

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА :  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИЕСТЕСТВЕННЫЕ И  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 6 2016 (июнь)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной ответственностью  
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

## Редационный совет

- А.В. Царегородцев** – д.т.н., профессор Российский государственный гуманитарный университет
- Ю.Б. Миндлин** – к.э.н., доцент Московский государственный машиностроительный университет
- М.М. Безрукова** – д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО
- Н.Н. Грачев** – профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет), доктор высшей ступени в области технических наук (Doctor Habilitatus),
- А.И. Гусева** – д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
- А.Я. Качанов** – д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)
- А.И. Квасов** – д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева
- С.М. Надежкин** – д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии
- Б.А. Прудковский** – д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний "ИНТЕРСЕРТИФИКА",
- С.Э. Саркисов** – д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии
- В.В. Сергиевский** – д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
- А.П. Симоненков** – д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАМН

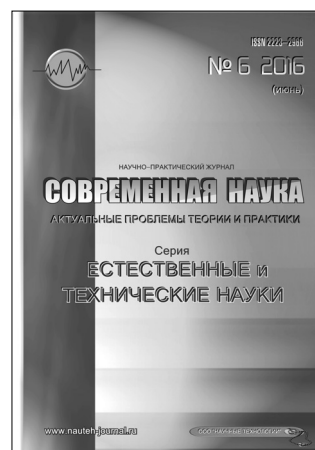
## Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью  
«Научные технологии»  
Адрес редакции и издателя:  
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10  
Тел/факс: 8(495) 755-1913  
E-mail: redaktor@nauteh.ru  
http://www.nauteh-journal.ru  
http://www.vipstd.ru/nauteh

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере  
массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Scientific and practical journal



## В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ  
РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ, ИНФОРМАТИКА,  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ,  
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Журнал издается с 2011 года

## Редакция:

Главный редактор

**А.В. Царегородцев**

Выпускающий редактор

**Ю.Б. Миндлин**

Верстка

VIP Studio ИНФО ( <http://www.vipstd.ru> )Подписной индекс издания  
в каталоге агентства «Пресса России» – 80016В течение года можно произвести  
подписку на журнал непосредственно в редакции.

Авторы статей несут полную ответственность  
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал  
«Современная наука: Актуальные проблемы  
теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ»  
тел./факс: (495) 973-8296

Подписано в печать 30.06.2016 г.  
Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая  
Заказ № 0000  
Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

- А.Е. Кундузбаева, А.М. Кабдыракова, С.Н. Лукашенко** – Формы нахождения искусственных радионуклидов в почвах условно "фоновых" территорий Семипалатинского испытательного полигона  
*A. Kunduzbayeva, A. Kabdyrakova, S. Lukashenko – Artificial radionuclides speciation in soils of conventionally "background" territories at the Semipalatinsk Test Site* .....3

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- Е.Н. Выголова** – Методика оценки факторов, влияющих на гармонизацию отечественных и международных систем оборота опасных химических веществ  
*E. Vygolova – Technique of assessment of the factors influencing harmonization of the Russian and international systems of the turn of dangerous chemicals* .....18
- А.С. Григорьев, Г.М. Вервелакис** – Автономный альтернативный источник питания на нетрадиционных возобновляемых источниках энергии для удаленных стационарных и нестационарных объектов  
*A. Grigoriev, G. Vervelakis – Autonomic alternative source of supply to non-traditional renewable sources of energy for remote stationary and non-stationary sites* .....24

- К.Е. Матвеев** – Особенности получения кварцевых резонаторов с монотонными температурно – частотными характеристиками  
*K. Matveev – Receipt quartz resonator with monotonic temperature – frequency characteristics* .....32

## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- А.С. Грибанов, А.Г. Ефимов, И.В. Нелин** – Определение взаимоположения малых беспилотных летательных аппаратов в группе для построения системы связи  
*A. Gribanov, A. Efimov, I. Nelin – Determination of positional relationship of small unmanned aerial vehicles in the group for the construction of the communication system* .....37
- Н.Э. Унру, Е.В. Григорьев** – Проектирование квазиполиномиальных режесторных фильтров с учётом диссипативных потерь в резонаторах  
*N. Unru, E. Grigoriev – Designing of quasipolynomial bandstop filters into account dissipative losses in the resonators* .....40

