полученный осадок промывали 70% этанолом, высушивали и растворяли в деионизированной воде.

Для амплификации искомых участков ДНК было подобрано

несколько пар праймеров; использовали полные последовательности генов и мРНК лигнинпероксидазы, марганецпероксидазы и лакказы из базы данных NCBI. Выбор праймеров осуществляли с использованием резидентных программ AliBee – Multiple alignment Release 3.0. и BLAST с сайта <http://www.genebee.msu.ru/>. Последовательности используемых праймеров, температура отжига и размер ожидаемых ПЦР-продуктов представлены в таблице 1. Праймеры были синтезированы АО «Синтол» (г. Москва).

Таблица 1

Основные характеристики выбранных праймеров для определения генов лигнолитических ферментов

Наименование праймера	Структура праймера (5' – 3')	Расчетная температура отжига, °С	Ожидаемый размер амплификата, п.н.	№ последовательностей в GenBank*
Лакказа				
LccF	GAC- AAC- (AT)TG- ACG- AAC- CA(CT)- ACC- ATG	52	350	DQ431715.1, EU492907.1, AF414808.1, AY839940.1, AY839941.1, DQ234060.1, AY081188.1
LccR	CCC- CT(GC)- A(AG)A- CCA- TCA- CAG- TAC-TG			
Лакказа				
1LccF	TTC- CAG- (AC)TC-	67	130	AY616035.1, AF053472.2, AJ542532.1, BK004111.1, BK004112.1, BK004113.1,

	AA(CT)- GTC- (AG)T(C T)-GAC			BK004114.1, BK004116.1, BK004118.1, BK004119.1, BK004122.1, BK004125.1, DQ431715.1, EU282002.1, AY485826.1, AF185275.2, FJ231092.1, AY686700.1, AB089612.1, AJ005017.2, AJ344434.2, FJ473384.2, AF170093.1, EU492907.1, AF414808.1, AY839940.1, AY839941.1, DQ234060.1, AY081188.1
1LccR	T(AC)G- G(AG)C- ACT- GGT- T(AG)A- (CT)GA- A(GC)G- C			
Марганецпероксидаза				
MnpF	CTC- A(CT)C- TTC- CAC- GAC- GC(GC)- ATC- GGC	68	450	Z30668, AJ745879, AJ745080, AY677131, AY677130, AY677129, AY677128, D86493, AF008585, AF102515, PCU10306, PHAM NP2A, PHAMNP1A, PHAMP1A, PHAMNP1, PHAMNP, E39216, E39215, E39214, E39213, E39212, E39211, AB078606, AB078604, AB078605, E39210
MnpR	CTC- GA(CT)- GAA- GAA- CTG- (GC)G(C T)-GTC- G			
Лигнинпероксидаза				
LgpF	GAC- GG(CT)- CT(CT)- GT(CT)- CC(GTC) -GAG-CC	67	207	Z30667, Z30666, Z31011, AB158478, PHALIPERE, EU289404, AB455007, AB455006, PHALIP2X, PHALIGPER, EU649680, Z31011, X75655, X54257, X15599, X55343, AM397952, X51590, E07702, E05520, E05519, E05517, E03952, AY743218, AY749105, AB237774,
LgpR	C(AT)G- NG(ATC) -CTC- GA(CT)- GAA-			

	GAA-CTG			AB191466, AB158478, X14446, TMTVLG2A, PHALPO, TMTLIGPERO, PHALIP6, PHALIGPERM, PHALIGPERG, AF140063, AF140062, PHALNPOX
--	---------	--	--	---

* последовательности мРНК и генов, использованные при подборе праймеров, взяты из базы данных www.ncbi.nlm.nih.gov

Состав реакционной смеси: 0.5 мкл пробы (50 нг ДНК), 1 мкл 10X буферного раствора для ПЦР без ионов магния («Сибэнзим»), 0.5 мкл смеси дидезоксинуклеозидтрифосфатов, прямого и обратного праймеров по 1 мкл каждого, 1.25 ед. а. Taq-полимеразы («Сибэнзим»), вода до конечного объема 10 мкл; концентрация хлорида магния — 2.0 mM для пар праймеров LccF/LccR, MnpF/MnpR и 3.0 mM— для пар праймеров 1LccF/1LccR, LgpF/LgpR.

Амплификацию проводили с использованием программируемого термостата «Терцик» («ДНК-технология», г. Москва). Условия ПЦР: 1 цикл 95°C - 3 мин; 35 циклов 94°C по 30 сек, температура отжига, подобранная для каждой из указанных пар праймеров – 30 сек и 72°C – 1.5 мин; 1 цикл 68°C - 5 мин.

Продукты амплификации последовательностей генов лакказы (праймеры LccF/LccR), лигнинпероксидазы и марганецпероксидазы разделяли с помощью гель-электрофореза в 1,5% агарозном геле, фрагментов генов лакказы (праймеры 1LccF/1ccR) разделяли в 6% нативном полиакриламидном геле, гели окрашивали этидиумом бромидом [9]. Размер амплификатов определяли с использованием стандартного набора маркеров «Сибэнзим».

Результаты и обсуждение

Всего было выделено и переведено в культуру 50 природных изолятов базидиомицетов, преимущественно трутовиков. Из 50 изолятов видовая принадлежность была определена у 42, 3 изолята были идентифицированы до рода. Результаты видовой идентификации представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты видовой идентификации изолятов базидиомицетов

Видовое название	Номера изолятов
<i>Antrodiella sp.</i>	67
<i>Armillaria mellea</i>	10
<i>Bjerkandera fumosa</i>	8k, 66
<i>Datronia mollis</i>	64
<i>Daedaleopsis confragosa</i>	706
<i>Daedaleopsis quercina</i>	6
<i>Fomes fomentarius</i>	17, 35, 55
<i>Fomitopsis penicola</i>	3k, 7, 8, 9, 11, 16, 23, 37, 60
<i>Ganoderma applanatum</i>	22
<i>Ganoderma lucidum</i>	2k
<i>Ganoderma lipsiense</i>	15
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	56, 59
<i>Hypholoma fasciculare</i>	68, 69
<i>Lenzites betulina</i>	708
<i>Pleurotus ostreatus</i>	1B
<i>Piptoporus betulinus</i>	39
<i>Phellinus hartigii</i>	13k
<i>Phellinus igniarius</i>	1k
<i>Phellinus pomaceus</i>	5k
<i>Phellinus pini</i>	57, 58, 61, 62
<i>Polyporus betulinus</i>	36

<i>Pseudotrametes gibbosa</i>	4k
<i>Pycnoporus cinnabarinus</i>	18, 704
<i>Trametes sp.</i>	72, 73
<i>Trametes gibbosa</i>	42, 700
<i>Trametes hirsuta</i>	65, 70, 71
<i>Не определен</i>	706', 503, 31k, 26, 29,

Пять изолятов, выделенных в культуру, идентифицировать не удалось. Среди изолятов встречались как представители классических продуцентов лигнолитических ферментов – виды рода *Trametes* (изоляты 42, 65, 70, 71, 72, 73, 700), так и менее изученный в этом отношении вид *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная, изолят 10). Также были выделены в культуру представители малоизученных родов *Pycnoporus*, *Daedaleopsis*, *Lenzites*. Такие виды как *Trametes gibbosa*, *Fomitopsis penicola*; *Fomes fomentarius*; *Phellinus pini* и др. были представлены несколькими изолятами (от 2 до 8).

Культуры грибов использовали для выделения ДНК и последующей идентификации генов ферментов лигнолитического комплекса. Для выявления генов марганецпероксидазы и лигнинпероксидазы мы использовали по одной паре праймеров; для обнаружения гена (ов) лакказы выбрали две пары праймеров – первая (LccF/LccR) – по референс-последовательности наиболее изученного объекта (*Trametes versicolor*), вторая (1LccF/1LccR) – по последовательностям двух видов грибов рода *Trametes* (*T.hirsuta*). Первая пара соответствовала более специфическому участку гена по сравнению с участком, который был использован для выбора второй пары. В качестве положительного контроля использовали ДНК классического продуцента лигнинпероксидазы – *Trametes (Coriolus) versicolor*, штамм Tv из коллекции культур кафедры микробиологии ВятГУ. Результаты детекции продуктов амплификации приведены в таблице 3.

Таблица 3

Продукты амплификации последовательностей генов
лигнолитических ферментов природных изолятов базидиомицетов

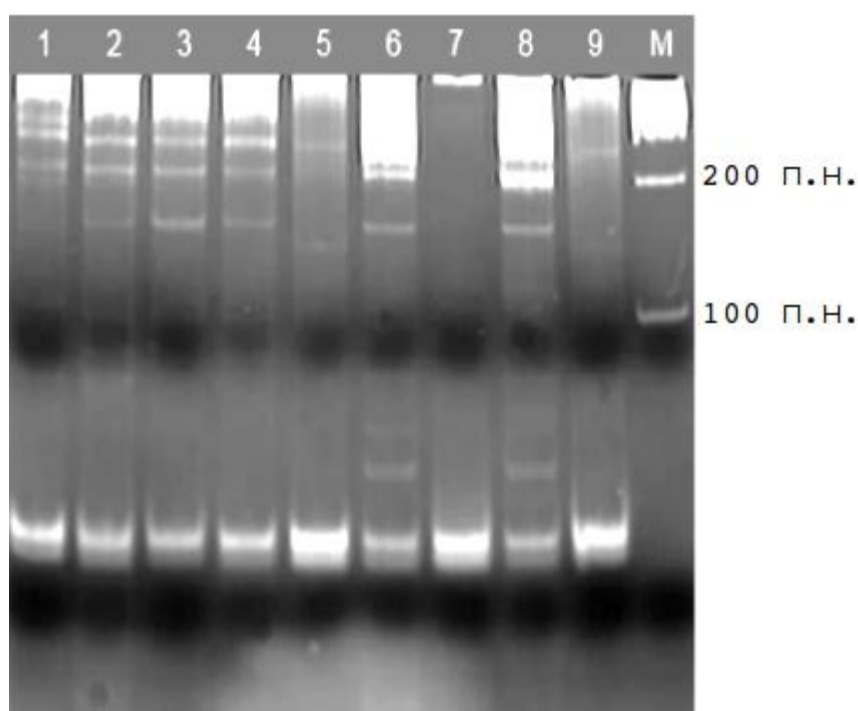
Видовое название	Изоля т	Размер амплификата (п.н.), полученного с использованием праймеров...			
		LccF – LccR	1LccF – 1LccR	LgpF- LgpR	MnpF - MnpR
<i>Trametes versicolor</i> (контроль)	Tv	350	130	200, 300	500, 750
<i>Armillaria mellea</i>	10	1000	130, 210, 400	200	700
<i>Bjerkandera fumosa</i>	8k	-	-	-	-
<i>Datronia mollis</i>	64	-	100, 220	130, 190	-
<i>Daedaleopsis confragosa</i>	706	-	130	200, 250	-
<i>Daedaleopsis quercina</i>	6	-	130	200, 300	-
<i>Fomes fomentarius</i>	17	-	-	-	-
	35	-	210	200, 300	400
	55	-	-	>300	-
<i>Fomitopsis penicola</i>	3k	-	130	200,300	-
	7	1000	140, 210, 300	180, 200, 300	600, 850
	8	-	130, 140, 210	180,200,30 0	850
	9	-	130, 140, 210	180, 200, 300	600, 850
	11	-	-	150, 300	-

	16	-	-	100, 200, 300	600
	23	1000	-	-	850
	37	-	-	-	-
	60	-	-	-	-
<i>Ganoderma applanatum</i>	22	-	-	-	-
<i>Ganoderma lucidum</i>	2k	-	130, 150	-	-
<i>Ganoderma lipsiense</i>	15	700	210, 300	180, 200, 300	250
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	56	300, 1000	300, 320	150	300, 500
	59	-	-	300	700
<i>Hypholoma fasciculare</i>	69	-	160, 210, 400	200, 300	200, 250
<i>Lenzites betulina</i>	708	1000	-	200, 250, 300	200
<i>Pleurotus ostreatus</i>	1B	-	210, 250, 300	180, 300	800, 900
<i>Piptoporus betulinus</i>	39	200	130	200	200, 500
<i>Phellinus hartigii</i>	13k	-	-	-	-
<i>Phellinus igniarius</i>	1k	-	130, 150	200, 250	-
<i>Phellinus pomaceus</i>	5k	-	-	200,300	900
<i>Phellinus pini</i>	57	-	400	300	220, 280
	61	-	400	300	-
<i>Polyporus betulinus</i>	36	-	-	-	-
<i>Pseudotrametes gibbosa</i>	4k	-	130	200	-
<i>Pycnoporus cinnabarinus</i>	18	-	-	-	-
	704	-	200	200	400, 750

<i>Trametes gibbosa</i>	42	200	180	200	500
	700	650	-	150, 200, 180, 300	600
Не определен	26	-	130, 200	200, 250	-
	29	200	-	200, 250	-
	31k	-	-	-	-
	706'	-	130, 300	200, 250	-
	503	-	130	200	350, 500

Примечание: «-» амплификат не обнаружен

В качестве примера на рисунках 1-3 представлены электрофореграммы амплификатов ДНК некоторых изолятов.

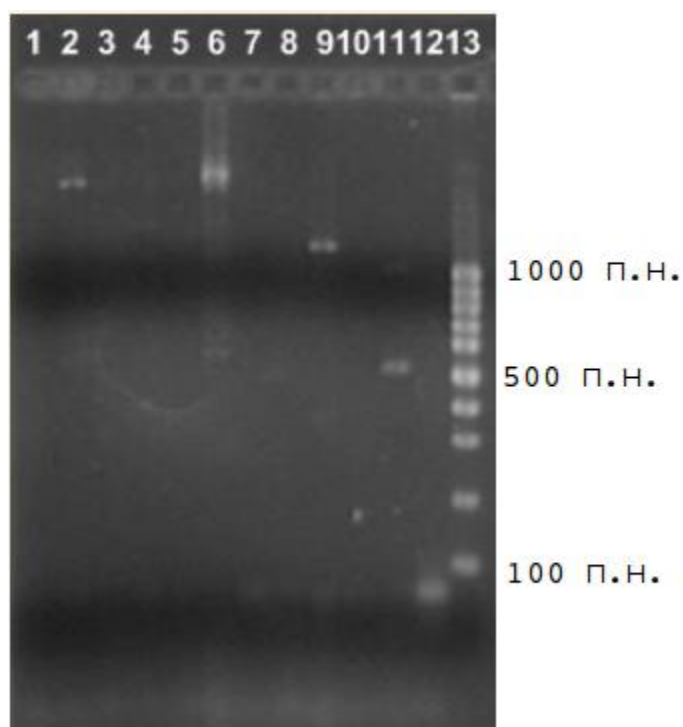


Праймеры LgpF/LgpR.

Дорожка 1 – *Daedaleopsis quercina* (6); дорожка 2 – *Fomitopsis pinicola* (7);
дорожка 3 – *Fomitopsis pinicola* (8); дорожка 4 – *Fomitopsis pinicola* (9);
дорожка 5 – *Fomitopsis pinicola* (11); дорожка 6 – *Ganoderma lipsiense* (15);
дорожка 7 – *Русноporus cinnabarinus* (18); дорожка 8 – положительный

контроль *Trametes versicolor* (*Tv*); дорожка 9 – отрицательный контроль (вода); дорожка М - маркер «СибЭнзим»

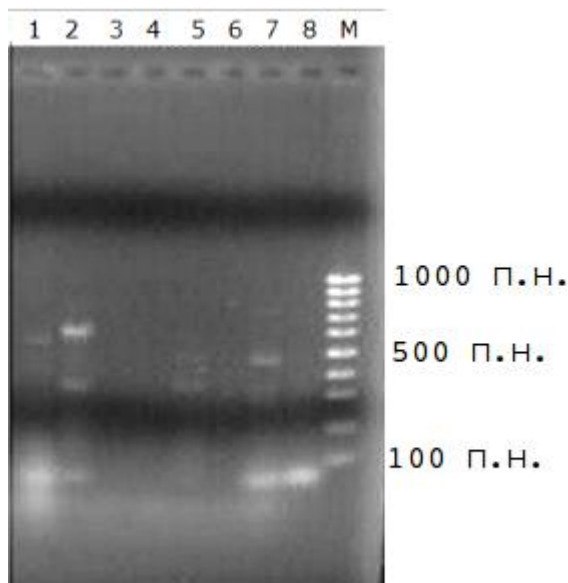
Рис. 1. Гель-электрофорез продуктов амплификации последовательностей гена лигнинпероксидазы в 6% нативном полиакриламидном геле.



Праймеры LccF и LccR.

Дорожка 1 – *Daedaleopsis quercina* (6); дорожка 2 – *Fomitopsis pinicola* (7); дорожка 3 – *Fomitopsis pinicola* (8); дорожка 4 – *Fomitopsis pinicola* (9); дорожка 5 – *Fomitopsis pinicola* (11); дорожка 6 – *Fomitopsis penicola* (23); дорожка 7 – *Fomes fomentarius* (35); дорожка 8 – *Armillaria mellea* (10); дорожка 9 – *Pleurotus ostreatus* (1В); дорожка 10 – *Fomes fomentarius* (17); дорожка 11 – положительный контроль *Trametes versicolor* (*Tv*); дорожка 12 – отрицательный контроль (вода); дорожка 13 - маркер «СибЭнзим»

Рис. 2. Гель-электрофорез продуктов амплификации последовательностей гена лакказы в 1,5% агарозном геле.



Праймеры MnpF / MnpR.

Дорожка 1 — *Trametes gibbosa* (700); дорожка 2 — *Pycnoporus cinnobarinus* (704); дорожка 3 — *Daedaleopsis confragosa* (706); дорожка 4 — 706'; дорожка 5 — 503; дорожка 6 — *Phellinus igniarius* (1k); дорожка 7 - *Trametes gibbosa* (42); дорожка 8 – положительный контроль *Trametes versicolor* (Tv); дорожка 9 – отрицательный контроль (вода); дорожка М - маркер «СибЭнзим»

Рис. 3. Гель-электрофорез продуктов амплификации последовательностей гена марганецпероксидазы в 1,5% агарозном геле.

С помощью пары праймеров LccF/LccR продукты амплификации были выявлены у *A. mellea* (10), *F. penicola* (7), *G. trabeum* (56), *L. betulina* (708), *P. betulinus* (39), *Tr. Gibbosa* (700, 42), *G. lipsiense* (15) и у неидентифицированного изолята (31к). Размеры амплификатов ни в одном случае не совпадали с ожидаемым, даже у представителей близкого вида *T. gibbosa*, что подтверждает высокую специфичность пары праймеров LccF/LccR для вида *T. versicolor*.

С использованием менее специфичной пары праймеров 1LccF/1LccR

последовательности гена лакказы были выявлены у 24 изолятов, относящихся к 17 идентифицированным и 3 неидентифицированным видам. Размер полученного ПЦР-продукта соответствовал ожидаемому у *A. mellea* (10), *D. confragosa* (706), *D. quercina* (6), *F. penicola* (3к,8,9), *G. lucidum* (2к), *P. igniarius* (1к), *P. gibbosa* (4к) и у двух неидентифицированных изолятов (26, 706'). Амплификаты у остальных изолятов различались по размерам, что свидетельствует о высокой вариабельности последовательностей генов лакказы у разных видов базидиомицетов. Более чем у половины изолятов, проявивших положительную реакцию с праймерами 1LccF/1LccR, обнаружено по два и более амплификата разных размеров. Это может быть связано с наличием у одного изолята нескольких изоформ фермента. Так, было показано наличие двух изоформ лакказы у одного гриба - продуцента [10].

Ген марганецпероксидазы был выявлен у 19 идентифицированных и 1 неидентифицированного изолята, относящихся к 14 видам. Размер ПЦР-продукта был близок к ожидаемому у *G. trabeum* (56), *P. betulinus* (39), *Tr. gibbosa* (42) и неидентифицированного изолята (503). Как и при детекции гена лакказы с помощью праймеров 1LccF/1LccR, обнаружена вариабельность ампликонов у большинства изолятов и наличие у некоторых из них двух продуктов реакции с праймерами MnpF/MnpR. Гены марганецпероксидазы образуют суперсемейство последовательностей, кодирующих изоформы этого фермента; также некоторые грибы могут продуцировать несколько изоформ одновременно [11].