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Арунянц Г.Г., Воронин Т.А., Айрапетов С.А.** – Основные принципы и особенности построения программного комплекса ТЭЭ-1 автоматизированного формирования тарифов в сфере электроснабжения Калининградской области  
*G. Arunyants, T. Voronin, S. Ayrapetov – The basic principles and features of creation of the program ТЭЭ – 1 complex of the automated formation of tariffs in the sphere of power supply of the Kaliningrad region* .....47
- М.С. Логачёв** – Разработка универсальной структуры автоматизированной системы контроля и управления образовательным процессом  
*M. Logachyov – Development of universal structure automated control and management systems for educational process* .....56
- М.С. Логачёв** – Описание структуры документа – эталона для функционирования автоматизированной системы мониторинга качества образовательных документов  
*M. Logachyov – Description of the structure standart file of the automated system for monitoring quality of educational documents* .....61
- П.А. Найденов** – Подготовка данных станционных наблюдений для проведения численных экспериментов по мезометеорологическим моделям  
*P. Naidenov – Methods of preparing the data of station observations for numerical experiments on the mesoscale modes* .....66

- А.А. Сейнасинова, Г.П. Рысбаева, С. Авдарсолкызы, Р.Б. Баймахан** – Расчет пластического раздробления массива анизотропного строения вокруг горной выработки  
*A. Sejnasinova, G. Rysbaeva, S. Avdarsolkzy, R. Bajmahan – Calculation of the plastic fragmentation of the array of anisotropic structure around the mine workings* .....72

- И.С. Скороходов, А.Н. Тихомирова** – Интеграционное тестирование непрерывно развертываемых веб-систем с помощью экспериментальных выкладок  
*I. Skorokhodov, A. Tikhomirova – Integration testing of continuously delivered web-systems using experimental deployment* .....78

- Ф.Б. Тебуева, Н.В. Стрелянская** – Адаптированный метод прогнозирования для коротких временных рядов природных процессов  
*F. Tebueva, N. Streblianskaia – Adaptive method for predicting short time series of natural processes* .....83

- В.Л. Токарев, Д.А. Абрамов** – Система поддержки принятия решений задач ситуационной видеоаналитики  
*V. Tokarev, D. Abramov – System of decision support tasks situational video analytics* .....88

## КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- В.И. Архипенко, К.С. Сергеев, А.А. Гринь, А.А. Марков, О.А. Рабченко, В.П. Игнатов, С.И. Твердохлебов** – Экспериментальное обоснование эффективности применения погружных металлоконструкций с биоактивным покрытием из природного наноструктурного кальция фосфатного комплекса для чрескостного остеосинтеза  
*V. Arkhipenko, K. Sergeev, A. Grin, A. Markov, M. Rabchenyuk, V. Ignatov, S. Tverдохlebov – Experimental substantiation of effectiveness of applying submersible rods with hydroxyapatite coating for transosseous osteosynthesis of pelvic bones* .....93

- Б.Х. Белимготов, К.Р. Бения, С.Г. Ибрагим, Б.А. Любашевская, О. Абушаш, М.П. Кадиров** – "Острые травматические субдуральные гидромы". Действительно ли субдуральные?  
*B. Belimgotov, Ch. Benia, S. Ibrahim, B. Liybashevskaya, O. Abushash, M. Kadirov – "The acute traumatic subdural hygroma." Really subdural?* .....98

- С.А. Кулаков, Ю.В. Петров, Г.Н. Суворова, О.В. Кулакова** – Изменения слизистой оболочки десны на завершающих этапах ортодонтического лечения и в ретенционном периоде  
*S. Kulakov, Y. Petrov, G. Suvorova, O. Kulakova – Changes in the mucous membrane gums in the final stages of orthodontic treatment and retention period* .....103

- Н.О. Навджавонова, К.В. Стегний, С.В. Удалова** – Лечебно-диагностический алгоритм у пациентов с ЖКБ в предоперационном периоде  
*N. Navdzhavonova, K. Stegny, S. Udalova – Therapeutic and diagnostic algorithm in patients with gallstone disease in the preoperative period* .....3

- Л.Ю. Сергеева** – Современные проблемы терапии эндокринной патологии на примере сахарного диабета  
*L. Sergeeva – Clinical practice combined therapy at endocrine disorders* .....110

- А.В. Силин, Т.Ю. Окунева, П.Ю. Окунев, А.И. Сапицкая** – Реконструкция окклюзионной плоскости у пациентов с зубочелюстными деформациями, сформировавшихся после удаления зубов  
*A. Silin, T. Okuneva, P. Okunev, A. Sapickaya – Occlusal plane reconstruction in cases with dentition deformations after tooth extraction* .....115

## ИНФОРМАЦИЯ

- Наши Авторы / Our Authors .....120  
 Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале .....122

# ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ УСЛОВНО "ФОНОВЫХ" ТЕРРИТОРИЙ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

## ARTIFICIAL RADIONUCLIDES SPECIATION IN SOILS OF CONVENTIONALLY "BACKGROUND" TERRITORIES AT THE SEMIPALATINSK TEST SITE

*A. Kunduzbayeva  
A. Kabdyrakova  
S. Lukashenko*

### Annotation

The work provides results of research of artificial radionuclides speciation in soils of conventionally "background" territories of the STS. These territories include "northern", "western", "southeastern" and "southern" parts of the STS. In spite being closely located to testing spots, radiological situation at the most of conventionally "background" territories mainly depends on global fallouts, except for zones of "plumes" from local fallouts of surface nuclear tests, conducted at the "Experimental Field". "Plumes" of fallouts, crossing "southeastern" and "southern" parts of the STS, could determine another character of radioactive contamination of the soil cover.

Identified changes in the relative content of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239+240}\text{Pu}$  radionuclides speciation in soils of conventionally "background" territories of the STS are insignificant. The main forms of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239+240}\text{Pu}$  in soils of conventionally "background" territories of the STS is strongly bound. Radionuclide  $^{241}\text{Am}$  represented in the soil mainly in strongly bound form and mobile form.

Regular change of  $^{90}\text{Sr}$  radionuclide speciation was found for conventionally "background" territories. A tendency for decrease of biological availability parameters of radionuclide was found at the territory adjacent to "plumes" and in the zone of "plumes" of surface nuclear tests at the STS. Under conditions of the STS  $^{90}\text{Sr}$  speciation can be used as a diagnostic feature to characterize radioactive contamination of background territories and detect fallout plumes of local surface nuclear tests.

**Keywords:** radionuclides, Semipalatinsk proving ground, soil, artificial radionuclides, nuclear tests, pollution of a soil cover.

*Кундузбаева Асия Еркебековна  
Вед. инженер Лаборатории физико-химических исследований, Институт радиационной безопасности и экологии  
НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан  
Кабдыракова Алуа Мырзагазиновна  
Нач. Лаборатории физико-химических исследований, Институт радиационной безопасности и экологии  
НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан  
Лукашенко Сергей Николаевич  
Директор Института радиационной безопасности и экологии  
НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан*

### Аннотация

В работе представлены результаты исследования форм нахождения искусственных радионуклидов в почвах условно "фоновых" территорий СИП. Данные территории включают в себя "северную", "западную", "юго-восточную" и "южную" части СИП. Несмотря на близкое расположение испытательных площадок, радиоактивное загрязнение условно "фоновых" территорий в основном обусловлено глобальными выпадениями, за исключением зон следов выпадений от наземных ядерных испытаний, проведенных на площадке "Опытное поле". Следы выпадений от наземных ядерных испытаний, пролегающие через территорию "юго-восточной" и "южной" части СИП могли определить иной характер радиоактивного загрязнения почвенного покрова.

Выявленные изменения относительного содержания радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  в почвах условно "фоновых" территорий СИП незначительны. Радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  в почвах условно "фоновых" территорий СИП представлены в прочносвязанной форме. Радионуклид  $^{241}\text{Am}$  представлен в почве, главным образом, в прочносвязанной и подвижной форме.

Распределение форм нахождения  $^{90}\text{Sr}$  на условно "фоновых" территориях неоднородно. Выявлена тенденция уменьшения параметров биодоступности и подвижности  $^{90}\text{Sr}$  в почвах территории, прилегающей к следам выпадений и непосредственно в зоне следов. В условиях СИП  $^{90}\text{Sr}$  может быть использован в качестве параметра для характеристики радиоактивного загрязнения фоновых территорий и выявления следов выпадений от наземных ядерных испытаний.

### Ключевые слова:

Радионуклиды, Семипалатинский испытательный полигон, почва, искусственные радионуклиды, ядерные испытания, загрязнение почвенного покрова.

### ВВЕДЕНИЕ

В пределах официальной границы СИП имеются зна-

чительные по площади условно "фоновые" территории, практически не подвергшиеся влиянию выпадений от испытаний на СИП, и на которых возможно проведение хо-

зяйственной деятельности человека. В целях оценки возможности передачи "фоновых" территорий СИП в хозяйственный оборот с 2009 года проводятся масштабные комплексные исследования в этом направлении. Одним из этапов данных мероприятий является изучение форм нахождения искусственных радионуклидов в почвах. В отличие от определения валового содержания радионуклидов в почве, преимуществом данного метода является возможность оценки реальной потенциальной степени опасности радионуклидов в почвах загрязненных территорий. Результаты данных исследований имеют большое практическое значение для качественной оценки подвижности и биологической доступности радионуклидов в почвах [1].