Последовательности гена лингнинпероксидазы были выявлены у 31 изолятов, относящихся к 18 идентифицированным и 4 неидентифицированным видам. Ампликоны, соответствующие

ожидаемому по длине (200 и 300 п.н.) были выявлены почти у всех из них, за исключением трех (*D. mollis* (64), *F. fomentarius* (55) и *G. trabeum* (56)). У ряда изолятов обнаружены продукты ПЦР, отличные по длине как друг от друга, так от ампликонов ожидаемого размера. Так же, как и другие ферменты лигнолитического комплекса, лигнинпероксидазы имеют несколько изоформ [12]. Различия ампликонов по размерам и обнаружение дополнительных полос могут быть связаны с этим.

Последовательности генов всех трех ферментов одновременно были выявлены у 16 изолятов: *A.mellea* (10), *F. fomentarius* (35), *F. penicola* (7, 8, 9), *G. trabeum* (56), *H. fasciculare* (69), *L. betulina* (708), *P. ostreatus* (1B), *P. betulinus* (39), *P. pini* (57), *P. cinnabarinus* (704), *T. Gibbosa* (700, 42), *G. lipsiense* (15) и неидентифицированного изолята (503).

Не у всех изолятов, отнесенных к одному виду, показана идентичность спектров продуктов амплификации генов лигнолитических ферментов. Такие результаты могут быть связаны с тем, что один гриб может синтезировать несколько изоформ ферментов, следовательно, возможны различия и между изолятами. Ферменты лигнолитического комплекса различаются и по катализируемым реакциям, и по субстратам, следовательно, могут окислять различные мономеры и фрагменты молекулы лигнина или промежуточные продукты на разных этапах его деградации [2]. Эта особенность лигнолитического комплекса позволяет объяснить тот факт, что помимо видов, имеющих гены всех трех лигнолитических ферментов, существуют еще и виды, имеющие по два или по одному из этих генов; возможно, данные грибы либо одновременно обитают на одном субстрате, либо сменяют друг друга по мере разрушения древесины.

В результате проделанной работы выявлены 16 изолятов грибов 12

видов, имеющих гены всех трех ферментов лигнолитического комплекса, в том числе: *A. mellea* (10), *F. pinicola* (35), *F. penicola* (7, 8, 9), *G. trabeum* (56), *H. fasciculare* (69), *L. betulina* (708), *P. ostreatus* (1B), *P. betulinus* (39), *P. pini* (57), *P. cinnabarinus* (704), *Tr. gibbosa* (700, 42), *G. lipsiense* (15), неидентифицированный изолят (503). У большинства указанных видов активность лигнолитических ферментов ранее не изучалась. Впервые гены лигнолитических ферментов обнаружены у *D. mollis*, *D. quercina*, *F. pinicola*, *G. trabeum*, *G. lucidum*, *H. fasciculare*, *L. betulina*, *P. betulinus*, *P. igniarius*, *P. rotaceus*, *P. pini*, *P. cinnabarinus*. Отобранные изоляты перспективны для дальнейшего изучения как возможные продуценты ферментов лигнолитического комплекса, сравнительного исследования указанных ферментов, их субстратной специфичности, физико-химических характеристик и роли в биодеструкции лигнина древесины.

Библиографический список:

1. Морозова О. В. Лакказы базидиальных грибов, лакказамедиаторные системы и возможности их использования: дис. канд. хим. наук : 03.00.04. М, 2006. – 139 с.
2. Елинов Н. П. Основы биотехнологии. Для студентов институтов; аспирантов и практических работников. СПб.: Наука, 1995. – 600 с.
3. Hiroyuki W. Manganese(II) Oxidation by Manganese Peroxidase from the Basidiomycetes *Phanerochaete chrysosporium*// J. Biological Chemistry. 1992. – Vol.267. – P. 23-688
4. Никитина О. В. Внеклеточные оксидоредуктазы лигнолитического комплекса базидиального гриба *Trametes pubescens*: автореф. дис.канд.биол.наук; Спец.03.00.04. / Институт биохимии им.А.Н. Баха; Никитина О. В; науч. рук. Шлеев С.В. – Москва, 2006. – 26 с.

5. Кадималиев Д. А., Ревин В. В., Атыкян Н. А., Самуилов В. Д. Влияние модификации древесины на потребление лигнина и синтез лигнолитических ферментов грибом *Panus tigrinus* // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т.39. – №5. – С. 555-560.

6. Скоробогатько О. В.; Гиндилис А. Л.; Ярополов А. И.; Гаврилова В. П.; Троицкая Е. Н. ; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Инновационные биотехнологии". – № 5020557/14 ; заявл. 27.05.1992; опубл. 15.06.1994.

7. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. – СПб.: Наука, 1998. – 391 с.

8. Билай В. И. Фузарии. – Киев: Наукова думка, 1977. – 442 с.

9. Маниатис Т., Фрич Э., Самбрук Дж. Методы генетической инженерии. Молекулярное клонирование.// Пер. с англ. – М.: Мир. 1984. – 480с.

10. Оболенская А. В. Химия лигнина: учебное пособие для студентов. СПб.: ЛТА, 1993. – 80 с.

11. Johanson T. Manganese Peroxidase Gene Transcription in *Phanerochaete chrysosporium*: Activation by Manganese. // The Journal of bacteriology. 1991. – №13.

12. Болобова А. В. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов. Ферменты, модели, процессы. / Болобова А. В., Аскадский А. А., Кондращенко В. И., Рабинович М. Л. – М.: Наука, 2002. – 343 с.

Информация об авторах

Data on authors

Шевченко Елена Александровна – аспирант кафедры микробиологии ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел.: 8-953-681-81-15

E-mail: Shevchenko7000@mail.ru

Shevchenko Yelena Aleksandrovna – post-graduate student in Microbiology in FSBEI of HPE «VyatSU».

Тел.: 8-953-681-81-15

E-mail: Shevchenko7000@mail.ru

Бессолицына Екатерина Андреевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел: 8-922-930-79-70

E-mail bess2000@mail.ru

Bessolitsyna Yekaterina Andreyevna – Cand. Sc. (Biology), Associate Prof. in Microbiology in FSBEI of HPE «VyatSU».

Тел.: 8-922-930-79-70

E-mail bess2000@mail.ru

Дармов Илья Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедры микробиологии ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел: 8-912-363-25-03

E-mail gitikx@mail.ru

Darmov Ilya Vladimirovich – Dr. Sc. (Medicine), Prof., Head of the Microbiology Chair in FSBEI of HPE «VyatSU».

Тел.: 8-912-363-25-03

E-mail gitikx@mail.ru

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА
ВОДОПОДГОТОВКИ В СИСТЕМАХ ПИТЬЕВОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**NEW APPROACHES TO IMPROVING THE QUALITY OF WATER IN
DRINK WATER SYSTEMS**

Современные методы не решают существующих проблем очистки и обеззараживания воды при водоподготовке. Для решения проблемы предлагается использовать озонирование, как наиболее универсальный и перспективный метод при подготовке питьевой воды, в комплексе с интенсивной кавитационной обработкой. Описываются результаты проведенных исследований, позволившие добиться синергетического эффекта при совместном их использовании. Подчеркивается актуальность данных исследований, в частности для Кировской области и г. Кирова.

The current methods do not solve the problems of cleaning and disinfection of water at water treatment plants. To solve this problem, we propose to use ozone as the most universal and promising method for preparation of drinking water in conjunction with intense cavitation treatment. The paper describes the results of the studies, which allow synergy to be achieved with their joint use. These studies are emphasized to be relevant in particular for the Kirov Region and Kirov.

Ключевые слова: обеззараживание воды, озонирование, гидродинамическая кавитация.

Keywords: water disinfection, ozonation, hydrodynamic cavitation.

В настоящее время на территории России практически отсутствуют поверхностные и подземные водоисточники питьевого водоснабжения, не требующие водоподготовки перед подачей в водопроводную сеть. В подавляющем большинстве вода рек в Российской Федерации оценивается как «грязная» [1]. Причинами загрязненности природных вод являются как интенсивное техногенное воздействие, так и природное повышенное содержание некоторых химических компонентов. К природному загрязнению относится, в частности, повышенное содержание железа и марганца.

Так, по данным МПР и экологии России, вода около 90% рек нашей страны имеет повышенное содержание железа общего. В Кировской области в населенных пунктах с водозаборами из поверхностных источников водоснабжения (пгт. Кирс, пгт. Опарино) регистрируется до 100% неудовлетворительных проб по железу с превышением ПДК в 2-5 раз, что связано с высоким природным содержанием этого элемента в воде рек, особенно в их истоках в северной части области [2].

Вода **поверхностных водоисточников**, используемых для централизованного водоснабжения, за период с 2004 по 2009 год по России не соответствовала гигиеническим нормативам в 40% проб (Кировская область – 38%, причем по химическим показателям в Кировской области не соответствовало нормативам около 70% проб, а по микробиологическим – около 30%) [2].

При исследовании состояния наиболее защищенных от загрязнения **подземных источников** водоснабжения выявлено, что в целом по России около 17% проб воды не отвечают санитарным нормам (в Кировской области – около 7%). При этом удельный вес проб воды, не отвечающих нормам по химическим показателям, составляет 27% (в Кировской области – около 24 %) [2]. В воде большинства подземных водозаборов на территории Кировской области наблюдается природное превышение

гигиенических норм по железу, бору, марганцу, бромю и другим показателям.

Такое положение дел позволяет говорить о том, что поиск технологий, комплексно воздействующих на воду и снижающих содержание по большинству показателей качества воды, остается весьма актуальным как в целом по России, так и для Кировской области.

В практике водоподготовки в настоящее время существует универсальный метод обработки воды, позволяющий эффективно воздействовать на большое число различных загрязнителей техногенного и природного происхождения с одновременным обеззараживанием воды, – это озонирование. Интерес к применению озона при подготовке питьевой воды объясняется тем, что озон как сильнейший окислитель имеет ряд преимуществ перед другими реагентами. Озонирование не только обеспечивает быстрое и надёжное обеззараживание с надёжным эффектом последствия, но вызывает и весьма значительное улучшение физико-химических и органолептических свойств воды. В результате обработки озоном устраняются привкусы, запахи, цветность воды, возрастает содержание растворенного кислорода - одного из основных показателей, характеризующих чистые природные водоисточники [3].

Обеззараживающее действие озона в 15-20 раз (а на споровые формы бактерий примерно в 300-600 раз) сильнее действия хлора. Отмечается также высокий вирулицидный эффект озона и его высокая эффективность в уничтожении различных видов патогенных микроорганизмов [4].

Обзор уже внедренных промышленных разработок в сфере водоподготовки позволил выделить технологию по очистке воды, представленную томскими учеными [5], позволяющую добиться улучшения физико-химических и микробиологических показателей путем использования совместного воздействия озонирования и кавитации. Технологическая схема установки представлена на рисунке 1.



1 - камера окисления; 2 - механический кавитатор; 3 - эжектор; 4 - блок разложения остаточного озона; 5 - источник питания озонатора; 6 - озонатор; 7 - манометр; 8 - фильтр очистки воздуха; 9, 10 - насосы; 11 - измерители уровня воды; 12 – патрубки

Рис. 1. Технологическая схема обработки воды [5].

Комплексное воздействие на воду с повышенным содержанием железа позволило добиться значительного снижения его содержания и, одновременно, соединений азотной группы, в том числе азота аммонийного. Почти вдвое уменьшается содержание марганца и органических веществ [5].

На кафедре промышленной экологии и безопасности Вятского государственного университета также проводятся научные исследования, направленные на повышение эффективности различных технологий

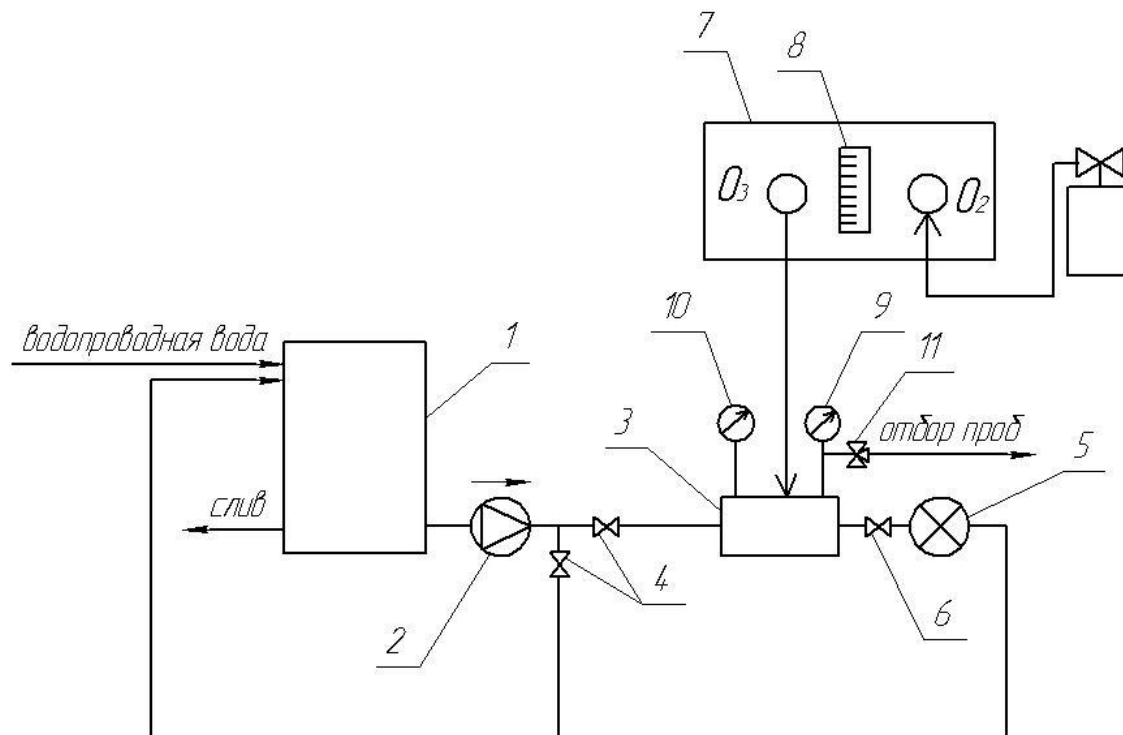
обработки воды с целью выявления возможного синергетического эффекта.

Данная деятельность может послужить продолжением работы томских исследователей применительно к конкретным условиям города Кирова, связанным, в частности, с ежегодным превышением гигиенических нормативов воды по азоту аммонийному на водозаборе из реки Вятки, который является единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения города Кирова. Причиной загрязнения является весеннее затопление техногенно загрязненных хвостохранилищем мела озер и вынос накопившихся в озерных водах химических веществ в русло реки Вятки во время половодья. Используемые на кировском водозаборе типовые технологические схемы водоподготовки питьевой воды (одноступенчатая на контактных осветлителях и двухступенчатая на скорых фильтрах) в периоды повышенного техногенного загрязнения природных вод азотом аммонийным не обеспечивают требуемое нормативное качество очистки, о чем свидетельствуют факты подачи в отдельные годы в городскую водопроводную сеть воды с превышением предельно-допустимых концентраций по данному ингредиенту [6].

Одним из направлений повышения эффективности предложенной технологической схемы озонирования может служить использование кавитационных процессов более высокой интенсивности, которые создаются в гидродинамических проточных установках особого типа. Следует отметить, что при этом интенсивность кавитационного воздействия может в несколько раз превышать значение интенсивности кавитации, создаваемой на ротационных установках, используемых в схеме, представленной на рисунке 1.

В Вятском государственном университете проведен ряд исследований, направленных на возможность интенсификации процесса озонирования гидродинамической кавитацией. В работе использовался

статический проточно-кавитационный смеситель оригинальной конструкции [7]. Схема установки представлена на рисунке 2.



1 - бак; 2 - насос MXV 40-811; 3 - кавитационный смеситель [7];
 4,6 - кран; 5 - расходомер; 7 - озонатор «Озон – 5»; 8 - ротаметр; 9,
 10 - манометры; 11 - трехходовой кран

Рис. 2. Схема экспериментальной установки.

Подача газа осуществлялась непосредственно в зону кавитации, где происходит интенсивный процесс парообразования воды в силу локального снижения давления в этой области. В результате смешение осуществляется в системе «газ–газ», что, безусловно, более эффективно в сравнении с системой «газ–жидкость» из-за максимально высокой поверхности контакта двух фаз.

Тест-объектом в проводимых исследованиях выступала водоросль хлорелла. При этом использовался принцип биотестирования, суть которого заключается в относительно кратковременном наблюдении за

какой-либо характеристикой тест-организмов, помещенных в исследуемую среду.

Токсичность среды оценивалась с помощью комплекса «ЦИТО – ЭКСПЕРТ», в технологии которого заложен клеточный микроэлектрофорез. Он основан на оперативном измерении величины, пропорциональной эффективному электрическому заряду живых клеток в однородном переменном электрическом поле.

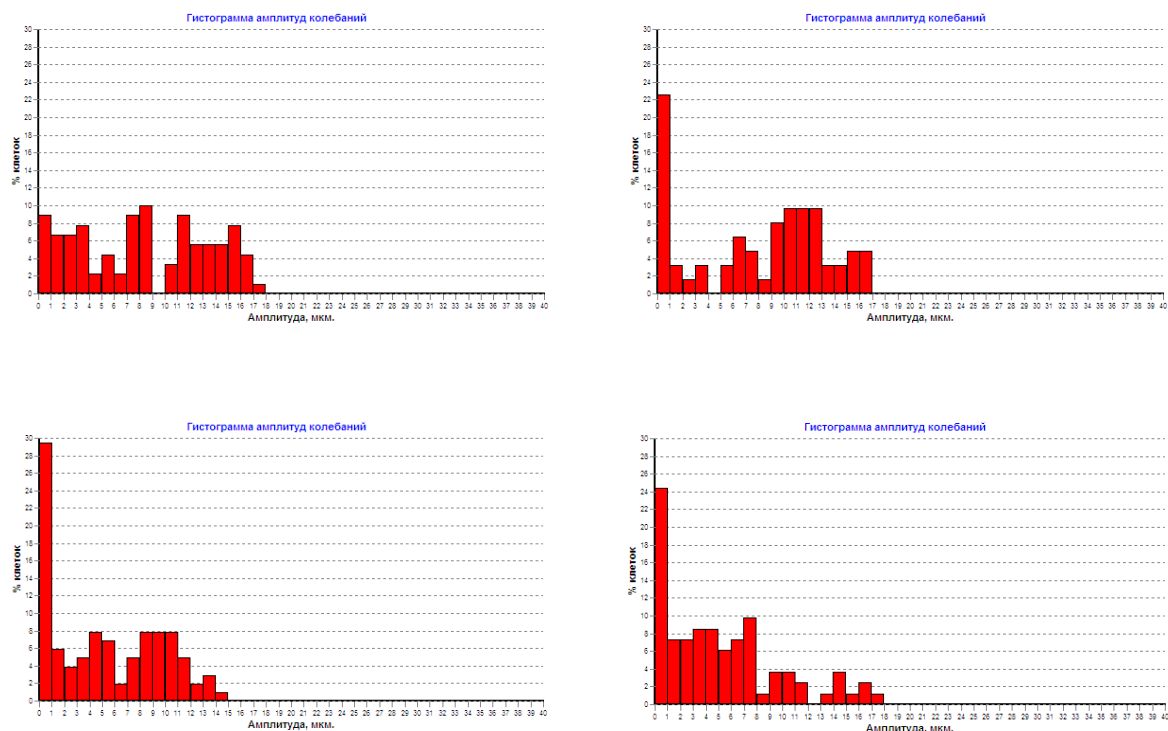
Для озонирования воды использовалась озono-кислородная смесь с двумя концентрациями озона: 1) 9 мг/л – концентрацией, применяемой на станциях водоподготовки; 2) 6,6 мг/л. Влияние озона на клетки водоросли определялось по основным показателям: соотношение живых и мертвых клеток хлореллы, амплитуда их движения.

Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1

Вид воздействия*	Доза озона, мг/л	Время выдержки, мин.	Среднее количество объектов (клеток)			
			Всего	в том числе		
				с разрывом	пригодных для автоматической обработки	
			всего	из них неподвижных (%)		
O ₃	9,0	30	480	418	62	17 (27,42%)
O ₃ +ГДК	6,6	30	579	477	102	40 (39,22%)
	9,0	30	231	149	82	32 (39,02%)

*Примечание: O₃ – озонирование, ГДК – гидродинамическая кавитация



А - исходная проба; б - озонирование 9,0 мг О₃/л; в - озонирование 6,6 мг О₃/л и гидродинамическая кавитация; г - озонирование 9,0 мг О₃/л и гидродинамическая кавитация

Рис. 3. Гистограммы распределения амплитуд колебаний клеток хлореллы в переменном электрическом поле

Анализ полученных данных позволил наблюдать увеличение эффективности процесса озонирования в случае его использования с гидродинамической кавитацией на 43,0% при концентрации озона 6,6 мг/л и 42,3% - при 9,0 мг/л.