Целью данной работы явилось исследование форм нахождения искусственных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах условной "фоновой" территории СИП. Природно-климатические условия и особенности формирования радионуклидного загрязнения почв в результате испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне, длительность взаимодействия радионуклидов с почвой обусловили его уникальность как объекта исследования. Выявление особенностей форм нахождения радионуклидов в почвах условно фоновых" территорий СИП, в различной степени подвергшихся загрязнению выпадениями от ядерных испытаний, позволит по-иному взглянуть на методологию построения дальнейших исследований условно "фоновых" территорий СИП. Результаты исследований "фоновых" территорий СИП имеют практическое значение для оценки подвижности и биологической доступности радионуклидов в почвах территорий, прилегающих к полигону и подобных ей территорий.

В настоящее время исследованы "фоновые" участки территории СИП, расположенные в северной, западной, юго-восточной и южной части СИП. Продолжаются исследования территорий в юго-западной части СИП. Ранее исследования форм нахождения радионуклидов в почвах "фоновых" территорий СИП не проводились..

Материалы и методы исследования

**Объект исследования**

Объекты исследования – "северная", "западная", "юго-восточная" и "южная" части СИП, названные так в соответствии с их географическим расположением на территории полигона (Рис.1).

В таблице (Табл. 1) представлены данные о среднем содержании техногенных радионуклидов в почвах условно "фоновых" территорий СИП с различными механизмами формирования радионуклидного загрязнения [2–5].

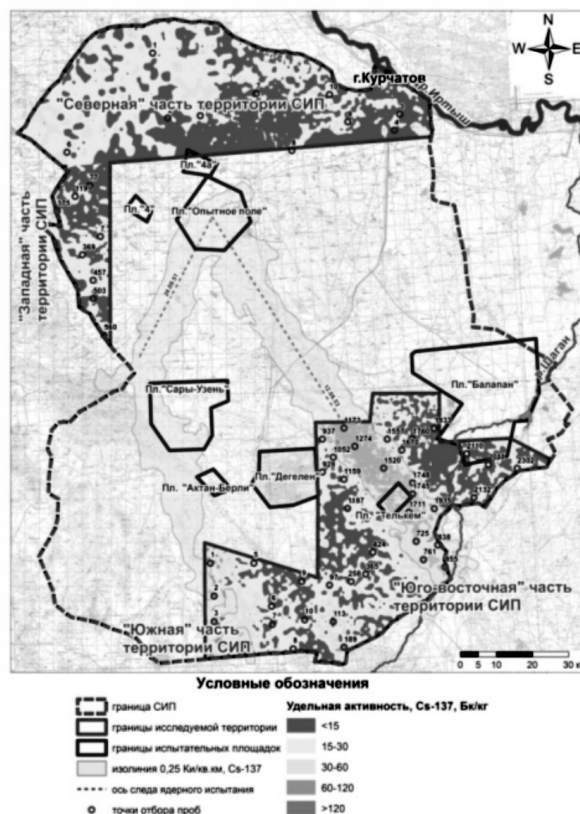


Рисунок 1. Схема расположения точек отбора на условно "фоновой" территории СИП.

Было предусмотрено разделение условно "фоновых" территорий на две категории по типу формирования радиационного загрязнения на них – "фоновые" территории и зоны "следов" выпадений от двух наземных ядерных испытаний, проведенных 24.09.1951 г (мощностью 38 кт) 12.08.1953 г (мощностью 400 кт), проведенных на площадке "Опытное поле" СИП.

Из представленных данных видно, что содержание исследуемых радионуклидов в почвах "фоновых" территорий СИП находится в пределах глобальных уровней. На "следе" выпадений от наземного испытания (38 кт, 24.09.1951), пролегающем через территорию "южной" части СИП, уровни значительно выше значений диапазона фоновых значений. Максимальный уровень содержания радионуклидов в почвах отмечен на "следе" выпадений от термоядерного испытания (400 кт, 12.08.1953 г.).

Исследуемая территория Семипалатинского полигона находится в природно-климатической зоне степей и представляет собой в географическом отношении часть Казахского мелкосопочника. Ландшафты территории представлены низкорослыми массивами, отдельными горными грядами, сопками и межсочными равнинами, понижениями под сухими и опустыненными степями на



Таблица 1.