Данный процент выявлен по количеству неподвижных клеток и складывается из биоцидного действия самой кавитации, не превышающего 15%-го уровня, и наблюдаемого синергетического эффекта, прогнозируемая величина которого для данного вида воздействия находится в диапазоне 15÷30%.

Кроме того, не было выявлено существенных изменений между влиянием на клетки хлореллы различных концентраций озона. Средний процент неподвижных клеток при различных концентрациях практически равный. Такая же небольшая разница между количеством клеток «с разрывом». Следовательно, общее количество поврежденных клеток существенно не изменяется, что дает право предположить возможность использования меньших концентраций озона для процесса обеззараживания при совместном их использовании с гидродинамической кавитацией.

Анализ процентного изменения количества клеток «с разрывом» при различных концентрациях косвенно подтверждает выводы, сделанные в опытах с другими агентами, об определяющем значении интенсивности кавитационных процессов при оценке синергетического эффекта. Здесь данный вид повреждения клетки проявляется при меньшей концентрации 82,3% - при 6,6 мг/л; 64,5% - при 9,0 мг/л.

Следует сказать, что характер и место повреждения микробной клетки, вызываемые кавитационными волнами, различны. Основные из них: отрыв клеточных окончаний, разрыв клетки на две части (преимущественно в местах, где обычно имеются перегородки), образование воронкообразных дефектов в разных местах клеточной стенки. При этом у клетки возникают функциональные изменения, такие как снижение подвижности, способности к размножению и другие [8].

При наблюдении изменения параметра амплитуды колебаний, характеризующего активность неповрежденных клеток (рисунок 3), можно отметить смещение большего процента амплитуд колебаний клеток к зоне с наименьшими их значениями, что представляется логичным при любом биоцидном воздействии. Однако в случае комплексной обработки воды заметно увеличивается доля клеток двигающихся с небольшой амплитудой

от 0 до 10 мкм, что также свидетельствует о роли кавитации в данном процессе.

В целом, по результатам исследований комплексного воздействия озонирования и гидродинамической кавитации можно сделать вывод, что совместное их использование позволяет снизить концентрации озона в озono-кислородной смеси при обработке воды. В проводимых исследованиях удалось добиться снижения концентрации озона на 27% с одновременным увеличением доли инактивируемых клеток.

Таким образом, следует отметить перспективность предложенного направления исследований, результатом которого может явиться новая технология, легко вписывающаяся в действующие технологические схемы. Используемые при этом гидродинамические устройства просты по конструкции, удобны в обслуживании и надежны в работе. Процесс кавитации в них протекает стабильно вне зависимости от расхода обрабатываемой жидкости, поэтому разработанную технологию возможно использовать как перед подачей воды в отдельные жилые дома и микрорайоны, так и на общегородской станции водоподготовки. В регионах, имеющих проблемы с качеством воды для питьевого водоснабжения, это может явиться одним из решающих факторов обеспечения санитарно-гигиенического благополучия населения.

Библиографический список:

1. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2009 год // МПР и экологии РФ. - М.: Росгидромет, 2010.

2. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Кировской области в 2008 году // Управление федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кировской области, ФГУЗ Центр гигиены и эпидемиологии в Кировской области. - Киров, 2009.

3. Фрог Б. Н. Водоподготовка: учеб. пособие для вузов / Б.Н. Фрог. - М.: Издательство МГУ, 2001. - 680с.
4. Орлов В. А. Озонирование воды. – М.:Стройиздат, 1984.
5. Лукашевич О. Д., Патрушев, Е. И. Обезжелезивание подземных вод // Водоснабжение и санитарная техника, 2005. - №4. - С. 16-20.
6. Мусихина Т.А., Клиндухова, А. Д. Прогноз качества воды реки Вятки в зоне санитарной охраны Кировского водозабора // Теоретическая и прикладная экология - 2011. - №4. - С. 39-42.
7. Способ обеззараживания воды синергетическим воздействием: пат. 2209772 Рос. Федерация / Флегентов И.В., Дегтерев Б.И., Беляев А.Н. - №2001112045/12. заявл. 03.05.01, опубл. 10.08.03.
8. Эльпинер И. Е. Ультразвук: физико-химическое и биологическое действие / под ред. И. Е. Эльпинер. – М.: Физматгиз, 1963. – 420 с.

Информация об авторах

Data on authors

Беляев Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел.: (8332)64-33-09

E-mail: belyaev71@list.ru

Belyayev Andrey Nikolayevich – Cand. Sc. (Engineering), Associate Prof. in Industrial Ecology and Safety in FSBEI of HPE "VyatSU".

Tel.: (8332) 64-33-09

E-mail: belyaev71@list.ru

Флегентов Игорь Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры промышленной экологии и безопасности ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел.: (8332)64-67-74, E-mail: flegentov42@gmail.com

Flegentov Igor Vladimirovich – Dr. Sc. (Engineering), Prof. in Industrial Ecology and Safety in FSBEI of HPE "VyatSU".

Tel.: (8332) 64-67-74, E-mail: flegentov42@gmail.com

Мусихина Татьяна Анатольевна – кандидат географических наук, доцент кафедры технологии защиты биосферы ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел. (8332) 38-14-65

E-mail: mta_mta@mail.ru

Musikhina Tatyana Anatolyevna – Cand. Sc. (Geography), Associate Prof. in Technology of Biosphere Protection in FSBEI of HPE "VyatSU".

Tel. (8332) 38-14-65

E-mail: mta_mta@mail.ru

Кошурникова Е.В., Калинина Л.А., Ушакова Ю.Н., Пьянкова М.В.
E.V. Koshurnikova, L.A. Kalinina, Ju.N. Ushakova, M.V. Pyankova

**ВЛИЯНИЕ ДОПАНТА НА СТРУКТУРУ И
ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОГО ЭЛЕКТРОЛИТА
CaY₂S₄**

**INFLUENCE OF DOPANT ON THE STRUCTURE AND THE
ELECTROLYTIC PROPERTIES OF SOLID ELECTROLYTE CaY₂S₄**

Синтезированы твердые растворы в системе CaY₂S₄ – x мол.% Yb₂S₃. Методами кондуктометрии, Хебба-Вагнера, модифицированного метода ЭДС исследованы температурные и концентрационные зависимости электролитических свойств, подтвержден сульфид-ионный характер проводимости. Показано, что высокий вклад ионной проводимости синтезированных фаз обусловлен образованием заряженных вакансий. Предложены механизмы дефектообразования.

Solid solutions in the system CaY₂S₄ – x mol.% Yb₂S₃ have been synthesized. Temperature and concentration dependences of electrolytic properties have been investigated by conductometry, the method of Hebb-Vagner and the modified method of EMF. The sulfide-ionic character of conductivity has been confirmed. It has been shown that high contribution of ionic conductivity of the synthesized phases is due to formation of charged vacancies. A possible mechanism of defect formation has been proposed.

Ключевые слова: сульфидпроводящие твердые электролиты, титрат кальция, сульфид иттербия, электролитические свойства, механизм дефектообразования

Keywords: sulfide conductive solid electrolytes, calcium thioittrate, itterbium sulfide, electrolytic properties, mechanism of defect formation

Введение

Твердые электролиты представляют большой интерес в связи с возможностью их практического применения в качестве элементов различных технологических устройств: сенсоры, топливные элементы, электролизеры и др. В настоящее время из анионпроводящих твердых электролитов (ТЭЛ) хорошо исследованы ТЭЛ с проводимостью по кислороду и фтору. Лучшие из них уже широко используются на практике [1]. По сравнению с фтор- и кислородпроводящими твердыми электролитами проводникам с преимущественной проводимостью по сульфид-иону уделяется меньшее внимание. Тем не менее, сульфидпроводящие твердые электролиты являются достойными представителями класса твердых электролитов. К настоящему времени известны сульфидпроводящие электролиты на основе BaTm_2S_4 , BaSm_2S_4 , BaNd_2S_4 (кристаллическая решетка типа CaFe_2O_4), на основе CaNd_2S_4 , CaGd_2S_4 , CaSm_2S_4 , CaPr_2S_4 (крист. решетка Th_3P_4), а также на основе CaY_2S_4 , CaYb_2S_4 (крист. решетка Yb_2S_3) [2]. Расширение класса сульфидпроводящих твердых электролитов с целью варьирования их электролитических свойств может происходить в направлении увеличения числа компонентов в известных аниондефицитных фазах.

Метод легирования сульфидом лантаноида, не содержащегося в исходном тернарном соединении, апробирован в работе [3].

В качестве объекта исследования в настоящей работе выбрана система $\text{CaY}_2\text{S}_4 - x \text{ мол. \% Yb}_2\text{S}_3$, т.к. титрат кальция и сульфид

иттербия кристаллизуются в одной и той же орторомбической структуре Yb_3S_4 [4], что открывает возможность образования протяженных гомогенных областей.

Настоящая работа посвящена изучению влияния добавок сульфида иттербия на структуру и электролитические свойства стехиометрического титратата кальция.

Методика эксперимента

Синтез стехиометрического CaY_2S_4 и твердых растворов Yb_2S_3 на его основе проводили керамическим методом. В качестве исходных веществ для синтеза исследуемой системы использовали CaO классификации «чда», Yb_2O_3 и Y_2O_3 классификации «ос.ч.». Шихта получена путем механического смешения расчетных количеств оксидов. Гомогенизацию смеси проводили в агатовой ступке под слоем этилового спирта, высушивая на воздухе. Сульфидирование проводили в потоке аргона, насыщенного сероуглеродом при температуре 1411К в течение 7 часов. Система очистки аргона соответствовала методике, разработанной Гнауком [5], обеспечивающей на выходе содержание кислорода менее 10^{-4} %. Поликристаллические образцы прессовались при изостатическом давлении 130 кгс/см^2 в таблетки диаметром 7 мм ($h = 1.2 \div 1.7$ мм). Полученные образцы подвергали отжигу с целью гомогенизации кристаллов с микронеоднородным распределением примеси. Цвет стехиометрического соединения CaY_2S_4 – светло-желтый, по мере увеличения содержания добавки (Yb_2S_3) цвет образцов приобретает все более насыщенную, ярко-желтую, окраску, что соответствует [6].

Все соединения были идентифицированы методом рентгенофазового анализа на дифрактометре XRD-7000S (Shimadzu) (излучение Cu-K_α) с шагом съемки 0.02° , интервалом съемки $10^\circ - 70^\circ$. Для расчета параметров и

уточнения кристаллической решетки использованы программы STOE Win XPROW и Match.

Измерения электропроводности проводили по стандартной методике на переменном токе в атмосфере аргона в ячейке:



Исследование проводили в интервале температур 298-835 К. Выбор верхнего предела температурного интервала обусловлен возможностью изменения состава образцов за счет потери серы в результате термической диссоциации при дальнейшем повышении температуры.

Для выяснения характера возможного дефектообразования измеряли пикнометрическую плотность всех синтезированных образцов и сравнивали с рассчитанной в соответствии с различными моделями дефектообразования по данным рентгенографической плотности.

Среднеионные числа переноса (\bar{t}_i) измеряли в гальваническом элементе с электродами, обратимыми относительно сульфид-ионов:



и определяли из соотношения измеренной и теоретической ЭДС, рассчитанной при условии использования в ячейке (2) гипотетического ТЭЛ с чисто ионной проводимостью.

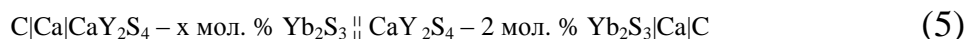
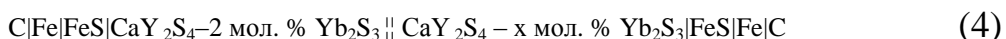
Электронные числа переноса (t_e) определяли поляризационным методом [7] Хебба-Вагнера в электрохимической ячейке:



в интервале напряжений 0,1 – 2 В по соотношению электронной и общей электропроводности.

Определение активности растворенного в тернарном соединении сульфида иттербия и разделение ионной составляющей проводимости на катионную и анионную проводили методом Чеботина – Обросова [8] в

концентрационных цепях с переносом, с электродами, обратимыми относительно сульфид-иона и иона кальция



Известно, что диффузионный потенциал в обеих ячейках возникает на границе образцов стехиометрического соединения и твердых растворов бинарных сульфидов на его основе. ЭДС элемента (5), обратимого относительно ионов кальция (E_{Ca}), связана с числами переноса ионов серы. ЭДС элемента (4), обратимого относительно сульфид-ионов (E_{S}), связана с числами переноса кальция. При большой статистике данных метод позволяет определить числа переноса ионов с точностью $\pm 0,02$. Определение основного типа иона-носителя проводили с учетом изотермических зависимостей $E_{\text{S}} = f(E_{\text{Ca}})$ для электролитов различного состава по уравнениям:

$$t_{\text{S}^{2-}} = 1 - t_{\text{Ca}^{2+}} \quad (6)$$

$$t_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{-\tau_{\text{S}}}{2} = \frac{1}{1 - \frac{dE_{\text{Ca}}}{dE_{\text{S}}}} \quad (7)$$

где τ_{S} – концентрационные изменения в элементе (4), τ_{Ca} – концентрационные изменения в элементе (5), $t_{\text{S}^{2-}}$ – числа переноса сульфид-ионов, $t_{\text{Ca}^{2+}}$ – числа переноса ионов кальция.

Обсуждение результатов

Рентгенофазовый анализ синтезированных образцов показал, что при легировании сульфидом иттербия титратом кальция образуются широкие однофазные области твердых растворов, сохраняющих структуру исходного соединения (структ. тип Yb_3S_4 (пр. гр. Pnma ; $z=4$)) [4]. Рассчитанные на основании дифрактограмм параметр a и объем элементарной ячейки монотонно уменьшаются при введении сульфида

иттербия от 0 до 18 мол.% (рисунок 1). В этой области составов системы появление примесных фаз не обнаружено.

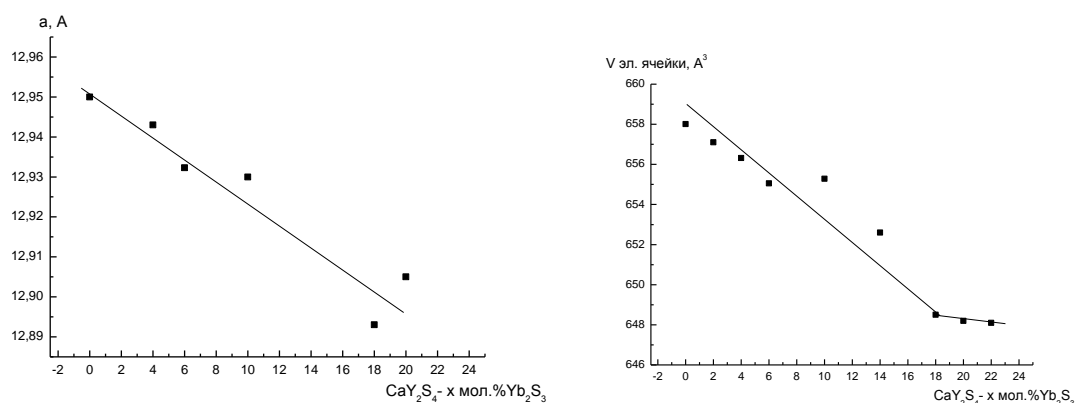


Рис. 1. Зависимость параметра a и объема элементарной ячейки от состава фаз

Уменьшение параметра a и объема ячейки объясняется меньшим ионным радиусом иттербия, вводимого в виде сульфида, по сравнению с ионным радиусом иттрия, входящего в состав тернарного соединения ($r_{Y^{3+}} = 0.905, r_{Yb^{3+}} = 0.858 \text{ \AA}$) [9]. При введении свыше 18 мол. % сульфида иттербия параметр a и объем элементарной ячейки не зависят от состава, что указывает на двухфазную область. Температурная зависимость общей электропроводности исследуемой системы $\text{CaY}_2\text{S}_4 - x \text{ мол.}\% \text{ Yb}_2\text{S}_3$, представлена на рисунке 2. На каждой кривой зависимости в области температур 550-570 К наблюдается излом, что может быть связано с увеличением емкостной составляющей проводимости в низкотемпературной области. Судя по величинам энергии активации в высокотемпературной области ($0,44 < E_a < 0,8 \text{ эВ}$), проводимость является преимущественно ионной.

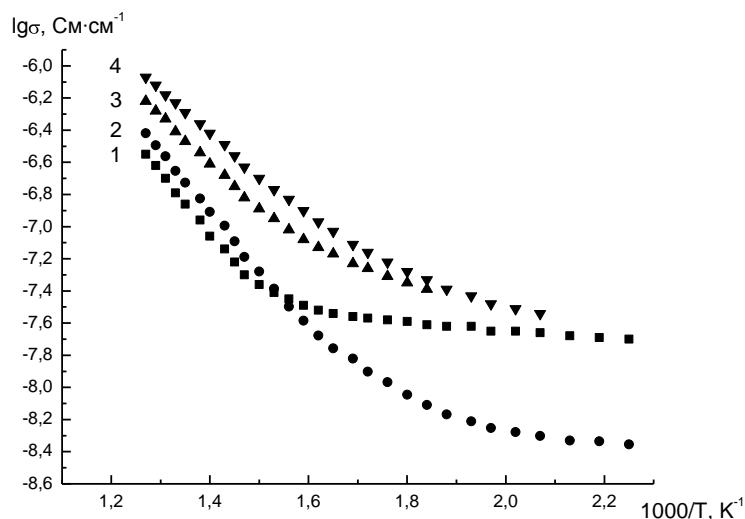


Рис. 2. Температурные зависимости электропроводности системы $\text{CaY}_2\text{S}_4 - x$ мол.% Yb_2S_3 : 1) $x = 0$; 2) $x = 6$; 3) $x = 12$; 4) $x = 18$

На основании данных кондуктометрии были построены изотермы зависимости логарифма электропроводности (рисунок 3) от количества допанта.

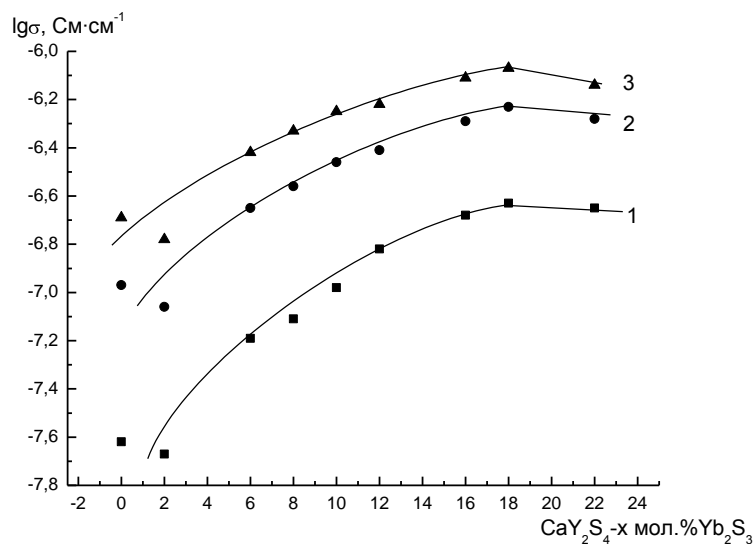


Рис. 3. Изотермы зависимости электропроводности от количества допанта, где 1- 678К, 2-751К, 3-787 К

Зависимость электропроводности от количества допанта носит одинаковый характер во всем электролитическом интервале температур.

Обнаружено, что электропроводность непрерывно зависит от состава в области $x=0\div 18$ мол.% Yb_2S_3 , увеличиваясь на порядок величины, и остается постоянной при содержании допанта 18-22 мол.%, что позволяет считать твердый раствор с содержанием 18 мол.% Yb_2S_3 , отвечающий формуле $\text{CaY}_{1,64}\text{Yb}_{0,36}\text{S}_{3,46}$, границей области гомогенности.

Электронные числа переноса, приведенные в таблице, измеряли методом Хебба-Вагнера, который применяется для определения электронных чисел переноса в смешанных проводниках с преимущественно ионной проводимостью.

Зависимость чисел переноса в зависимости от состава при различных температурах представлена в таблице:

Таблица

x мол. % Yb_2S_3	688K				708K				728K			
	$t_e \cdot 10^4$	\bar{t}_i ± 0.05	$t_{\text{S}2-}$ ± 0.02	$t_{\text{Ca-}}$ ± 0.02	$t_e \cdot 10^4$	\bar{t}_i ± 0.05	$t_{\text{S}2-}$ ± 0.02	$t_{\text{Ca-}}$ ± 0.02	$t_e \cdot 10^4$	\bar{t}_i ± 0.05	$t_{\text{S}2-}$ ± 0.02	$t_{\text{Ca-}}$ ± 0.02
0	2,37	1,00	0,98	0,02	2,60	1,00	0,97	0,03	3,13	1,00	0,98	0,02
4	0,38	1,00	0,98	0,02	0,25	1,00	0,97	0,03	0,43	1,00	0,98	0,02
8	0,69	1,00	0,98	0,02	0,94	1,00	0,97	0,03	0,15	1,00	0,98	0,02
12	0,151	-	0,98	0,02	0,335	-	0,97	0,03	0,635	-	0,98	0,02
16	-	1,00	0,98	0,02	0,288	1,00	0,97	0,03	0,536	1,00	0,98	0,02
20	-	-	0,98	0,02	0,032	-	0,97	0,03	0,07		0,98	0,02

Доля электронного переноса в исследуемых твердых электролитах невелика ($t_e \leq 10^{-4}$). Причем для всех синтезированных твердых электролитов наблюдается непрерывная зависимость t_e от состава, что подтверждает их принадлежность к единой фазе на основе базисного титрата кальция.

Средние ионные числа переноса также приведены в таблице.

Определение природы основных носителей проводилось в концентрационных цепях (4) и (5). Состав одного из электролитов, наиболее близкий к стехиометрическому (2 мол.% Yb_2S_3), оставался постоянным во всех исследованных ячейках, состав второго электролита варьировался от 4 до 20 мол.% Yb_2S_3 . Изотермические зависимости $E_S=f(E_{Ca})$ для электролитов различного состава приведены на рисунке 4.

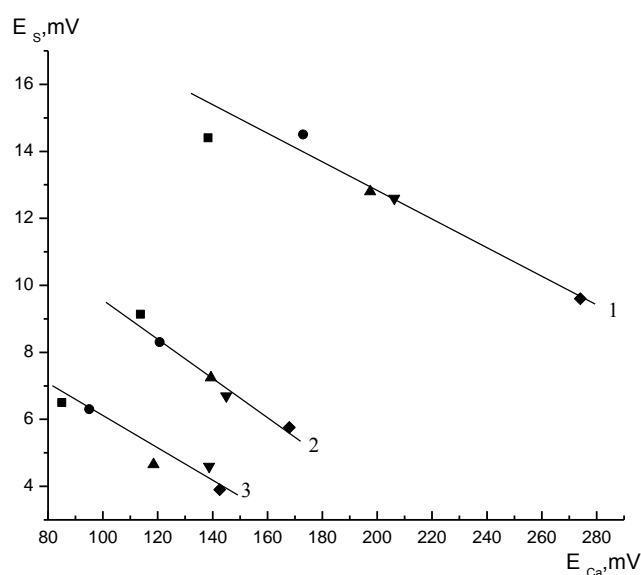


Рис. 4. Изотермы зависимости $E_S = f(E_{Ca})$ ТЭЛ системы $\text{CaY}_2\text{S}_4 - x \text{Yb}_2\text{S}_3$, где $x = \blacksquare - 4$ мол. %; $\bullet - 8$ мол. %; $\blacktriangle - 12$ мол. %; $\blacktriangledown - 16$ мол. %; $\diamond - 20$ мол. %; 1-688 К; 2-708 К; 3-728 К

В таблице представлены числа переноса сульфид-ионов и катионов для твердых растворов Yb_2S_3 в CaY_2S_4 , рассчитанные с привлечением dE_{Ca}/dE_S по уравнениям (6) и (7) и определенным по данным рисунка 4.

Таким образом, эксперименты по измерению электронных, средних ионных, катионных и анионных чисел переноса показали, что ионный транспорт в соединениях $\text{CaY}_2\text{S}_4 - x$ мол.% Yb_2S_3 осуществляется в основном сульфид-ионами.

Измерения ЭДС концентрационных цепей (4), (5) позволили одновременно определить активность бинарного сульфида Yb_2S_3 в его твердых растворах на основе CaY_2S_4 по уравнению:

$$-\lg a = \frac{q_s F}{2,3RT} (E_{Me} - E_S) \quad (11)$$

На рисунке 5 приведены изотермы зависимости активности от состава твердых растворов при разных температурах.

В качестве стандартного выбрано состояние предельно разбавленного раствора (стехиометрическое базисное соединение).

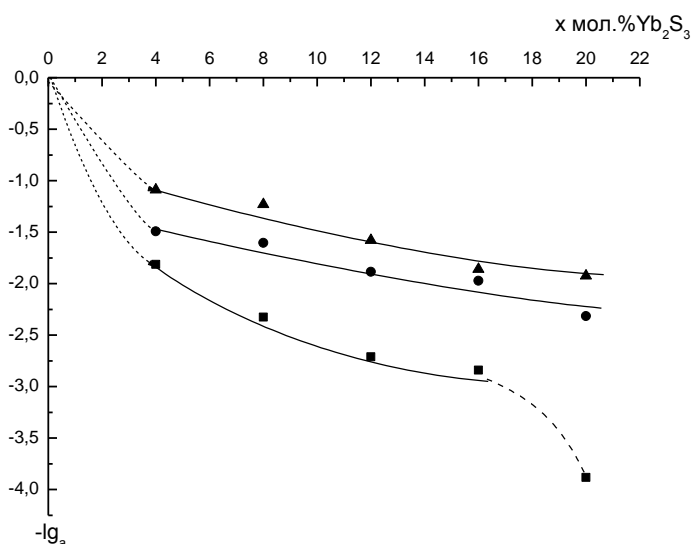


Рис. 5. Изотермы зависимости активности Yb_2S_3 от количества допирующей добавки в CaY_2S_4 : ■ – $T=688\text{ K}$; ● – $T=708\text{ K}$; ▲ – $T=728\text{ K}$

Изучение температурной зависимости активности сульфида иттербия сделало возможным определить парциальные мольные энтальпии его растворения в тернарном CaY_2S_4 . Установлено, что процесс растворения Yb_2S_3 в CaY_2S_4 эндотермичен. Изменение $\Delta\bar{H}_i$ при увеличении нестехиометрии позволяет установить природу дефектообразования [10,11].

Характер изменения $\Delta \bar{H}_{Yb_2S_3}$ от количества растворенного сульфида приведен на рисунке 6 (кривая 4).

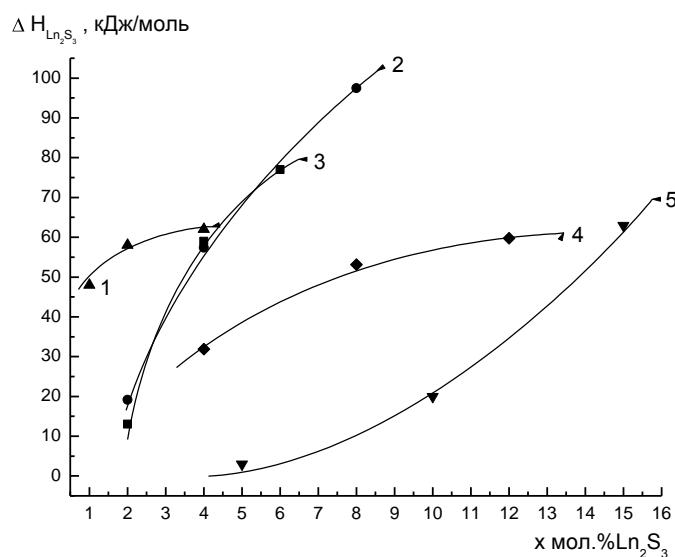


Рис. 6. Зависимость парциальной мольной энтальпии растворения Ln_2S_3 в $MeLn_2S_4$ от содержания легирующей добавки при температуре 693К для систем

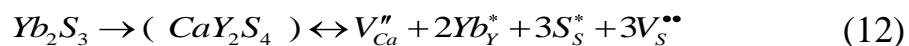
1 – $CaPr_2S_4-Pr_2S_3$, 2 – $CaSm_2S_4-Sm_2S_3$, 3 – $CaY_2S_4-Y_2S_3$, 4 – $CaY_2S_4-Yb_2S_3$;
5 – $CaNd_2S_4-Nd_2S_3$

Как видно из рисунка 6 в фазе с избытком сульфида иттербия парциальная мольная энтальпия растворения увеличивается с увеличением содержания Yb_2S_3 в пределах области гомогенности. Следовательно, характер зависимости $\Delta \bar{H}_{Yb_2S_3}$ от количества допанта, также как и в известных ТЭЛ [2] на основе тиолантанатов щелочноземельных металлов (кривые 1-3, 5), свидетельствует о вакансионном механизме дефектообразования в случае допирования тиоиттриата кальция сульфидом иттербия.

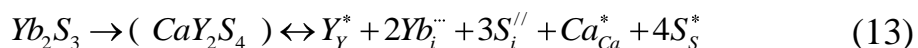
Механизм дефектообразования был исследован методом сравнения пикнометрической и рентгенографической плотностей.

Образование твердых растворов бинарных сульфидов на основе CaY_2S_4 можно представить по основным структурным моделям:

1. замещение катионом и анионом примеси собственных позиций в решетке тройного соединения с образованием вакансий в подрешетках серы и второго катиона (вакансионный механизм разупорядочения)



2. внедрение катиона и аниона примеси в междуузлье решетки CaY_2S_4 с образованием скомпенсированных междуузельных дефектов (междуузельный механизм разупорядочения)



Кроме того, возможен смешанный механизм разупорядочения. Причем каждая структурная модель предполагает наличие нескольких вариантов с различной степенью ионизации основных дефектов и образование компенсирующих дефектов – электронов или дырок.

Исходя из того, что электронные числа переноса фаз CaY_2S_4 -х мол.% Yb_2S_3 меняются в пределах $t_e \leq 10^{-4}$, можно считать, что смешанный механизм дефектообразования в данной системе маловероятен. Поэтому в дальнейшем обсуждаются только первые две структурные модели.

Зависимость экспериментальной (пикнометрической) и рассчитанной в соответствии с различными моделями дефектообразования рентгенографической плотности от количества допирующего сульфида в CaY_2S_4 приведена на рисунке 7.

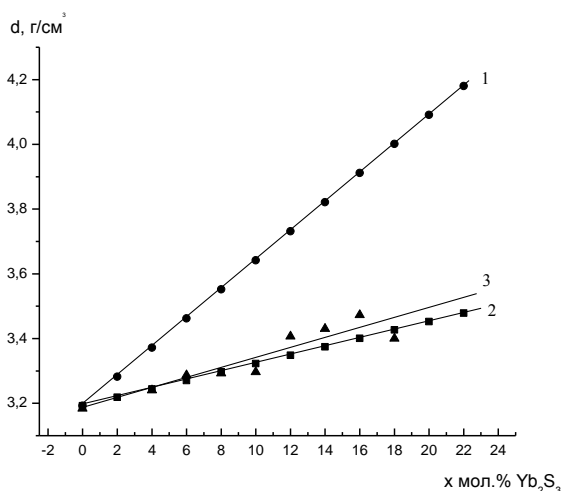


Рис. 7. Зависимость плотности образцов от состава ТЭЛ для сложных сульфидных фаз CaY_2S_4 - x мол.% Yb_2S_3

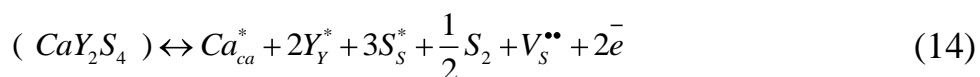
где 1 – рентгенографическая плотность по междуузельному механизму; 2 – рентгенографическая плотность по вакансионному механизму; 3 – экспериментальная (пикнометрическая) плотность

Как видно из рисунка, характер зависимости пикнометрической плотности от состава достаточно хорошо согласуется с зависимостью, рассчитанной по вакансионному механизму.

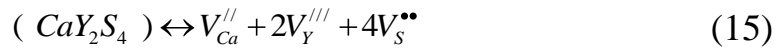
Таким образом, изучение теоретических и экспериментальных величин плотностей свидетельствуют о вакансионном механизме дефектообразования при растворении гетеродопирующего сульфида иттербия в базисном CaY_2S_4 .

Механизм дефектообразования можно рассматривать как три процесса, протекающих одновременно, в результате чего можно определить суммарную концентрацию дефектов при допировании титтратата кальция сульфидом иттербия.

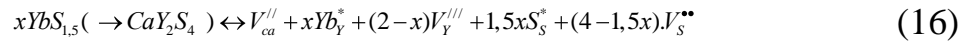
В базисном соединении происходит как обмен с газовой фазой,



так и собственное дефектообразование по Шоттки



Растворение Yb_2S_3 возможно за счет дефектов Шоттки ($r_{Yb^{3+}} < r_{Y^{3+}}$)



где $YbS_{1,5}$ – формульная единица сульфида иттербия

И тогда суммарная концентрация дефектов в исследованных твердых растворах определится по уравнению:

$$\sum [i] = V_S^{**} + 2\bar{e} + V_{Ca}^{//} + xYb_Y^* + (2-x)V_Y^{///} + 1,5xS_S^* + (4-1,5x)V_S^{**} \quad (17)$$

Присутствие дефектов разного сорта, включая свободные электроны, позволяет предположить возможность различных типов переноса: электронного, катионного и сульфидионного. Однако экспериментально определенный вклад электронной проводимости достаточно мал ($t_e \leq 10^{-4}$), что может быть вызвано взаимодействием свободных электронов с заряженными вакансиями серы с образованием нейтральных вакансий



Расчет каналов миграции в тернарном соединении CaY_2S_4 [12] доказывает невозможность катионного и существование анионного переноса в решетке базисного соединения, что подтверждено экспериментом по разделению ионных чисел переноса. Большая концентрация заряженных вакансий по сере V_S^{**} позволяет объяснить протяженное плато составов ТЭЛ CaY_2S_4 -x мол.% Yb_2S_3 (x от 2 до 18 мол.%) с оптимальными электролитическими свойствами. На основании предложенных механизмов дефектообразования исследуемые фазы можно описать формулой: $CaY_{2-x}Yb_xS_{4-1,5x}$.

Заключение

В результате работы получены сложные сульфидные фазы CaY_2S_4 -x мол.% Yb_2S_3 с общей формулой $CaY_{2-x}Yb_xS_{4-1,5x}$. Определена структура,

параметры элементарной ячейки, протяженность области твердых растворов. Измерение электронных, средних ионных, катионных и анионных чисел переноса показало, что ионный транспорт в соединениях CaY_2S_4 -х мол.% Yb_2S_3 осуществляется в основном сульфид-ионами.

Проведено исследование термодинамики растворения сульфида иттербия в тернарном титрате кальция, а также сравнение теоретических и экспериментальных величин плотностей. Полученные результаты свидетельствуют о вакансионном механизме дефектообразования при растворении сульфида иттербия в базисном CaY_2S_4 . Предложен соответствующий механизм.

Библиографический список:

1. Иванов-Шиц А.К., Мурин И.В. Ионика твердого тела: в 2 т. – Т.1. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2000. – С. 616.
2. Иванов-Шиц А.К., Мурин И.В. Ионика твердого тела: в 2 т. – Т.2. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2010. – С. 1000.
3. Кошурникова Е.В., Калинина Л.А., Ушакова Ю.Н., Ананченко Б.А. Синтез, исследование структуры и электролитических свойств сложных сульфидных фаз на квазибинарном разрезе CaYb_2S_4 - Y_2S_3 // Электрохимия. – Т. 47. – 2011. – №5. – С. 586-594.
4. Андреев О.В., Паршуков Н.Н., Кертман А.В., Кисловская Т.М. Фазовые равновесия в системе CaS - Y_2S_3 // Журнал Неорганической химии – Т. 41. – 1996. – №2. – С. 297-301
5. Гнаук Г. Газы высокой чистоты. СПб.: Мир, 1969. – 287 с.
6. Самсонов Г.В., Дроздова С.В. Сульфиды. М.: Металлургия, 1972. – 304 с.
7. Гуревич Ю.Я., Иванов-Шиц А.К. // Электрохимия. – Т. XVI. – 1980. – Вып. 1. – С. 586-594.

8. Чеботин В.Н., Обросов В.П. Метод одновременного определения активностей компонентов и чисел переноса ионов в твердых электролитах на основании измерений ЭДС // Тр. Ин. электрохимии УФАН СССР. Свердловск, 1972. – Вып. 18. – С. 151.

9. Физика и химия редкоземельных элементов: справоч. / под ред. Гшнайдера К., Айринга Л. – М.: Металлургия, 1982. – 336 с.

10. Третьяков Ю.Д. Химия нестехиометрических окислов. М.: изд-во МГУ, 1974. – 364 с.

11. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. М.: Химия, 1978. – 360 с.

12. Калинина Л.А., Широкова Г.И., Мурин И.В., Ушакова Ю.Н., Фоминых Е.Г., Лялина М.Ю. Сульфидпроводящие твердые электролиты // Журнал прикладной химии. – 2000. – Т.73, вып.8. – С.1324.

Информация об авторах

Data on authors

Кошурникова Екатерина Валентиновна – аспирант кафедры неорганической и физической химии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Тел.: (8332)32-14-86

E-mail: kosh.katya@mail.ru

Kosurnikova Yekaterina Valentinovna – post-graduate student in Inorganic and Physical Chemistry in FSBEI of HPE «VyatSU»

Tel.: (8332)32-14-86

E-mail: kosh.katya@mail.ru

Калинина Людмила Алексеевна – кандидат химических наук, профессор кафедры неорганической и физической химии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Тел.: (8332)32-14-86, kla500@yandex.ru

Kalinina Ludmila Alekseyevna – Cand. Sc. (Chemistry), Professor in Inorganic and Physical Chemistry in FSBEI of HPE «VyatSU»

Тел.: (8332)32-14-86

kla500@yandex.ru

Ушакова Юлия Николаевна – кандидат химических наук, доцент, зав. кафедрой неорганической и физической химии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Тел.: (8332)32-14-86

juliaushakova@rambler.ru

Ushakova Julia Nikolayevna - Cand. Sc. (Chemistry), Associate Professor in Inorganic and Physical Chemistry in FSBEI of HPE «VyatSU»

Тел.: (8332)32-14-86

juliaushakova@rambler.ru

Пьянкова Марина Владимировна – студент кафедры технологии электрохимических производств ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Ryankova Marina Vladimirovna – student in Technology of Electrochemical Production in FSBEI of HPE «VyatSU»

Михайличенко Т. В., Калинина Л. А., Ушакова Ю. Н.
Mikhaylichenko T. V., Kalinina L. A., Ushakova Ju. N.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК И ТИПА ОСНОВНОГО НОСИТЕЛЯ В
ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ $BaSm_2S_4-Tm_2S_3$**

**DETERMINATION OF THERMODYNAMIC
CHARACTERISTICS AND TYPE OF MAJOR CARRIERS IN SOLID
ELECTROLYTES $BaSm_2S_4-Tm_2S_3$**

Получены твердые растворы Tm_2S_3 на основе $BaSm_2S_4$ (структурный тип $CaFe_2O_4$). Образцы аттестованы микрозондовым анализом и методом рентгенофазового анализа (РФА). Определена протяженность твердых растворов (ТР). Исследован тип ионной проводимости и термодинамика растворения Tm_2S_3 в $BaSm_2S_4$. Определены парцальные мольные энтальпии растворения сульфида тулия в базисном тиосамарате. Предложен возможный механизм дефектообразования.

Solid solutions of Tm_2S_3 based on $BaSm_2S_4$ (structural type $CaFe_2O_4$) have been obtained. The samples were identified by X-ray diffraction analysis and electronic microprobe analysis. The range of the solid solutions was determined. The type of ionic conductivity and the thermodynamics of dissolution for Tm_2S_3 in $BaSm_2S_4$ were investigated. The partial molar enthalpy of thulium sulfide dissolution in the base tiosamarate was determined. A possible mechanism of defect formation has been proposed.

Ключевые слова: тиосамарат бария, сульфид тулия, твердые электролиты, ионная проводимость, механизм дефектообразования

Keywords: barium tiosamarate, thulium sulfide, solid electrolytes, ionic conductivity, mechanism of defect formation

В настоящее время существует проблема поиска новых высокопроводящих ионных материалов с принципиально новыми типами носителей, реально ставится задача прогнозирования свойств сложных фаз с участием химических, кристаллохимических и других факторов и получения материалов с заданными свойствами.