Концентрация искусственных радионуклидов в почвах рассматриваемых объектов, Бк/кг.

Объект	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{241}\text{Am}$	$^{239+240}\text{Pu}$
<i>"Фоновые" территории СИП</i>				
"Северная" территория"	17,2	10,0	0,8	4,1
"Западная" территория"	18,0	5,8	1,1	6,5
"Юго-восточная" территория"	18,0-30,2	3,4-15,0	0,7-1,0	3,7-7,4
"Южная" территория"	20,3	14,4	0,7	3,5
<i>Зоны прохождения "следов" выпадений от наземных ядерных испытаний на условно "фоновой" территории СИП</i>				
"Юго-восточная" территория"	140	460	2,5	30
"Южная" территория"	44,5	31,6	1,4	14,5
<i>Глобальные выпадения</i>				
Северное полушарие	4-29	1-19	-	0,02-5,0

зональных каштановых и светло-каштановых нормальных, неполноразвитых и малоразвитых почвах, которые на территории полигона имеют наиболее широкое распространение. На юго-востоке территории встречаются низкогорье и высокий мелкосопочник, основными зональными почвами которых являются горные светло-каштановые почвы (Гк1) и светло-каштановые щебнистые малоразвитые (К1щ). По всей территории встречаются и лугово-каштановые, луговые почвы в комплексе и сочетании с солонцеватыми и солончаковатыми, солонцами и солончаками. Для почвенного покрова территории характерны незначительная мощность покровных рыхлых отложений, защебненность, небольшое содержание органического вещества [6–8]. По содержанию гумуса эти почвы можно отнести к среднегумусным. Почвы, в основном, промыты от легкорастворимых солей. Почвы исследуемой территории карбонатные, что свойственно этой зоне, но в различной степени. По механическому составу почвы, в большей степени, среднесуглинистые, щебнистые.

#### Отбор проб

Отбор проб почвы проводили в местах с повышенным содержанием изучаемых радионуклидов.

На каждом участке образцы почвы отбирали на глуби-

ну 0–5 см методом конверта. Путем смешивания не менее пяти точечных проб, отобранных с одной пробной площадки, получали объединенную пробу. Объединенные почвенные образцы высушивали до воздушно – сухого состояния, разминали в фарфоровой ступке и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм, предварительно удалив из них включения – камни, корни и др. В анализе использовали навески массой 150 г.

#### Методика выделения различных форм радионуклидов из почв

Исследование форм нахождения радионуклидов в почвах проводили методом последовательной экстракции. Данный метод широко используется в исследованиях большого количества токсичных элементов в разных типах образцов [9].

Была использована схема последовательного экстрагирования, предложенная Павлоцкой Ф.И (Табл. 2), включающая определение водорастворимых, обменных и необменных форм радионуклидов в почве [2]. Схема была модифицирована добавлением промежуточной стадии выделения органически связанных радионуклидов раствором 0.1 NaOH на основе методики, разработанной Тюриным И.В [10].

Таблица 2.

Схема последовательного экстрагирования.

1M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$	Обменная форма
0.1M NaOH	Форма, связанная с органической частью, свободной или прочно связанной с минеральной частью почвы
1M HCl	Необменная (подвижная), потенциальный резерв
Смесь кислот $\text{HNO}_3$ -HF	Прочносвязанная (остаточная) форма

Соотношение почвы и выщелачивающего раствора составляло 1:5 (г/мл). Время контакта почвы с выщелачивающим раствором на всех этапах эксперимента составляло не менее 12 часов. В полученных вытяжках и в почве после вытяжек определяли содержание радионуклидов.

**Определение содержания радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+241}\text{Pu}$  в почве и почвенных вытяжках**

Определение содержания радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ , и  $^{241}\text{Am}$  в образцах почвы и почвенных вытяжек проводили на гамма-спектрометре Canberra GX-2020 [10].

Образцы почвы и образцы вытяжек анализировали радиохимическим методом в соответствии с аттестованными методическими указаниями с глубоким разложением образца (озоление) смесью минеральных кислот [12].

Определение содержания в пробах почвы и вытяжек  $^{239+240}\text{Pu}$  проводили в соответствии с радиохимической методикой выделения  $^{239+240}\text{Pu}$  с альфа-спектрометрическим измерением [13].

Предел обнаружения радионуклидов в исследуемых пробах почвы и вытяжек рассчитывался исходя из массы навески и объема вытяжек, взятых для анализа и временного измерения. Предел обнаружения для радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ , в среднем составлял 0,9 Бк/кг (в диапазоне от 0,1 до 2,0 Бк/кг), для  $^{241}\text{Am}$  и  $^{90}\text{Sr}$  – 0,3 Бк/кг (от 0,2 до 1,4 Бк/кг),  $^{239+240}\text{Pu}$  – 0,02 Бк/кг (от 0,01 до 4,2 Бк/кг). Погрешность аналитических измерений не превышала 30%.

Результаты и обсуждение

**Формы нахождения радионуклидов в почвах**

Результаты определения форм нахождения радионуклидов  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{90}\text{Sr}$  представлены в единицах удельной активности форм нахождения радионуклидов в расчете на 1 кг почвы и в процентах от суммарного содержания всех форм.

Для получения удельного содержания растворимых форм радионуклидов в почве первичные результаты удельной активности растворимых форм радионуклидов в вытяжках пересчитывалась на почву с учетом использованных в методике пропорциональных отношений почвы и выщелачивающего раствора (1:5). Суммарное содержание форм нахождения радионуклидов (в вытяжках и в почве после вытяжек) принимали за общее (суммарное) содержание радионуклида в почве, т.е. за 100%.

Во многих случаях определение относительного содержания форм нахождения радионуклидов осложнялось наличием большого количества значений удельного содержания радионуклидов в вытяжках менее предела обнаружения используемого метода. Во избежание занижения результатов данные на уровне предела обнаружения при расчетах приравнивались к пределу обнаружения. Соответственно, данные относительного содержания растворимых форм радионуклидов представляют собой оценку сверху.

**Формы нахождения радионуклида  $^{137}\text{Cs}$**

В таблице (Табл. 3) представлены результаты исследования радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ .

Таблица 3/1.

Содержание форм нахождения радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг, % доля от суммарного содержания всех форм).

№ точки	Содержание $^{137}\text{Cs}$ в почве	Обменная форма (1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )		Органическая форма (0,1 н NaOH)		Подвижная форма (1М HCl)		Прочносвязанная форма (почва)	
		Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
<i>"Фоновые" территории</i>									
<i>Северная часть СИП</i>									
6	41 ± 8	< 0,9	< 1,7	-	-	< 0,7	< 1,4	50 ± 10	>96,9
2	24 ± 4	< 0,8	< 3,3	-	-	< 0,7	< 2,9	23 ± 4	>93,8
5	17,2*	< 0,8	< 3,4	-	-	< 0,7	< 2,7	23 ± 4	>93,9
1	19 ± 8	< 0,9	< 4,3	-	-	0,6	< 2,8	20 ± 4	>92,9
7	56 ± 10	3,2 ± 0,6	6,6	-	-	< 0,7	< 1,5	45 ± 10	>91,9
10	16 ± 3	< 0,8	< 5,0	-	-	< 0,6	< 4,2	14 ± 3	>90,8
9	19 ± 4	< 0,8	< 3,8	-	-	< 0,8	< 3,8	18 ± 3	>92,5
8	27 ± 5	< 0,8	< 3,0	-	-	< 0,6	< 2,3	26 ± 5	>94,7
4	19 ± 4	< 0,8	< 4,4	-	-	< 0,6	< 3,0	17 ± 3	>92,5
3	20 ± 4	< 0,9	< 4,2	-	-	< 0,7	< 3,2	20 ± 4	>92,6
<i>Среднее, %**</i>			<4,0		-		< 2,8		>93,3

Таблица 3/2.

Содержание форм нахождения радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг, % доля от суммарного содержания всех форм).