Актуальным является открытие класса сложных дефектных фаз с новым практически униполярным сульфидионным типом проводимости. В последнее время обнаружено, что дефектные фазы на основе хальколантанатов металлов II А-группы с общей формулой $MeLn_2S_4$ ($Me = Ca, Ba$; $Ln = La, Nd, Gd, Pr$), со сверхстехиометрическим содержанием Ln_2S_3 , являются сульфидпроводящими твердыми электролитами в интервале температур 573 – 773 К [1], [2].

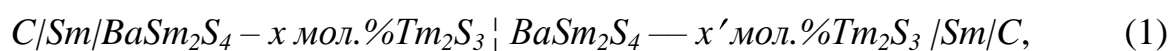
Основной целью данной работы является дальнейший поиск твердых электролитов (ТЭЛ) на основе $MeLn_2S_4$, изучение их электролитических и структурно-чувствительных свойств, механизмов ионного и электронного переноса. Решение этой задачи является актуальным для расширения ассортимента материалов с преимущественной проводимостью по ионам серы, обладающих широким диапазоном необходимых физико-химических свойств.

Для синтеза сложных сульфидных фаз в системе $BaSm_2S_4 - x$ мол. % Tm_2S_3 был выбран метод высокотемпературных реакций в потоке очищенного инертного газа с сероуглеродом в качестве сульфидирующего агента.

Полноту сульфидизации определяли микронзондовым анализом (INCAP entaFETx3).

Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре Shimadzu XPD 7000 (излучение CuK_α) с шагом съемки $0,02^\circ$, временем экспозиции $0,6$ сек., интервалом съемки 20° - 60° , в качестве внутреннего стандарта для расчета параметров элементарной ячейки использовали кремний. Обработку результатов и расчет параметров элементарной ячейки проводили с использованием программы STOE WIN XPOW Version 1.04. Полученные рентгенограммы сравнивали с данными библиотеки ISDD.

Разделение ионной составляющей проводимости на катионную и анионную выполняли методом ЭДС в концентрационных цепях с переносом (метод Чеботина – Обросова) [3]:



в атмосфере аргона в интервале температур $653 - 693$ К. Поскольку электроды ячейки (1) чрезвычайно активны, ЭДС измерялась методом мгновенного касания [4].

Изменения количества электроактивного компонента в твердом электролите вблизи электродов (τ_{Sm} и τ_S), связаны с ЭДС соотношениями

$$\tau_{Sm} = \frac{1}{\left(1 - \frac{dE_S}{dE_{Sm}}\right)}, \quad (3)$$

$$\tau_S = \frac{1}{\left(\frac{dE_{Sm}}{dE_S} - 1\right)}. \quad (4)$$

где индексы (Sm) и (S) относятся к ячейкам, обратимым относительно ионов самария и серы. Соответственно E_{Sm} и E_S – ЭДС гальванических цепей (1) и (2). В свою очередь, величины концентрационных изменений, полученные из расчета материальных балансов электродных процессов, протекающих на электродах в исследуемых концентрационных элементах, связаны с числами переноса по уравнениям

$$t_{Ba^{2+}} = \frac{\tau_S}{2}, \quad (5)$$

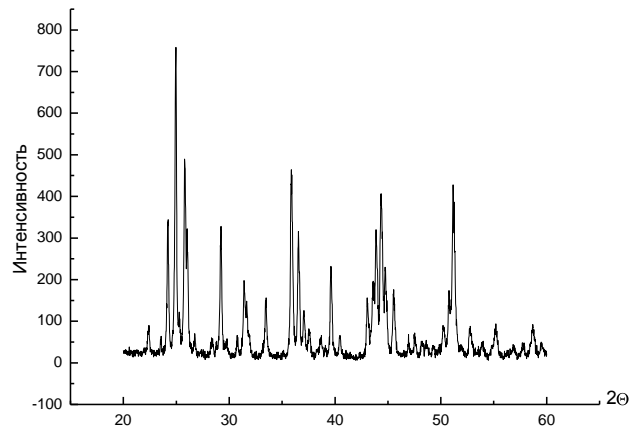
$$t_{S^{2-}} = 1 - t_{Ba^{2+}}. \quad (6)$$

Для достижения поставленной цели были синтезированы сложные сульфидные фазы $BaSm_2S_4$ – (0-24) мол. % Tm_2S_3 . Результаты микрондового анализа показали присутствие рефлексов элементов бария, самария, серы и тулия в количестве, отвечающем теоретически рассчитанному.

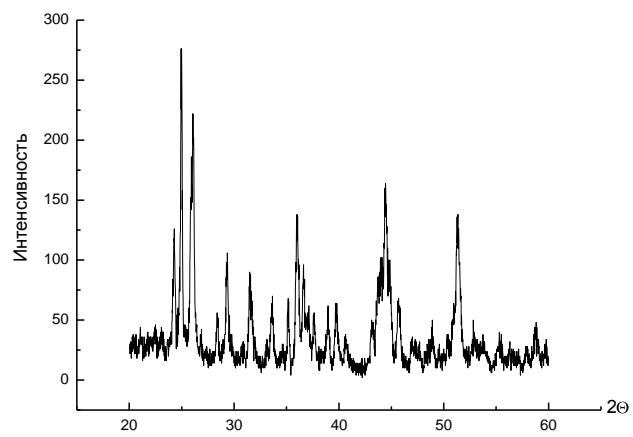
Синтезированные и отожженные образцы были аттестованы методом РФА, позволяющим исследовать фазовый состав полученных образцов сложных сульфидов и наличие возможных примесей.

Проведенный рентгенофазовый анализ позволил идентифицировать тиосамарат бария как соединение со смещенной стехиометрией ($Ba_{0,914}Sm_2S_{3,9}$). Сравнение параметров кристаллической решетки тиосамарата бария и отсутствие на рентгенограммах всех синтезированных образцов рефлексов, не относящихся к базисному соединению, свидетельствует о получении однофазных сложных сульфидов с кристаллической решеткой тиосамарата бария (структурный тип $CaFe_2O_4$).

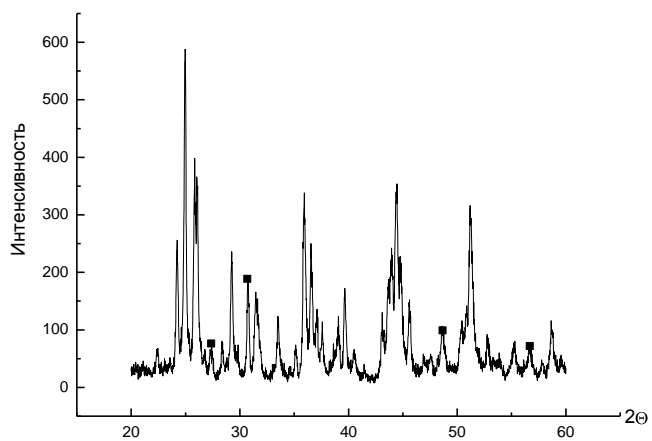
РФА образцов, допированных сульфидом тулия, показал существование одной фазы с рефлексами $Ba_{0,914}Sm_2S_{3,9}$ при введении от 0 до 18 мол.% Tm_2S_3 . Рентгенограммы образцов с содержанием 20 и 24 мол.% Tm_2S_3 кроме рефлексов базисного соединения, содержат рефлексы второй фазы: Tm_2O_2S (очевидно, избыток сульфида тулия окисляется до окисульфида) (рисунок 1).



(а)



(б)



(в)

Рис. 1. Рентгенограммы образцов системы $Ba_{0,914}Sm_2S_{3,9-x}$ мол.% Tm_2S_3 при x: (а) 4; (б) 18; (в) 20 (■ - Tm_2O_2S)

Введение в тиосамарат бария до 18 мол. % сульфида тулия приводит к непрерывному изменению параметров элементарной ячейки, что, в соответствии с законом Вегарда, подтверждает существование твердых растворов сульфида тулия на основе тиосамарата бария (рисунок 2).

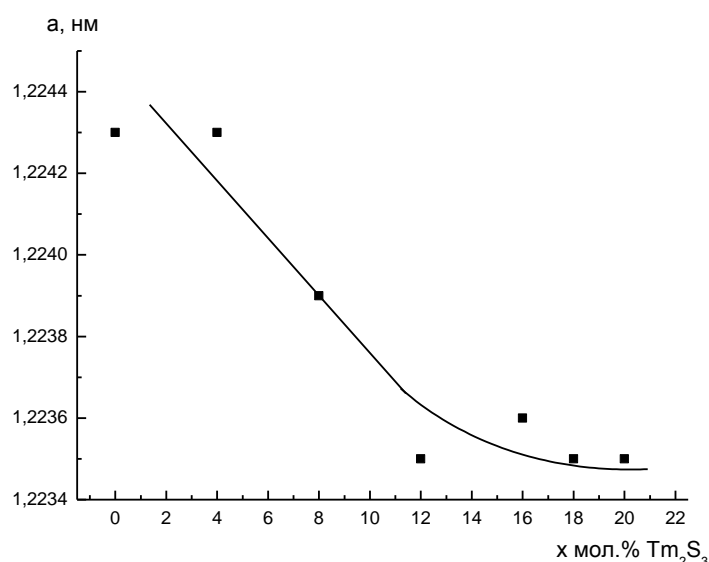


Рис. 2. Параметры элементарной ячейки
ТЭЛ $Ba_{0,914}Sm_2S_{3,9-x}$ мол.% Tm_2S_3

Таким образом, данные РФА позволили определить протяженность и границы области твердых растворов сульфида тулия в тиосамарате бария – от 0 до 18 мол.% допанта.

Согласно полученным ранее данным о средних ионных числах переноса [5], твердыми электролитами с высокими ионными числами переноса являются твердые растворы от 4 до 14 мол. % Tm_2S_3 в базисном тиосамарате бария. Для более детального исследования природы проводимости ТЭЛ на основе $BaSm_2S_4$ необходимо провести разделение ионной составляющей проводимости на катионную и анионную. Эксперимент выполняли методом ЭДС в концентрационных цепях с

переносом. Применение этого метода требует использования электродов, обратимых относительно анионов и катионов обоих сортов. Но с учетом типа разупорядочения можно ограничиться цепями с электродами, обратимыми относительно аниона и катиона одного сорта. В работе измерения проводили в концентрационных цепях, обратимых относительно сульфид-иона и иона самария (уравнения 1 и 2) в атмосфере очищенного аргона в интервале температур 653 – 693 К. Диффузионный потенциал в обеих ячейках возникает на границе образцов ТЭЛ с различным содержанием Tm_2S_3 . ЭДС элементов, обратимых относительно ионов самария (E_{Sm}), связана с числами переноса ионов серы и бария. ЭДС элементов, обратимых относительно сульфид-ионов (E_S), связана с числами переноса бария и самария.

Проведенный эксперимент показал, что ни одно из измеренных значений ЭДС не равно нулю, однако значение E_{Sm} существенно больше E_S , что дает возможность говорить о преимущественно сульфид-ионном переносе в исследуемых электролитах. Метод сопоставления E_{Sm} и E_S при большой статистике данных позволяет определить числа переноса ионов с точностью $\pm 0,02$.

Определение основного типа иона – носителя проводили с учетом изотермических зависимостей $E_S = f(E_{Sm})$ для электролитов различного состава, представленных на рисунке 3.

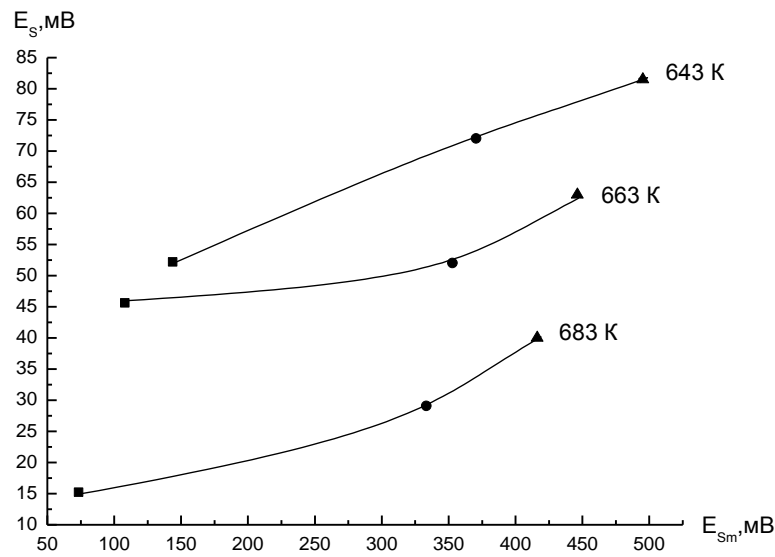


Рис. 3 Изотермы зависимости $E_S = f(E_{Sm})$ ТЭЛ
системы $BaSm_2S_4 - x$ мол. % Tm_2S_3

при x : ■ – 4; ● – 12; ▲ – 16

Рассчитанные числа переноса сульфид-ионов и катионов с привлечением dE_S/dE_{Sm} и dE_{Sm}/dE_S по уравнениям (5) – (6) для твердых растворов сульфида тулия на основе $BaSm_2S_4$ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Числа переноса носителей в твердых электролитах на основе $BaSm_2S_4 - x$ мол.% Tm_2S_3

Содержание легирующей добавки x мол. %	$T = 645$ К		Числа переноса ионов $\pm 0,02$					
	$\bar{t}_i \pm 0,05^{**}$	$t_e \cdot 10^4^{**}$	$T = 643$ К		$T = 663$ К		$T = 683$ К	
			$t_{кат}$	t_S^{2-}	$t_{кат}$	t_S^{2-}	$t_{кат}$	t_S^{2-}
0	0,81	1,87	-	-	-	-	-	-
4	0,95	0,45	-	-	-	-	-	-
8	-	0,35	0,04	0,96	0,01	0,99	0,01	0,99
10	0,95	0,21	-	-	-	-	-	-
12	1,00	0,29	0,04	0,96	0,04	0,96	0,04	0,96

14	0,93	0,18	-	-	-	-	-	-
16	0,97	0,19	0,04	0,96	0,06	0,94	0,07	0,93
20	0,92	0,41	-	-	-	-	-	-

** данные работы [5]

Таким образом, исследованные образцы твердых растворов на основе тиосамарата бария в электролитической области температур с большой долей вероятности являются практически униполярными сульфидпроводящими ТЭЛ.

Измерения ЭДС концентрационных цепей позволили одновременно определить активность Tm_2S_3 в твердом растворе на основе $BaSm_2S_4$ по уравнению, предложенному в работе [3] для ТЭЛ с малым вкладом электронной проводимости.

На рисунке 4 приведены изотермы зависимости $\lg a_{Tm_2S_3}$ от состава твердых растворов при разных температурах.

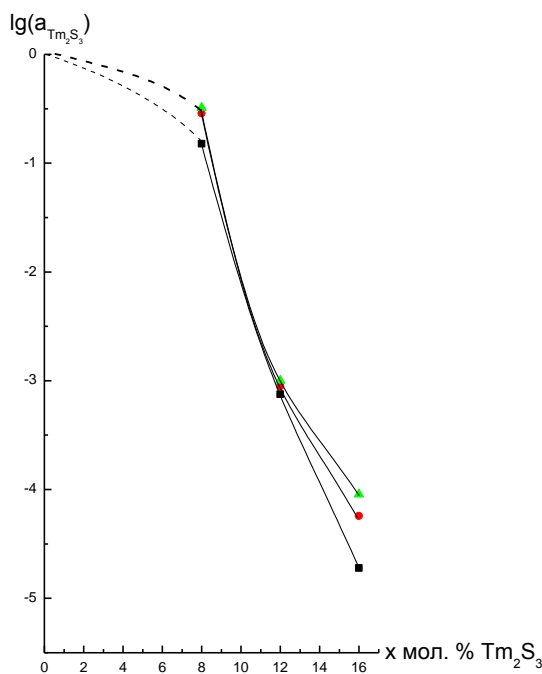


Рис. 4. Изотермы зависимости $\lg a_{Tm_2S_3}$ от состава твердых растворов при разных температурах: ■ – $T = 6453\text{K}$; ● – $T = 663\text{K}$; ▲ – $T = 683\text{K}$

В качестве стандартного (нормирующего) состояния было выбрано понятие «предельно разбавленный раствор», которое практически соответствует базисному BaSm_2S_4 . Как видно из рисунка, активность допанта уменьшается с увеличением их содержания в тернарном BaSm_2S_4 . Такая зависимость не противоречит феноменологической теории, рассматривающей поведение твердых электролитов подобно поведению разбавленных растворов сильных электролитов по теории Дебая – Хюккеля [6]. Возможно, это явление связано с образованием нейтральных и заряженных ассоциатов дефектов с противоположными зарядами типа $/V_{Ba}'' \cdot V_S'' /$ или $/V_{Sm}''' \cdot V_S'' /$ при увеличении их концентрации.

Согласно [7], для малоподвижных дефектов понижение температуры приводит к усилению возможности образования ассоциатов (т.е., уменьшению активности). Следовательно, при растворении сульфида тулия в тиосамарате бария, можно ожидать образования ионизированных ассоциатов $/V_S'' \cdot V_{Ba}'' \cdot V_S'' /$ или образование ассоциатов с неполностью ионизированными вакансиями $/V_{Ba}'' \cdot V_S'' /$ или $/V_{Ba}' \cdot V_S'' /$.

Изучение температурных зависимостей активности Tm_2S_3 сделало возможным определить его парциальную мольную энтальпию растворения в тернарном BaSm_2S_4 . Парциальная мольная энтальпия растворения рассчитывались с учетом зависимостей

$$\frac{\partial(\lg a)}{\partial(10^3/T)} = -\frac{\overline{\Delta H}}{2,3R \cdot 10^3} \quad (7)$$

Процесс растворения сульфида тулия в BaSm_2S_4 эндотермичен. Характер изменения парциальной мольной энтальпии растворения Tm_2S_3 ($\overline{\Delta H}_{\text{Tm}_2\text{S}_3}$) в BaSm_2S_4 от количества растворенного сульфида приведен на рисунке 5.

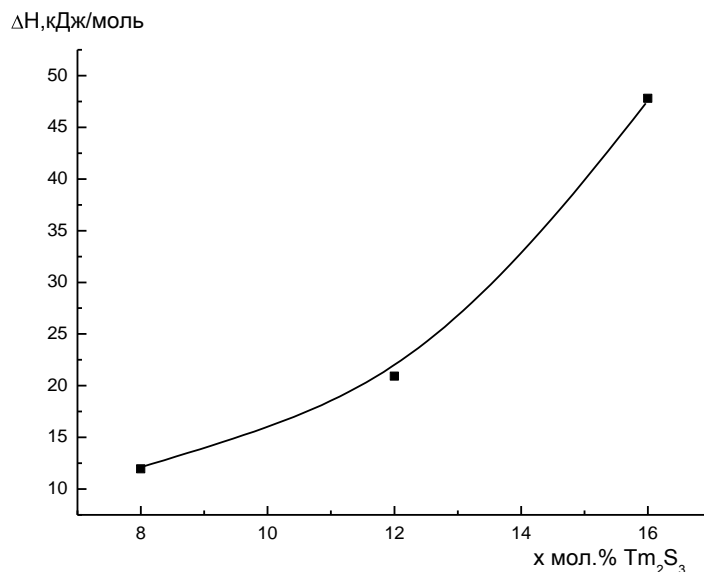


Рис. 5. Зависимость парциальной мольной энтальпии растворения от содержания допанта ($T = 683 \text{ K}$)

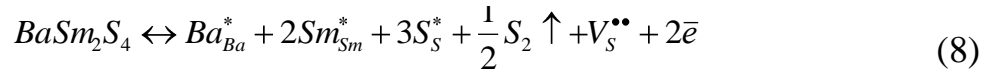
Парциальная мольная энтальпия растворения ($\Delta\bar{H}_i$) складывается из $\Delta\bar{H}_{\text{диссоциации}}$, $\Delta\bar{H}_{\text{ионизации}}$, $\Delta\bar{H}_{\text{образования дефектов}}$, $\Delta\bar{H}_{\text{аннигиляции}}$ и $\Delta\bar{H}_{\text{образования ассоциатов}}$. Энтальпия образования дефектов является положительной величиной, а вклад всех остальных составляющих, кроме $\Delta\bar{H}_{\text{образования дефектов}}$ слабо зависит от нестехиометрии. По данным работ Третьякова [7, 8] тенденция изменения парциальной мольной энтальпии растворения позволяет судить о природе дефектообразования: увеличение $\Delta\bar{H}_i$ по мере роста концентрации легирующей добавки (увеличения нестехиометрии) связано с увеличением вклада образования вакансий.