№ точки	Содержание $^{137}\text{Cs}$ в почве	Обменная форма (1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )		Органическая форма (0,1 н NaOH)		Подвижная форма (1М HCl)		Прочносвязанная форма (почва)	
		Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
<i>"Фоновые" территории</i>									
<i>Западная часть СИП</i>									
369	58 ± 12	< 1,0	< 2,1	-	-	< 0,9	< 2,0	44 ± 12	> 95,9
119	11 ± 2	< 0,9	< 6,5	-	-	< 0,8	< 5,6	12 ± 3	> 87,9
77	49 ± 10	< 1,1	< 2,9	-	-	< 0,9	< 2,3	35 ± 7	> 94,8
175	49 ± 10	< 1,8	< 5,0	-	-	< 1,3	< 3,7	32 ± 6	> 91,3
560	42 ± 8	< 2,0	< 4,9	-	-	< 0,9	< 2,3	37 ± 7	> 92,9
457	32 ± 6	< 0,9	< 3,1	-	-	< 0,9	< 3,1	26 ± 5	> 93,8
503	30 ± 6	< 0,9	< 2,3	-	-	< 0,9	< 2,4	37 ± 7	> 95,3
7	32 ± 6	< 1,0	< 4,0	-	-	< 0,8	< 3,0	24 ± 5	> 93,0
<i>Среднее, %**</i>			< 3,9		-		< 3,0		> 93,1
<i>Юго-восточная часть СИП</i>									
937	83 ± 17	1,2 ± 0,2	1,6	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,6	72 ± 14	97,2
1052	30 ± 6	0,6 ± 0,1	1,8	< 0,5	< 1,5	< 0,4	< 1,3	31 ± 1	> 95,4
928	61 ± 10	< 0,9	< 1,5	< 0,2	< 0,4	0,7 ± 0,1	1,1	57 ± 9	> 97,1
1159	41 ± 11	1,1 ± 0,2	3,2	< 0,5	< 1,6	< 0,4	< 1,3	32 ± 6	> 94,0
1557	22 ± 5	< 0,7	< 4,6	< 0,3	< 1,9	< 0,4	< 2,5	14 ± 3	> 91,0
1670	62 ± 12	0,9 ± 0,2	1,5	< 0,2	< 0,4	0,6 ± 0,1	1,0	60 ± 10	97,1
1760	23 ± 5	< 0,5	< 2,1	< 0,5	< 2,2	< 0,4	< 1,7	20 ± 4	> 93,9
424	95 ± 19	3,3 ± 0,3	3,5	0,7 ± 0,1	0,8	1,4 ± 0,3	1,5	90 ± 18	94,3
365	23 ± 5	< 0,4	< 1,8	< 0,2	< 0,7	< 0,4	< 1,6	24 ± 5	> 95,9
258	66 ± 13	2,9 ± 0,3	4,4	< 0,2	< 0,3	1,2 ± 0,2	1,9	63 ± 12	93,5
97	27 ± 5	< 0,4	< 1,8	< 0,4	< 1,6	< 0,3	< 1,4	24 ± 5	> 95,2
113	76 ± 15	2,2 ± 0,2	3,0	< 0,4	< 0,5	1,4 ± 0,2	2,0	70 ± 14	94,5
189	42 ± 8	0,8 ± 0,1	< 1,8	< 0,1	< 0,3	< 0,5	< 1,1	43 ± 8	> 96,8
1187	34 ± 6	< 0,5	< 1,5	< 0,5	< 1,7	< 0,4	< 1,4	28 ± 5	> 95,3
<i>Среднее, %**</i>			2,3		< 1,0		1,4		95,4
<i>Южная часть СИП</i>									
5	49 ± 10	1,8 ± 0,4	3,5	< 0,3	< 0,6	0,5 ± 0,1	1,0	50 ± 10	94,8
7	31 ± 6	< 0,1	< 0,5	< 0,2	< 0,7	< 0,2	< 0,5	28 ± 5	> 98,3
8	34 ± 7	0,5 ± 0,1	1,8	< 0,2	< 0,7	< 0,1	< 0,4	29 ± 6	> 97,1
9	42 ± 8	1,6 ± 0,4	3,9	< 0,2	< 0,5	0,8 ± 0,2	1,9	38 ± 7	93,6
10	49 ± 10	0,6 ± 0,1	1,3	< 0,2	< 0,4	< 0,2	< 0,3	48 ± 10	> 98,0
<i>Среднее, %**</i>			2,2		< 0,6		0,8		96,4

Таблица 3/3.

Содержание форм нахождения радионуклида <sup>137</sup>Cs (Бк/кг, % доля от суммарного содержания всех форм).