Как видно из рисунка 5, парциальная мольная энтальпия растворения Tm_2S_3 в BaSm_2S_4 увеличивается с увеличением содержания Tm_2S_3 в пределах области гомогенности, что подтверждает вакансионный механизм дефектообразования в этих ТР.

При описании механизма дефектообразования в случае растворения Tm_2S_3 в базисном тиосамарате бария необходимо учитывать три процесса,

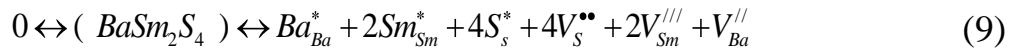
протекающих одновременно: обмен сложных сульфидов с газовой фазой; замещение допантами дефектов, вызванных смещением стехиометрии базисного соединения; заполнение допантами вакансий, образованных в результате собственного разупорядочения по Шоттки.

Обмен с газовой фазой можно описать квазихимическим уравнением:



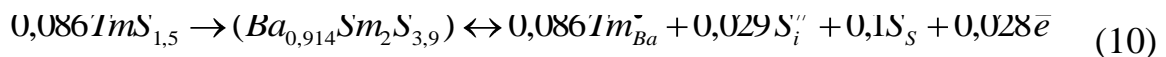
в результате чего образуются заряженные вакансии по сере и свободные электроны.

Собственное дефектообразование по Шоттки



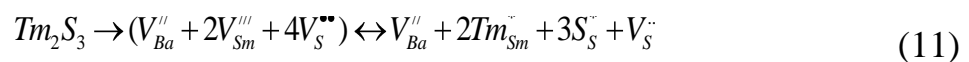
позволяет получить достаточно большое количество противоположно заряженных дефектов. Наличие свободных электронов и образование ассоциатов противоположно заряженных дефектов обуславливает повышенные электронные и заниженные ионные числа переноса у базисного соединения.

Введение Tm_2S_3 приводит к изменению состава базисного соединения за счет заполнения дефектов в подрешетках бария и серы, обусловленных смещением стехиометрии, по уравнению:



где $TmS_{1,5}$ – формульная единица полуторного сульфида тулия.

Заполнение дефектов Шоттки можно записать уравнением:



И тогда суммарное количество дефектов равно:

$$\sum [i] = V_{Ba}'' + 2V_S''' + 0,086Tm_{Ba}^{\bullet} + 0,029S_i'' + 2,028\bar{e} \quad (12)$$

При наличии заряженных вакансий по сере и серы в междоузлии, возможен переход серы из междоузлия в собственные вакансии с образованием нейтральной серы в подрешетке серы: $V_S'' + 0,029S_i'' \rightarrow 0,971V_S'' + 0,029S_S^*$

$$\sum [i] = V_{Ba}'' + 1,971V_S'' + 0,086Tm_{Ba}^{\bullet} + 2,028\bar{e} \quad (13)$$

Кроме того, в соответствии с экспериментальным подтверждением малого вклада электронной проводимости ($t_e \leq 10^{-4}$), возможно взаимодействие заряженных вакансий по сере со свободными электронами с образованием нейтральных вакансий по сере: $1,971V_S'' + 2,028\bar{e} \rightarrow 0,975V_S'' + 1,014V_S^*$. В этом случае суммарное количество дефектов можно записать как

$$\sum [i] = V_{Ba}'' + 0,957V_S'' + 0,086Tm_{Ba}^{\bullet} + 1,014V_S^* \quad (14)$$

В соответствии с [9] область твердых растворов сульфида редкоземельного металла (РЗМ) в тиосамарате бария может простирается до 12 мол.% Ln_2S_3 . На основании этого можно записать формулу фазы, образованной при максимальном растворении Tm_2S_3 в тиосамарате бария, отвечающую границе области гомогенности: $Ba_{0,914}Tm_{0,186}Sm_{1,9}S_{4,043}$. Т.е., система должна оставаться однофазной при введении 18,6 мол.% Tm_2S_3 , что подтверждается и результатами РФА, и характером зависимости электролитических свойств от содержания допанта.

В результате работы получены сложные сульфидные $BaSm_2S_4$ - Tm_2S_3 . Определены элементный состав, структура и морфология. Определен тип ионной проводимости синтезированных сульфидных фаз. Результаты

исследования доказывают, что все синтезированные сульфидные фазы можно назвать сульфидпроводящими твердыми электролитами, т.к. числа переноса сульфид-ионов достигают $(0,97-1,00)\pm 0,02$.

Исследованы термодинамические характеристики растворения сульфида тулия в тернарном BaSm_2S_4 . Температурная зависимость активности от содержания допанта позволяет предположить образование ионизированных ассоциатов при допировании сульфидом тулия. Предложен механизм дефектообразования в исследуемых сложных сульфидных фазах. Характер изменения парциальной мольной энтальпии растворения допанта ($\Delta H_{Tm_2S_3}$) от количества растворенного сульфида позволил подтвердить вакансионный механизм дефектообразования в твердых электролитах на основе BaSm_2S_4 .

Библиографический список:

1. Калинина Л. А., Широкова Г. И., Мурин И. В., Ушакова Ю. Н., Фоминых Е. Г., Лялина М. Ю. Сульфидпроводящие твердые электролиты // Журнал прикладной химии. – 2000. – Т. 73. – Вып. 8. – С. 1324.
2. Ушакова Ю. Н., Калинина Л. А., Ананченко Б. А., Юрлов И. С., Широкова Г. И., Фоминых Е. Г. // Физика и химия стекла. – 2009. – Т. 35. – №3. – С. 429.
3. Чеботин В. Н., Обросов В. П. // Тр. ин-та электрохимии. УФАН СССР. – Свердловск, 1972.
4. Герасимов Л. И., Куценко И. В., Гейдрих Л. И. // ДАН СССР, 1979. – Т. 244. – №3. – С. 633.
5. Михайличенко Т. В., Калинина Л. А., Ушакова Ю. Н., Широкова Г. И., Токарева Т. В. Получение и исследование электролитических свойств сложных сульфидных фаз $\text{BaSm}_2\text{S}_4\text{-Tm}_2\text{S}_3$ // Электрохимия. – 2011. – Т. 47. – № 5. – С. 595.

6. Чеботин В. Н., Перфильев М. В. Электрохимия твердых электролитов. М.: 1978.

7. Третьяков Ю. Д. Химия нестехиометрических окислов. М.: Изд-во Московского университета, 1974.

8. Третьяков Ю. Д. Твердофазные реакции. М.: Химия, 1978.

9. Андреев О. В., Паршуков Н. Н., Бамбуров В. Г. Фазовые диаграммы систем $BaS - Ln_2S_3$ ($Ln = Sm, Sd$) // ЖНХ. – 1998. – Т. 43. – №5. С. 853.

Информация об авторах

Data on authors

Михайличенко Тамара Викторовна – старший преподаватель кафедры неорганической и физической химии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Тел.: (8332)32-14-86

tom-b2007@mail.ru

Mikhaylichenko Tamara Viktorovna – senior lecturer in Inorganic and Physical Chemistry in FSBEI of HPE «VyatSU»

Tel.: (8332)32-14-86

tom-b2007@mail.ru

Калинина Людмила Алексеевна – кандидат химических наук, профессор кафедры неорганической и физической химии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Тел.: (8332)32-14-86

kla500@yandex.ru

Kalinina Ludmila Alekseyevna – Cand. Sc. (Chemistry), Professor in Inorganic and Physical Chemistry in FSBEI of HPE «VyatSU»

Тел.: (8332)32-14-86

kla500@yandex.ru

Ушакова Юлия Николаевна – кандидат химических наук, доцент, зав.
кафедрой неорганической и физической химии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Тел.: (8332)32-14-86

juliaushakova@rambler.ru

Ushakova Julia Nikolayevna - Cand. Sc. (Chemistry), Associate Professor in
Inorganic and Physical Chemistry in FSBEI of HPE «VyatSU»

Тел.: (8332)32-14-86

juliaushakova@rambler.ru

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЦЕЛЕВЫХ СЕГМЕНТОВ ДЛЯ
ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНОВОЙ И НЕЦЕНОВОЙ КОНКУРЕНЦИИ
НА РЫНКЕ БАНКОВСКИХ УСЛУГ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ
(НА МАТЕРИАЛАХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**IDENTIFICATION OF KEY TARGET SEGMENTS FOR
PLANNING PROGRAMS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF PRICE
AND NONPRICE COMPETITION IN THE BANKING MARKET OF
INDIVIDUALS (ON MATERIALS OF THE KIROV REGION)**

Целевым сегментом является один из сегментов рынка, выбранный в качестве основного при реализации стратегии дифференцированного маркетинга. Целевым для предприятия или фирмы может быть выбран сегмент, являющийся таковым по нескольким критериям (не обязательно всем), которые компания считает для себя наиболее значимыми в данный период времени. Важно помнить, что лишь в редких случаях можно определить целевой сегмент с помощью одного критерия.

The target segment is one of the segments selected as the primary strategy for differentiated marketing. The target for the company or firm may be selected segment, which as such by several criteria (not necessarily all) of which the company considers it most important at this time. It is important to remember that only in rare cases, you can define the target segment with a single criterion.

Ключевые слова: конкуренция, ценовая конкуренция, неценовая конкуренция, инновационное определение сегментов.

Keywords: competition, price competition, non-price competition, innovative definition of segments.

Определение основных целевых сегментов является одним из основных направлений маркетинговой деятельности, позволяющих аккумулировать средства предприятия на определенном направлении своего бизнеса.

Выбор целевого сегмента определяет то, на удовлетворение каких потребностей нацелена компания, какие продукты или услуги она будет представлять клиентам.

Проведем процедуру кластерного анализа для определения количества основных сегментов и для описания их демографических и психографических характеристик.

Кластерный анализ как метод группировки индивидуумов или объектов в неизвестные группы широко используется для определения целевых сегментов и описания их профилей.

Основные этапы кластерного анализа:

1. Отбираются основные составляющие ценовой и неценовой конкуренции, определяющие их эффективность.

2. Определяется способ измерения расстояния или меры сходства. Чтобы группировать объекты, необходим некоторый показатель сходства или различия. Схожие объекты группируются вместе, а те, что отстоят от них, попадают в другие кластеры. Среди наиболее используемых в кластерном анализе показателей выделяют следующие:

- меры расстояния, наиболее популярным методом показателем расстояния является Евклидово расстояние:

$$d^2_{ij} = \sum (X_{im} - X_{jm})^2$$

где X_{im} , X_{jm} – нормированные (среднее равно нулю, стандартное отклонение – единице измерения) значения m -й характеристики для объектов i и j ; d_{ij} – Евклидово расстояние.

- коэффициенты регрессии между переменными и пр.

В нашем случае наиболее удачное деление на кластеры обеспечивает мера расстояния – «дистанция Манхеттен».

3. Выбирается метод кластеризации. Существуют два подхода к кластеризации: иерархическая кластеризация и неиерархическая кластеризация.

3.1 Иерархическая кластеризация

Различают такие подходы, как: метод одиночной связи, метод полной связи, метод средней, центроидный метод. В нашем случае используем метод Варда, который для каждого кластера вычисляет средние всех переменных, затем для каждого объекта вычисляет квадраты Евклидовых расстояний для кластерных средних. В основе лежит потеря информации, которая происходит в результате разделения объектов на кластеры и измеряется при помощи общей суммы квадратов отклонений (Евклидовых расстояний) каждого объекта от центра своего кластера. По мере формирования новых кластеров общая сумма квадратов отклонений (ESS) возрастает. На каждой стадии процедуры кластеризации сумма квадратов минимизируется по всем делениям (полному набору разбитых или отдельных кластеров), доступным благодаря объединению двух кластеров из предыдущей стадии. Эта процедура объединяет кластеры с небольшим числом наблюдений. Но часто он дает кластеры с приблизительно одинаковым числом наблюдений.

3.2 Неиерархическая кластеризация (итеративное деление). Среди неиерархических методов тремя наиболее часто используемыми являются:

- последовательный пороговый метод, при котором выбирают кластер и все объекты, находящиеся в пределах заданного от центра порогового значения, группируются вместе;
- параллельный пороговый метод, при котором одновременно определяют несколько кластерных центров;
- метод оптимизации, отличается от двух изложенных выше пороговых методов тем, что объекты можно впоследствии поставить в соответствие другим кластерам (перераспределить), чтобы оптимизировать суммарный критерий, такой как среднее внутрикластерное расстояние для данного числа кластеров.

4. Принимается решение о количестве кластеров. Существуют следующие подходы:

- аналитик заранее определяет это число, исходя из теоретических знаний и логики или с учетом некоторых практических соображений в пользу того или иного числа кластеров, в зависимости от того, как он собирается их использовать;
- специалист может задать уровень кластеризации, который будет выражен значением ее критерия; если критерий кластеризации может быть легко интерпретирован, как, например, средняя схожесть внутри кластера, следует определить уровень, который покажет число кластеров;
- определение числа кластеров на основании модели кластеров, которую генерирует программа. В качестве руководства могут выступать расстояния между кластерами на последовательных шагах, и аналитик принимает решение остановиться. Когда расстояние превысит определенное значение или когда расстояние между кластерами после очередного шага скачкообразно измениться. Это расстояние называют показателями «изменения ошибок».

- строится график зависимости от числа кластеров отношения суммарной дисперсии внутри групп к межгрупповой дисперсии или дендрограмма, которая показывает соответствующее число кластеров. Увеличение этого числа нецелесообразно, а его уменьшение может привести к объединению несхожих объектов.

В нашем случае для наглядности рассмотрим последний прием, т.е. построим дендрограмму.

5. После формирования кластеров аналитику необходимо их описать. Одним из часто используемых показателей является центроид – среднее значение объектов кластера по каждой из переменных, формирующих профиль каждого объекта. Если данные являются интервальными, а кластеризация выполняется в пространстве исходных переменных, этот показатель можно считать вполне естественным показателем свободного описания.

Полезно профилировать кластеры в терминах переменных, которые были использованы для кластеризации и в терминах, которые не использовались для кластеризации. Это демографические, психографические факторы, характеристики использования продукта. Например, если кластеры были сформированы по признакам выгод, которые ищет человек, дальнейшее профилирование может осуществляться в терминах демографических и психографических переменных, чтобы скорректировать маркетинговую программу для каждого кластера.

Дендрограмма (рисунок 1) показывает, что все респонденты разделились на 4 кластера.

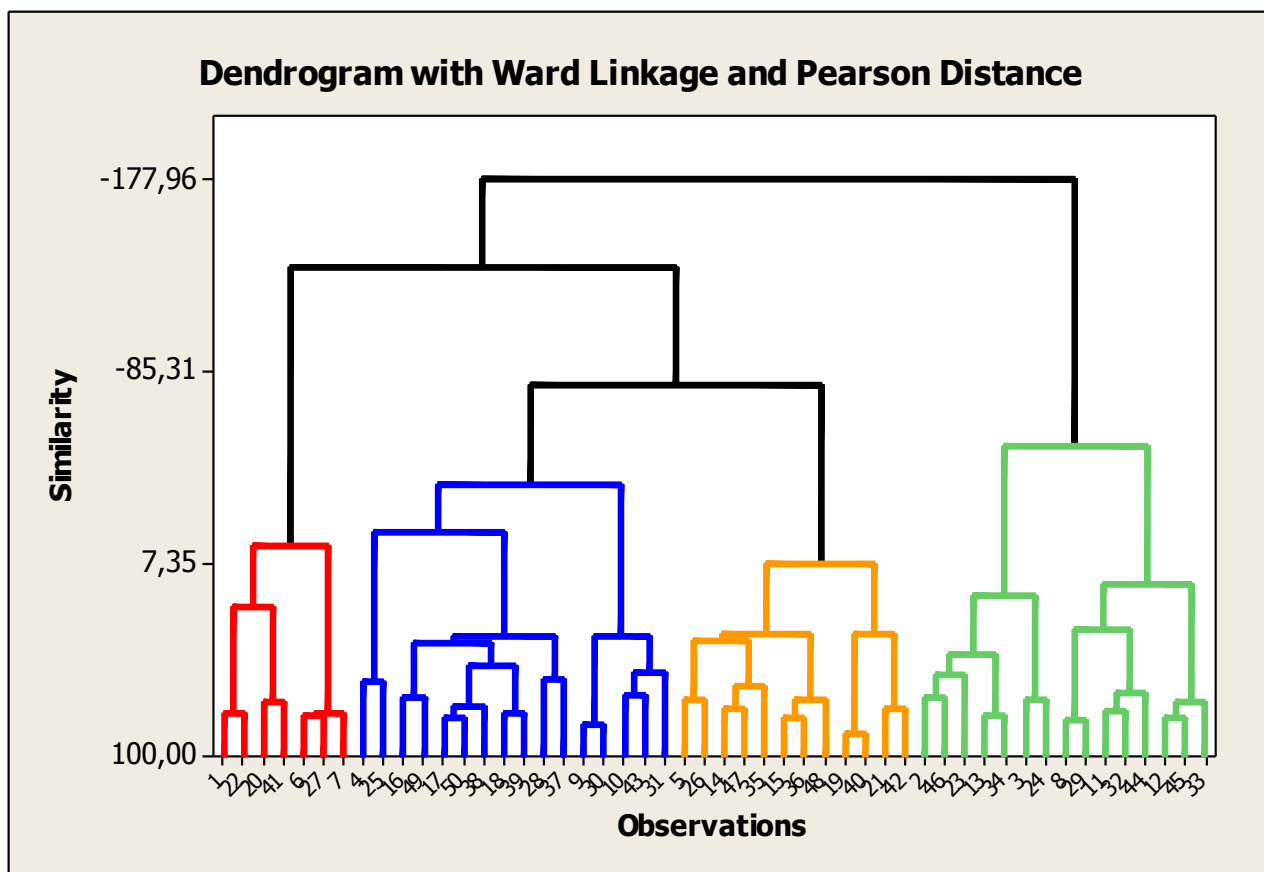


Рис. 1. Дендрограмма для определения целевых сегментов для определения воздействия ценовой конкуренции на физических лиц

Переменные, по которым между кластерами наблюдается существенное различие, можно выявить при помощи дискриминантного или однофакторного дисперсионного анализа.

Основные элементы составляющие ценовую конкуренцию для рынка физических лиц представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные переменные для описания профилей целевых сегментов

Составляющие ценовой конкуренции			
X_1	Ставка по кредиту	X_9	Штрафные санкции за просрочку платежа
X_2	Различные сборы и комиссии банка	X_{10}	Снижение ставки при помощи рефинансирования или перекредитования
X_3	Скидка и бонус за хорошую кредитную историю	X_{11}	Тарифы за расчетно-кассовое обслуживание

X ₄	Скидка и бонус постоянным клиентам	X ₁₂	Ставка по депозиту
X ₅	Аннуитетная система платежа	X ₁₃	Приходно-расходные операции по депозитному счету
X ₆	Дифференцированная система платежа	X ₁₄	Период начисления процентов и сроки их капитализации
X ₇	Сумма или процент переплаты	X ₁₅	Выплата промежуточных процентов (внутри срока)
X ₈	Плата за обязательное страхование заемщика	X ₁₆	Ставка при досрочном изъятии средств с депозита

Интерпретация результатов кластерного анализа позволяет нам сделать следующие выводы:

- полученные кластеры различаются по размеру;
- в первый кластер вошли респонденты, у которых достаточно высокая оценка таких составляющих ценовой конкуренции, как X₁ (ставка по кредиту), X₂ (различные сборы и комиссии банка), X₇ (сумма или процент переплаты), то есть данные респонденты более восприимчивы к кредитной политике банка, и в первую очередь их интересует стоимость кредита, сумма переплаты и плата за обязательное страхование заемщика, то есть материальная сторона вопроса. Меньше всего данную категорию физических лиц интересует депозитная политика банка, они абсолютно равнодушны к периоду начисления процентов по депозиту, а также к выплате промежуточных процентов внутри срока;
- во второй кластер вошли респонденты, у которых относительно высокая оценка таких составляющих ценовой конкуренции, как X₁ (ставка по кредиту), X₂ (различные сборы и комиссии банка), X₇ (сумма или процент переплаты), X₈ (плата за обязательное страхование заемщика), X₉ (штрафные санкции за просрочку платежа), X₁₁ (тарифы за расчетно-кассовое обслуживание), X₁₂ (ставка по депозиту), X₁₄ (период начисления процентов и сроки их

капитализации). Можно сделать вывод, что данный кластер уделяет внимание и кредитной и депозитной политике банка, но при этом тяготеет к депозитной политике, так как эти показатели имеют максимальное значение. Невысокие значения показателей X_5 и X_6 свидетельствуют о безразличии данного кластера к системам платежа;

- в третий кластер вошли физические лица – респонденты, у которых относительно высокая оценка таких составляющих ценовой конкуренции, как X_1 (ставка по кредиту), X_9 (штрафные санкции за просрочку платежа), X_{12} (ставка по депозиту). Наименьшее значение они уделяют таким факторам, как X_3 (скидка и бонус за хорошую кредитную историю), X_5 (аннуитетная система платежа). Можно сделать вывод, что данный кластер выделяет такие привычные для каждого человека по отношению к банку показатели, как ставка по кредиту и депозиту, а также штрафные санкции за просрочку платежа;

- в четвертый кластер вошли респонденты, у которых относительно высокая оценка таких составляющих ценовой конкуренции, как X_1 (ставка по кредиту), X_6 (дифференцированная система платежа), X_7 (сумма или процент переплаты), X_{12} (ставка по депозиту), то есть для данной категории физических лиц является равнозначной и кредитная, и депозитная политика банка.

Аналогично нами было проведено исследование рынка физических лиц с точки зрения восприятия факторов неценовой конкуренции.

Дендрограмма (рисунок 2) показывает, что все респонденты разделились на 3 кластера.

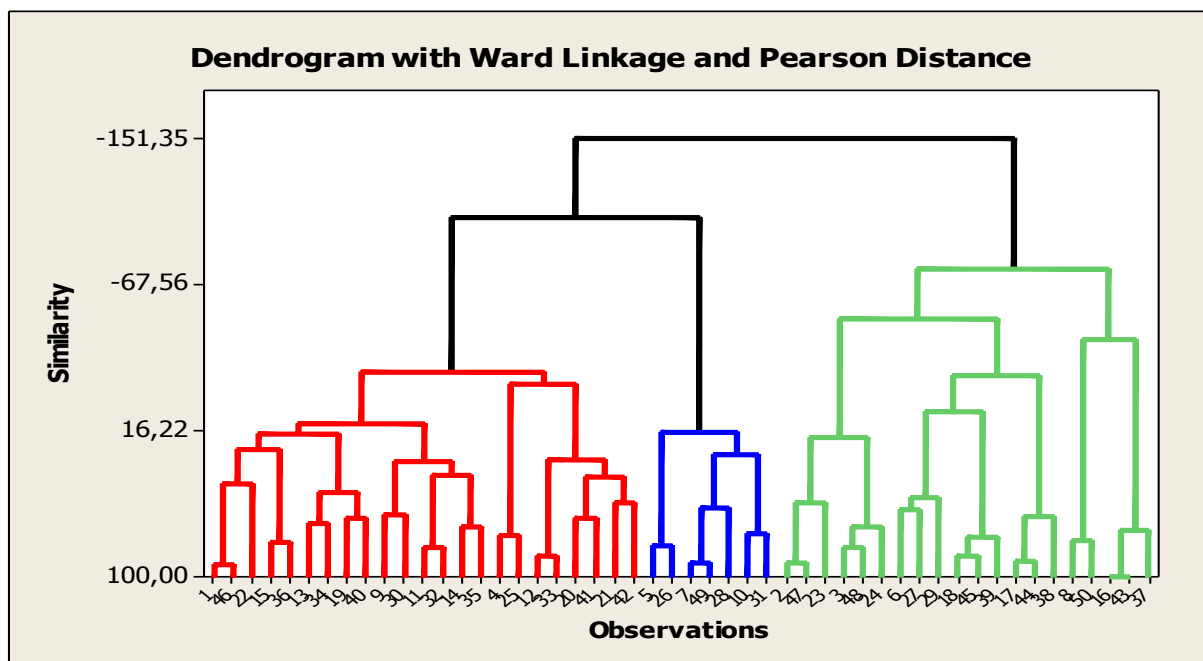


Рис. 2. Дендрограмма для определения целевых сегментов для определения воздействия неценовой конкуренции на физических лиц

Исходя из этого, проводим анализ получившихся трех кластеров по переменным, представленным в таблице 2.

Таблица 2

Основные переменные для описания профилей целевых сегментов

Составляющие корпоративной символики			
X ₁	Качество предоставляемых услуг	X ₁₃	Фирменное имя
X ₂	Информация об услугах, ее полнота и актуальность	X ₁₄	Имидж банка
X ₃	Границы продукта (ассортимент)	X ₁₅	Доверие к банку
X ₄	Возможность пользоваться услугой на льготных условиях	X ₁₆	Проведение розыгрышей и лотерей среди клиентов
X ₅	Местоположение банка	X ₁₇	Внешнее оформление банка
X ₆	Наличие доп. офисов	X ₁₈	Оформление офисов банка
X ₇	Режим работы	X ₁₉	Информационное оформление здания
X ₈	Дистанционное банковское обслуживание	X ₂₀	Графический символ (логотип)
X ₉	Наличие банковских	X ₂₁	Квалификация персонала

	автоматов, терминалов		
X ₁₀	Возможность расчетов и платежей по банковской карте	X ₂₂	Уровень обслуживания
X ₁₁	Рекламная поддержка	X ₂₃	Скорость обслуживания
X ₁₂	Прямой маркетинг	X ₂₄	Фирменный стиль

В результате проведенного кластерного анализа можно сделать **ВЫВОДЫ:**

- полученные кластеры различаются по размеру;
- в первый кластер вошли респонденты, у которых достаточно высокая оценка таких составляющих неценовой конкуренции, как X₁ (качество предоставляемых услуг), X₂ (информация об услугах, ее полнота и актуальность), X₂₁ (квалификация персонала), X₂₂ (уровень обслуживания), X₂₃ (скорость обслуживания), то есть данные респонденты более восприимчивы к качеству предоставляемых банком услуг, и в первую очередь их интересует скорость обслуживания, уровень обслуживания, квалификация персонала, то есть качественная сторона вопроса. Меньше всего данную категорию физических лиц интересует проведение розыгрышей и лотерей;
- во второй кластер вошли респонденты, у которых относительно высокая оценка таких составляющих ценовой конкуренции, как X₁ (качество предоставляемых услуг), X₂ (информация об услугах, ее полнота и актуальность), X₈ (дистанционное банковское обслуживание), X₉ (наличие банковских автоматов), X₁₀ (возможность расчетов и платежей по банковской карте). То есть можно сделать вывод, что данный кластер также уделяет внимание качеству предоставляемых услуг. Но при этом наибольшее значение для данной категории физических лиц при неценовой конкуренции имеет возможность расчетов и платежей по банковской карте,

наличие автоматов и терминалов, а также дистанционное банковское обслуживание;

- в третий кластер вошли физические лица – респонденты, у которых относительно высокая оценка таких составляющих ценовой конкуренции, как X_1 (качество предоставляемых услуг), X_4 (возможность пользоваться услугой бесплатно или на льготных условиях), X_5 (местоположение банка), X_{16} (доверие к банку). Таким образом, данный кластер выделяет такие привычные параметры для каждого человека по отношению к неценовой конкуренции банковских услуг, как качество услуг и доверие к банку.

Библиографический список:

1. Лутошкина Н. К. Анализ факторов ценовой и неценовой конкуренции на рынке банковских услуг: монография / Т. А. Бурцева, Н. К. Лутошкина. – Киров: ВГСХА, 2012.

2. Лутошкина Н. К. Методы и формы ценовой и неценовой конкуренции на рынке банковских услуг / Н. К. Лутошкина, С. А. Карпов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – С-Пб, 2011.-№25.

3. Лутошкина Н. К. Описание целевых групп потребителей с точки зрения восприятия ценовой и неценовой конкуренции на рынке банковских услуг / Т. А. Бурцева, Н. К. Лутошкина // Регионология. – 2012. – №2.

Информация об авторе

Data on author

Лутошкина Надежда Константиновна – кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры региональной экономики и управления ФГБОУ ВПО «ВятГУ».

Тел.: (8332) 64-55-83

E-mail: lutoshkinank@inbox.ru

Lutoshkina Nadezhda Konstantinovna – Cand. Sc. (Economics), senior lecturer in Regional Economy and Management in FSBEI of HPE «VyatSU».

Tel.: (8332) 64-55-83

**ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ
ПРОЦЕССАМИ В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**TECHNOLOGY OF MANAGING INNOVATIVE PROCESSES IN
CONDITIONS OF THE KIROV REGION**

Изложен механизм разработки технологии управления инновационными процессами с учетом имеющихся доступных ресурсов региона.

A mechanism for developing a technology of managing innovative processes taking into account the available resources of the region is described.

Ключевые слова: инновация, управление, энергосбережение

Keywords: innovation, management, energy saving

Приоритетной целью государственной политики в области науки и технологий является переход к инновационному пути развития России. В зависимости от масштаба можно выделить несколько иерархических уровней субъектов инновационного развития: государство, регион/отрасль, холдинг, корпорация/предприятие/ фирма/ организация, коллектив/группа, индивидуум. В настоящей работе рассматривается уровень отдельной сельскохозяйственной организации.

Для реализации инновационного сценария, предусмотренного Концепцией долгосрочного социально-экономического развития России до 2020г., одобренного Правительством 1 октября 2008г., важными остаются направления в пересмотре приоритетов целей и обновления спектра

инструментов макроэкономической политики, для этого нужна такая стратегическая политика, которая даст прорывной результат и рост инноваций[1].

В сложившейся социально-экономической ситуации перед Россией стоит серьезная задача – задача перехода на инновационный путь развития, поднятая В.В. Путиным на расширенном заседании Государственного Совета 8 февраля 2008 года. На заседании была сформулирована стратегия развития страны до 2020 года, определены «болевые точки» и рубежи 2020 года: увеличение производительности труда в 2,6 раза, среднегодовых темпов ее прироста в 12,2%. Для инновационных отраслей был определен рост производительности труда в 4 раза. Единственной реальной альтернативой социально-экономического развития была провозглашена стратегия инновационного развития страны [11].

В 2009 г. разработку и внедрение технологических инноваций в России осуществляло 9,4% от общего числа предприятий. Для сравнения, в Германии таких предприятий насчитывается почти 70%, в Ирландии — 57%, в Бельгии — 60%, в Эстонии — 55%. Только три российские компании входят в мировую тысячу компаний — лидеров по исследованиям и разработкам: «Газпром» (108-е место по абсолютному объему затрат, их доля в выручке — 0,6%), «АвтоВАЗ» (758-е место, 0,8%) и «Ситроникс» (868-е место, 2,6%) [5].

В России можно наблюдать уход хозяйствующих субъектов от инновационного развития, который связан, прежде всего, с резким снижением платежеспособного спроса на научно-техническую и наукоемкую продукцию. Несмотря на то, что в 2010 году наблюдалось значительное увеличение средств на технологические инновации из государственного бюджета, но они недостаточны для проведения полноценной инновационной политики в рамках отдельных хозяйствующих субъектов. Таким образом, ограниченность ресурсов,

направляемых на инновации, создает проблему выбора приоритетов как по направлениям, так и по субъектам инновационной деятельности.

В Кировской области принята «Стратегия социально-экономического развития Кировской области на период до 2020 года», направленная на переориентацию экономики на инновационный путь развития, повышение конкурентоспособности товаропроизводителей области, обеспечение инвестиционной привлекательности региона.

В результате этого постановлением Правительства Кировской области от 17.08.2010 № 64/389 на 2011 год была утверждена областная целевая программа «Повышение инвестиционной привлекательности, привлечение инвестиций и новых технологий в экономику Кировской области», которая призвана обеспечить реализацию мероприятий, направленных на развитие инновационной деятельности.

Технология управления инновационными и научно-техническими процессами не достаточно раскрывается в отечественной и зарубежной литературе. Следовательно, нашей первоочередной задачей является следующее: дать определение категории «управление инновационными и научно-техническими процессами» и разработать ее структуру.

Важнейший момент в разработке любой технологии - это определение, из каких элементов она должна состоять и как они должны быть связаны в единый алгоритм [3].

Первоочередной задачей разработки технологии становится анализ таких категорий, как технология, управление, инновации и научно-технический прогресс.

Технологию принято рассматривать как комплекс организационных мер, операций и приемов, направленных на изготовление, обслуживание, ремонт, эксплуатацию и/или утилизацию изделия с номинальным качеством и оптимальными затратами и обусловленных текущим уровнем развития науки, техники и общества в целом.

В экономическом смысле технология – сущность ноу-хау, касающаяся материалов, методов производства, использования оборудования, базирующаяся на современных достижениях науки. Технология требует услуг людей образованных, разбирающихся в точных науках, а в настоящее время хорошо подготовленных к использованию компьютеров[11].

Так же технологию (от *греч.* *techne* – искусство и *logos* – слово, учение) принято рассматривать как способ преобразования вещества, энергии, информации в процессе изготовления продукции, обработки и переработки материалов, сборки готовых изделий, контроля качества, управления. Технология воплощает в себе методы, приемы, режим работы, последовательность операций и процедур, она тесно связана с применяемыми средствами, оборудованием, инструментами, используемыми материалами. Совокупность технологических операций образует технологический процесс [8].

Технологический процесс является важнейшей частью производственного процесса, сущность которого заключается в обеспечении экономической эффективности производства конкурентоспособной продукции через менеджмент, устанавливающий системные связи во внутренней среде по обеспечению ресурсами, непрерывное использование инноваций и усовершенствований, позволяющих выпускать высококачественную продукцию, исключая сбой и простой механизмов.

Управление - это процесс планирования, организации, мотивации и контроля, необходимый для того, чтобы сформулировать и достичь цели организации (Мескон М. Х.). Суть управления состоит в оптимальном использовании ресурсов (земли, труда, капитала) для достижения поставленных целей. Управление представляет собой реализацию нескольких взаимосвязанных функций: планирования, организации, мотивации сотрудников и контроля.

Управление – сознательное целенаправленное воздействие со стороны субъектов, органов на людей и экономические объекты, осуществляемое с целью направить их действия и получить желаемые результаты [9].

Управление – элемент, функция организованных систем различной природы (биологических, социальных, технических), обеспечивающая сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализацию их программ.

Основоположник понятия «инновации» Й. Шумпетер делал акцент на том, что инновации – это изготовление продукции с новыми свойствами, внедрение нового метода (способа) производства, освоение новых рынков сбыта, использование нового источника сырья и проведение соответствующей реорганизации производства.

Исходя из проведенного анализа, мы считаем, что определением категории «технология управления инновационными и научно-техническими процессами» будет являться организационный процесс применения приемов, способов и методов воздействия субъектами управления на социальные, политические, экономические, природные и научно-технические объекты с целью реализации новой идеи или производства нового продукта для улучшения социально-экономического положения общества.

В частности инновационным процессом является процесс создания и распространения нововведений (инноваций). В общем виде схема инновационного процесса может быть представлена следующим образом.

Новации выступают первым компонентом инновационного процесса, которые отражают результат законченных научных исследований (фундаментальных и прикладных), опытно-конструкторских разработок и иных научно-технических результатов.

Вторым компонентом инновационного процесса является внедрение, введение новации в практическую деятельность.

Третьим компонентом инновационного процесса является диффузия инноваций, под которой подразумевается распространение уже однажды освоенной, реализованной инновации, т.е. применение инновационных продуктов, услуг или технологий в новых местах и условиях[6].

Иными словами, диффузия – это распространение уже однажды освоенной и использованной инновации в новых условиях или местах применения.

В реальных инновационных процессах скорость процесса диффузии нововведений определяется различными факторами:

- а) формой принятия решения;
- б) способом передачи информации;
- в) свойствами социальной системы, а также свойствами самого нововведения.

Свойствами нововведений являются относительные преимущества по сравнению с традиционными решениями, совместимость со сложившейся практикой и технологической структурой, сложность, накопленный опыт внедрения и др.

Приемы, используемые в рамках технологии управления инновациями можно разделить на следующие группы:

- приемы, воздействующие только на производство инновации;
- приемы, воздействующие как на производство, так и на реализацию, продвижение и диффузию инноваций;
- приемы, действующие только на реализацию, продвижение и диффузию инноваций [2].

Под методами управления инновациями и научно-техническими процессами можно рассматривать совокупность способов, приемов, с помощью которых осуществляется воздействие на объект управления, выполняются разнообразные функции управления организацией. Выделим следующие виды методов управления:

- экономические;
- организационно-распорядительные;
- правовые;
- социально-психологические методы управления.

Организация управления инновационным развитием обширного перечня организационных структур разных форм собственности определяет актуальность концептуального обеспечения аналитической базой для обоснования и выбора управленческих решений с применением современных информационных технологий, включая элементы искусственного интеллекта. Такой подход позволяет учитывать и обобщать многофакторные базы исходных данных, характеризующие состояние и перспективы развития отраслей, предприятий, научных организаций, университетов, в единой инновационной системе региона, что обеспечивает возможности организационного объединения участников инновационной деятельности (сотрудничество, партнерство и др.) и управления этим сложным процессом инновационного развития[7].

Так же в рамках разработки технологии управления инновационными и научно-техническими процессами необходимо определить, кто является субъектом управления, и чем мы будем управлять.

Субъектом управления в инновационных и научно-технических процессах может быть один человек или группа специалистов, которые при помощи различных приемов и способов управленческого воздействия организуют целенаправленное функционирование объекта управления. В рамках отдельного региона субъектом управления инноваций сельскохозяйственной организации может являться департамент сельского хозяйства субъекта федерации, руководитель сельскохозяйственной организации, группа специалистов принимающих участие в разработке инновационного проекта его реализации и контроле. Функциями субъекта

управления будут выступать прогнозирование, планирование, организация, регулирование, координация, стимулирование и контроль.

Объектом управления в инновационном менеджменте являются инновации, инновационный процесс и экономические отношения между участниками рынка инноваций (продуцентов, продавцов покупателей).

К функциям объекта управления относятся рисковое вложение капитала, управление финансированием, организация инновационного процесса, а так же продвижение инноваций на рынке [2].

Одними из приоритетных направлений инновационного развития экономики, определенных президентом РФ Медведевым Дмитрием Анатольевичем, является энергоэффективность и энергосбережение.

Следует отметить, что функционирование российского сельского хозяйства происходит в более неблагоприятных климатических условиях, чем в развитых капиталистических странах. Это приводит к тому, что 30-40% энергетических ресурсов, потребляемых в сельском хозяйстве, тратится на обогрев помещений. Совокупные энергетические затраты на производство 1 т. условной зерновой единицы в России в сравнении с США выше более чем в 5 раз. При этом в настоящее время энергоемкость производимой продукции выступает важным фактором конкурентоспособности произведенной продукции.

Исходя из этого, проблема энергосбережения должна включать последовательное решение трех задач: принятие и постепенная реализация организационно-экономических и нормативно-правовых мероприятий; внедрение энергосберегающих технологий широким использованием вторичных энергоресурсов; изменение машинных технологий с кардинальным снижением энергетических затрат.

Наиболее доступными для данного направления в Кировской области, выступают возобновляемые источники – энергия солнца, ветра и воды.

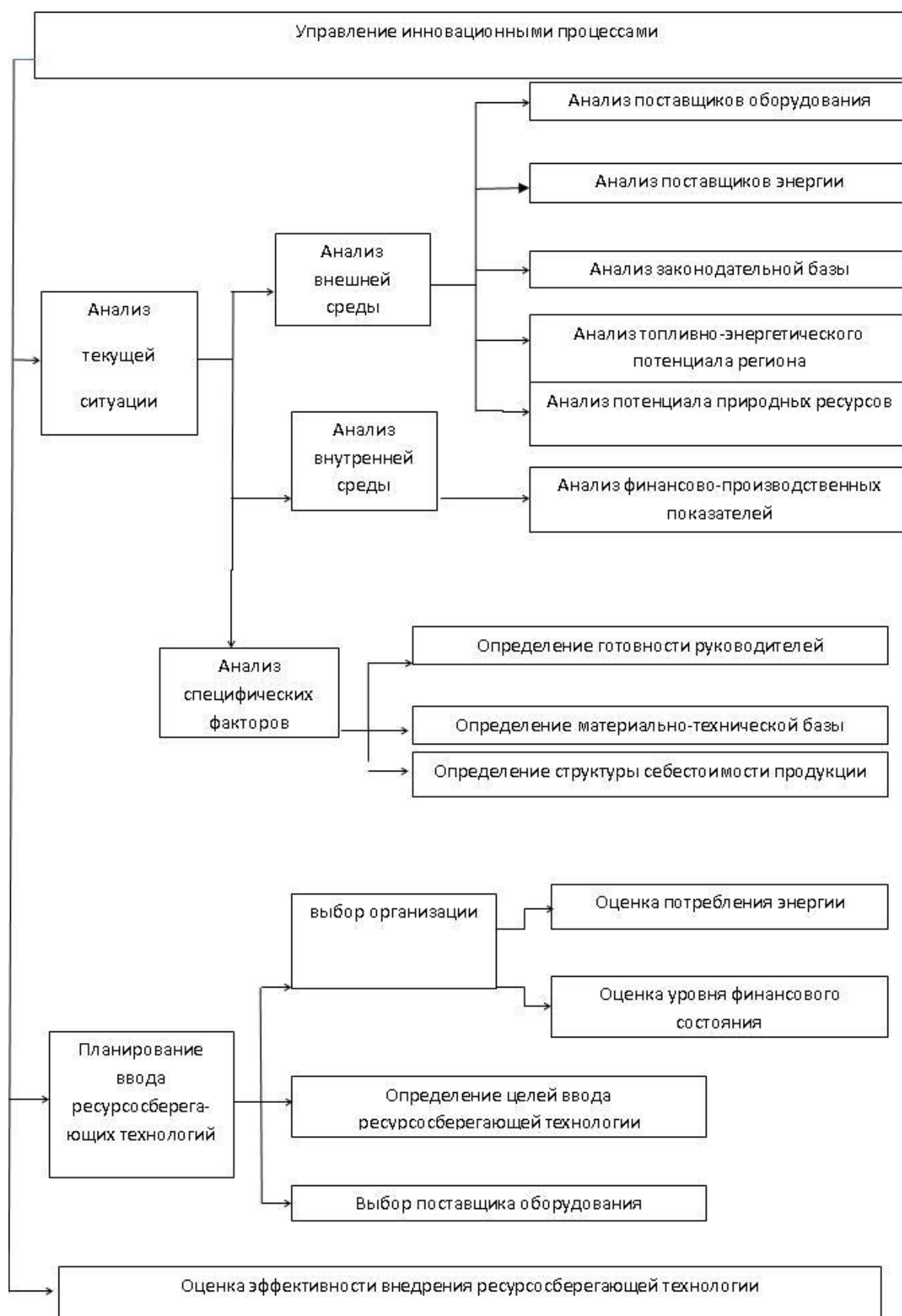


Рисунок 1 – Модель технологии управления инновационным процессом (авторская разработка)

Для этого сделаем упор на новую тенденцию развития Российской энергетики – увеличение доли децентрализованного производства электрической и тепловой энергии экологически чистыми электростанциями [4].

В результате нами разработана и предложена модель технологии управления инновационного процесса в рамках внедрения ресурсосберегающей технологии, представлена на рисунке 1. Использование данной технологии позволит найти наиболее доступный природный ресурс для получения более дешевой электроэнергии.

Использование возобновляемых источников в рамках энергосберегающих технологий можно рассматривать как механизмы диффузии инновации, направляемые на распространение освоенных и уже использующихся инноваций.

Таким образом, согласно Шумпетеру, только кумулятивное увеличение числа имитаторов позволяет осуществить переход на новый технологический уклад[6].

Библиографический список:

1. Бланк И. А. Инвестиционный менеджмент: Учебный курс. – К.: Эльга-Н, Ника-Центр, – 2002. – 448с.
2. Вертакова Ю. В., Симоненко Е.С. Направление инновациями: теория и практика. М.: Эксмо. – 2008. – 432с.
3. Заводский В. В. Технология управления инновационным процессом. // Инновации. – №3. – 2008. – с. 108-116.
4. Стребков Д. С. Инновационные энергетические технологии. //Сельское хозяйство в современной экономике: новая роль, факторы роста, риски. – М.: ВИАПИ им. А.А. Никонова: «Энциклопедия российских деревень», – 2009. – 572 с.

5. Научно-технические проблемы создания гидроэнергетики. Бляшко Я.И./ 8 международная конференция «Возобновляемая и малая энергетика 2011» 7-8 июля 2011г. www.inset.ru.
6. Новиков Д. А., Иващенко А. А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. – М.: КомКнига, – 2006. – 332 с.
7. Новоселов С. В. Основы концепции управления инновационным развитием отрасли энергомашиностроения Алтайского региона// Ползуновский вестник, - № 3. – 2007. – с. 77-83.
8. Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е.Б.. Современный экономический словарь. – 2-е изд., испр. М.: ИНФРА-М, 1999. – 479 с.
9. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П. П. Безруких, Ю. Д. Арбузов, Т. А. Борисов и др. С-Пб: Наука, 2002.
10. Шеремет А. Д., Сайфулин Р. С., Негашев Е. В. Методика финансового анализа. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 207с.
11. Экономика. Толковый словарь. / Общая редакция: д.э.н. Осадчая И.М. – М.: ИНФРА-М, Весь Мир, 2000.

Информация об авторе

Data on author

Соболева Ольга Николаевна, старший преподаватель кафедры
Региональной экономики и управления ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Тел.: (8332) 32-16-47, E-mail: olsia-soboleva@bk.ru

Soboleva Olga Nikolayevna, senior lecturer in Regional Economy and Management
in FSBEI of HPE «VyatSU»

Тел.: (8332) 32-16-47, E-mail: olsia-soboleva@bk.ru

**СПЕЦИФИКА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ В СОВРЕМЕННОМ ВУЗЕ**

**SPECIFIC ASPECTS OF EDUCATIONAL AND RESEARCH
ACTIVITY OF STUDENTS
IN MODERN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION**

Статья посвящена теоретическому анализу учебно-исследовательской деятельности студентов в вузе. Рассматривается структура и специфика учебно-исследовательской деятельности студентов.

The paper is devoted to theoretical analysis of educational and research activity of students in modern higher educational institution. The structure and characteristic aspects of educational and research activity of students have been analyzed.

Ключевые слова: учебно-исследовательская деятельность, исследовательские умения, структура.

Keywords: educational and research activity, research skills and habits, specificity, structure.

Анализируя учебно-исследовательскую деятельность студентов в современном вузе, мы выявили, что учение имеет выраженный прикладной характер и направлено на овладение различными жизненными умениями, целью которого является субъективно новый опыт в какой-либо из отраслей знания. В определении учения мы также отмечаем роль практики и опыта, активизирующих основные функции сознания. К примеру, А.М.

Новиков пишет об учении как о «приобретении любого нового опыта – не только в процессе целенаправленной учебной деятельности, но и попутно, в процессе осуществления других видов деятельности». В этом смысле учение и учебная деятельность синонимичны.

Учение – это всегда практика, всегда действие, главной целью которого является обретение индивидуально опыта в какой-либо области бытия. Учение – основа умений и навыков в самом широком их смысле, основа всего что, в конечном счете, составляет личностное содержание человека как субъекта социальных отношений. В учебной деятельности осуществляется активное взаимодействие субъекта с окружающей действительностью, в ходе которого субъект воздействует на тот или иной объект окружающего мира, исходя из субъективно ощущаемого «незнания», нехватки опыта или потребности в его расширении. Учебная деятельность предопределена закономерностями развития индивидуальных способностей и склонностей.

В учебной деятельности, согласно общенаучному представлению, важно не достижение научной истины, а получение знаний, формирование умений и навыков, поступательное умственное и духовное саморазвитие студентов.

В интересах исследования важно отметить, что учебная деятельность может быть как репродуктивной, так и продуктивной. В отличие от репродуктивной учебной деятельности, сущность которой ассоциируется с натаскиванием, тренировкой, отработкой и т.п., сущность продуктивной учебной деятельности вызывает ассоциацию поиска, творчества, открытия и, конечно, – исследования. Но главное заключается в том, что продуктивная учебная деятельность всегда направлена на получение некоего добавочного результата, объективно или субъективно новой ценности. Учебная деятельность всегда направлена на субъективно новый результат для каждого конкретного студента.

Если вернуться к изначальной сущности учения, то, на первый взгляд, целью учебно-исследовательской деятельности является обретение исследовательского опыта, т.е. умения выполнять исследовательскую деятельность. В какой-то степени это предположение будет достаточно правильным, учитывая, что сами по себе исследовательские умения и навыки не возникают – над их формированием приходится работать особо. Отождествляя исследовательскую деятельность с понятием исследования как научного труда, ученые включают в содержание научного труда все, что основано на принципах науки – системы знаний о закономерностях развития природы, общества и мышления. Если рассматривать исследовательские умения как цель учебно-исследовательской деятельности студентов, то они не сводимы к научно-исследовательским. В учебном исследовании акцент переносится на воспитание «подлинно свободной личности» с развитым типом мышления, овладевшей навыками исследования как «универсального способа освоения действительности». Учебно-исследовательская деятельность мобилизует творческую инициативу студентов, стимулирует самостоятельное движение в информационных полях.

Не столько исследовательские умения будут являться наивысшей целью учебно-исследовательской деятельности студентов, сколько систематизация их индивидуального опыта как субъектов познания, закрепление и кристаллизация связей между различными уровнями индивидуального познавательного стиля студентов.

Учебно-исследовательскую, согласно сказанному, нельзя отождествлять с научно-исследовательской деятельностью, поскольку это приводит к нейтрализации ее ключевого компонента, которым является учение. Даже притом, что связь между этими видами деятельности очевидна и заключается в их продуктивном характере, прибегать к замещению одного понятия другим мы не имеем права.

В учебно-исследовательской деятельности студент, посредством интеллектуальной самореализации, осуществляет все другие социально значимые движения (социальная адаптация, социальное и профессиональное самоопределение, духовно-нравственное развитие и др.). Глубинные смыслы учения здесь усиливаются и становятся актуальным пониманием учения как фактора социализации, как условия связи индивидуального и общественного сознания. Видя в учении систему целенаправленных, желательных, с точки зрения потребностей общества, условий передачи общественного опыта, мы еще раз подчеркиваем, что в учебно-исследовательской деятельности главное – это не научная новизна, а системные изменения в поведении человека, становление его опыта, формирование индивидуального познавательного стиля.

С полным правом можно утверждать, что ни один другой вид деятельности не приближен настолько к индивидуальным потребностям человека. Учебный формат исследовательского поведения максимально расположен к тому, чтобы индивид вырабатывал свойственные только ему способы работы с информацией, способы мышления, памяти и др. Развивая в учении индивидуальные познавательные способности, человек развивает одновременно и свою речь, вырабатывая особый понятийный язык мышления. Учебно-исследовательская деятельность стимулирует выбор познавательной позиции, в которой познающий субъект ощущает себя свободным и ответственным. Мыслящий субъект, мышление и знание организационно пересекаются в процессе учебно-исследовательской деятельности. Актуализируется персональное, индивидуально-личностное, волевое усилие субъекта к познанию.

Специфику учебно-исследовательской деятельности можно проиллюстрировать еще одним сопоставлением, а именно сопоставлением с проектно-исследовательской деятельностью. Выбрав прежний параметр сопоставления (параметр учения), обратимся к доводам А. С. Сиденко,

представившего проектную деятельность как инновационный элемент педагогической практики. А. С. Сиденко различает проектную и исследовательскую деятельности по объекту деятельности, предмету, направленности. Ученый показывает, что проект направлен на всестороннее и систематическое изучение проблем практик, а исследование – на поиск способа решения проблемы. Человек, разрабатывающий и (или) реализующий проект, не просто ищет нечто новое, он решает реальную проблему. Исследовательская же деятельность изначально более свободна, практически не регламентирована какими-либо внешними установками, поэтому она значительно более гибкая, в ней больше места для импровизации.

От проектно-исследовательской учебно-исследовательская деятельность отличается максимальной активизацией субъективных мотивов познания, выработкой индивидуальной познавательной позиции и самоопределением студента в исследовательском инструментарии. Если же учитывать, что всем этим учебно-исследовательская деятельность отличается и от научно-исследовательской, то мы можем прийти к окончательному пониманию учения как ключевого дифференцирующего понятия.

Обусловленный сущностью учения фактор «субъективно-значимого результата» предоставляет субъекту учебно-исследовательской деятельности немалую свободу в выборе методов, средств, приемов исследования. Самостоятельный поиск оптимальных способов выполнения действий, даже если для этого используются готовые образцы и методики, развивает в субъекте здоровую потребность в познавательном творчестве, риске. Вместе с тем, субъект учения сознает, что он всего лишь учится, т.е. пробует, находит верный путь. Боязнь ошибиться не блокирует в сознании обучающегося свободу мысли. Учебно-исследовательская деятельность, кроме этого, не предполагает обязательной публичной демонстрации результатов исследования, что избавляет студента от переживаний за общественный резонанс полученного результата. Это положительно отражается на мотивации

деятельности и начинает активизировать не только интеллектуальный потенциал субъекта, но и его эмоциональные и волевые ресурсы; создаются оптимальные условия для интеллектуального самовоспитания.

Несложно увидеть, что именно в процессе учебно-исследовательской деятельности происходит практическое воплощение тезиса, выдвинутого А. М. Новиковым. Согласно здравому смыслу, все три компонента структуры личности: интеллектуальный, эмоциональный, волевой – должны в процессе учения-обучения выступать на равных и одновременно, т. е. задействуется весь личностный потенциал субъекта учения, и смыслом деятельности становится интеллектуальное саморазвитие и самовоспитание.

Будучи закрепленной в содержании высшего образования на уровне своих результирующих характеристик: «знать, уметь, владеть» – и имея массово-предписывающий характер, учебно-исследовательская деятельность отнесена в процессуально-технологический компонент, оказываясь как бы противопоставленной собственно содержанию образования, выражаемому в информационно-академических единицах. Согласно же положениям компетентностного подхода, содержание образования должно характеризоваться не суммой знаний, умений или навыков, а наличием элементов, отражающих индивидуальные механизмы получения знаний, способность обучаемых самостоятельно наращивать познавательный опыт и переводить его в формат компетенций.

На современном этапе развития высшего профессионального образования учебно-исследовательская деятельность студентов обретает не свойственный ей ранее статус, который аккумулирует и опыт студентов в развитии познавательных интересов, и опыт применения ими методов познания (включая меж- и метапредметные связи), и опыт интеллектуального творчества, предполагающий самодиагностику мыслительного инструментария познавательной деятельности.

Анализируя учебно-исследовательскую деятельность студентов целесообразно исходить из разработанной в науке двухкомпонентной структуры деятельности, включающей мотивационный и операциональный компоненты. Учебно-исследовательская деятельность, в отличие от деятельности вообще, обязательно имеет трехкомпонентную структуру (см. рисунок 1).

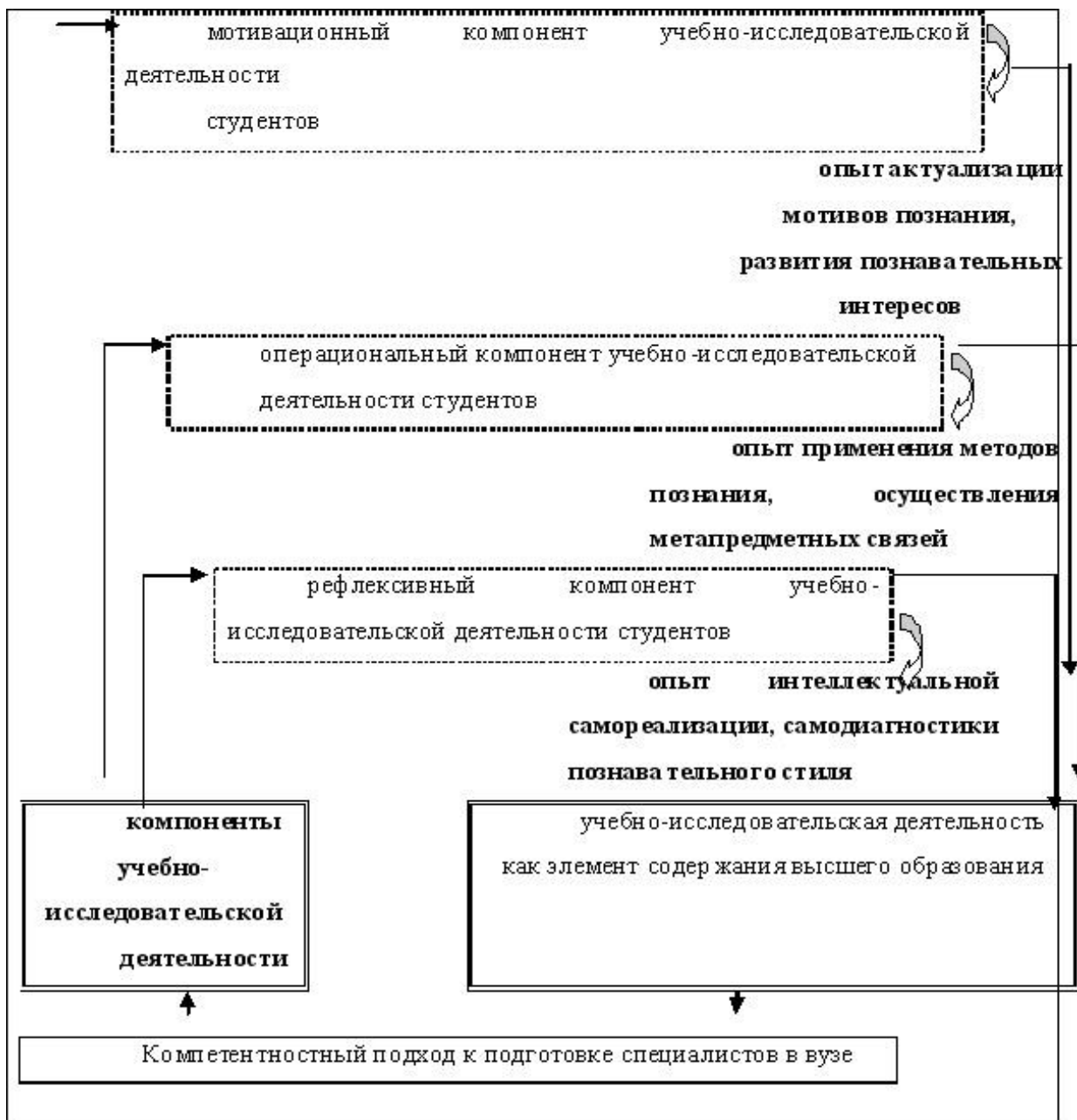


Рисунок 1 – Структура учебно-исследовательской деятельности студентов вуза

Каждый из компонентов, отраженных в рисунке 1, функционально специфичен. Мотивационный компонент связан с опытом студентов в актуализации мотивов познавательной деятельности, развития познавательных интересов. Операциональный – устанавливает метапредметные связи в материале деятельности и указывает на опыт применения методов познания. Рефлексивный компонент «отвечает» за интеллектуальную самореализацию студентов и более других выражает связь биопсихических составляющих индивидуального познавательного стиля с условиями образовательной среды. Сбалансированное развитие этих компонентов способствует компетентностному формату результатов высшего образования.

Таким образом, можно сделать выводы, что учебно-исследовательская деятельность опирается на составляющие продуктивной учебной деятельности, а также на сущность исследования как особой формы познавательной активности индивида. Учебно-исследовательская деятельность отличается от научно-исследовательской и проектно-исследовательской, поскольку обусловлена детерминантой учения и имеет самую высокую степень субъективации познавательной практики.

Библиографический список:

1. Новиков А. М. Методология образования. – М.: Эгвес, 2006. – 488 с.
2. Сиденко А. С. Как разработать программу эксперимента? // Народное образование. – 1998 – №4.

Информация об авторах

Data on authors

Загоскина И. В., аспирантка кафедры педагогики, ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Zagoskina I. V., post-graduate student in Pedagogy, FSBEI of HPE «VyatSHU»

Тел: +7(912)827-04-78

E-mail: iri-sa@mail.ru

Машарова Т. В., доктор педагогических наук, профессор, начальник
управления инноваций и стратегического развития ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Masharova T. V., Dr. Sc (Pedagogics), Prof., Head of the Innovations and
Strategic Development Department in FSBEI of HPE «VyatSU»

Тел: +7(8332)64-65-78

E-mail: mtv203@mail.ru

Advanced science

Научный журнал

№ 1 (1)

«Вятский государственный университет» ПРИП ФГБОУ ВПО «ВятГУ» 610000,

Киров, ул. Московская, 36 Тел.: (8332) 64-23-56, <http://vyatsu.ru>