№ точки	Содержание <sup>137</sup> Cs в почве	Обменная форма (1М CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> )		Органическая форма (0,1 н NaOH)		Подвижная форма (1М HCl)		Прочносвязанная форма (почва)	
		Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
<i>"Фоновые" территории</i>									
<i>Зоны прохождения "следов"</i>									
Термоядерное испытание от 12.08.1953г (400 кт) (юго-восточная территория СИП)									
1173	335 ± 65	1,7 ± 0,2	0,5	< 0,4	< 0,1	0,6 ± 0,1	0,2	330 ± 65	99,2
1274	475 ± 100	2,7 ± 0,5	0,5	< 0,6	0,1	1,4 ± 0,3	0,3	490 ± 100	99,1
1520	580 ± 110	2,4 ± 0,5	0,4	< 0,2	0,03	2,2 ± 0,4	0,4	580 ± 110	99,2
1748	130 ± 30	1,2 ± 0,2	0,9	< 0,5	< 0,3	0,6 ± 0,1	0,4	140 ± 30	98,4
1745	210 ± 40	1,7 ± 0,3	0,9	< 0,4	< 0,2	< 0,4	0,2	200 ± 40	> 98,7
1711	240 ± 45	1,1 ± 0,1	0,5	< 0,3	< 0,2	1,6 ± 0,2	0,7	215 ± 40	98,6
1915	85 ± 17	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,4	90 ± 20	> 98,4
725	40 ± 7	< 0,2	< 0,7	< 0,1	< 0,4	< 0,4	< 0,9	37 ± 7	> 98,0
838	140 ± 30	< 0,6	< 0,4	< 0,4	< 0,2	0,8 ± 0,2	0,5	160 ± 30	> 98,9
761	90 ± 10	0,7 ± 0,1	0,8	< 0,4	0,5	< 0,4	< 0,5	84 ± 10	> 98,2
855	180 ± 35	3,5 ± 0,7	2,0	< 0,4	< 0,2	< 0,5	< 0,3	180 ± 35	> 97,5
<i>Среднее, %**</i>			0,7		<0,3		0,4		98,6
Наземное ядерное испытание от 24.09.1951г (38 кт) (южная территория СИП)									
1	100 ± 20	1,0 ± 0,2	1,1	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	90 ± 18	> 98,1
2	100 ± 20	0,6 ± 0,1	0,5	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	103 ± 20	> 98,9
3	93 ± 19	1,9 ± 0,2	2,1	< 0,3	< 0,3	0,5 ± 0,1	0,6	87 ± 17	97,0
4	150 ± 30	2,7 ± 0,3	2,1	< 0,3	< 0,3	0,4 ± 0,1	0,3	126 ± 25	97,4
6	56 ± 11	0,6 ± 0,1	1,1	< 0,3	< 0,5	< 0,2	< 0,3	52 ± 11	> 98,1
<i>Среднее, %**</i>			1,4		<0,3		<0,4		97,9

\* - среднее содержание радионуклида в почвах исследуемой зоны СИП

\*\* - не определяли

\*\* - При расчетах относительного содержания форм нахождения радионуклидов результаты определения удельной активности радионуклидов в вытяжках менее предела обнаружения методики принимались равными пределу обнаружения

Полученные количественные данные относительного содержания обменной и подвижной формы радионуклида <sup>137</sup>Cs в почвах выявили уменьшение растворимости радионуклида в почвах зон "следов" в сравнении с фоновыми участками "юго-восточной" и "южной" части СИП. Содержание обменной формы <sup>137</sup>Cs в почвах "юго-восточной" уменьшается в 3 раза (от 2,3% до 0,7%), подвижной формы – в 3,5 раза (от 1,4% до 0,4%). В "южной" части СИП снижение доли обменной формы отмечается в 1,5 раза (от 2,2% до 1,4%), подвижной формы – не менее чем в 2 раза (от 0,8% до 0,4%). В зоне "следа" от термоядерного испытания 1953 г, изменение более выражено, чем на "следе" от наземного ядерного испытания 1951 г. Ряд авторов считают подвижным и доступным для растений

суммарное количество радиоцезия, вытесняемого растворителями нейтральных солей и разбавленными кислотами (кислоторастворимого) [15–17]. Полученные нами данные согласуются с данными исследования накопления радионуклида <sup>137</sup>Cs зональными растениями на исследуемых территориях, выявивших различие в значениях коэффициентов накопления на "следах" выпадений и "фоновых" территориях [12–15].

Основное содержание радионуклида находится в прочносвязанном состоянии (не менее 93,1%), являющимся характерным для данного радионуклида. Это определено, в том числе, механизмом взаимодействия данного радионуклида с почвой.

Как известно, радионуклид  $^{137}\text{Cs}$  прочно сорбируется глинистыми минералами и слюдами, изоморфно замещающий в кристаллических структурах элемент К. Различия относительного содержания прочносвязанной формы  $^{137}\text{Cs}$  на "фоновой" территории и в зоне "следов" незначительны и находятся на уровне погрешности из-

мерений.

#### Формы нахождения радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$

Результаты исследования радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  представлены в таблице (Табл. 4)

Таблица 4/1.

Содержание форм нахождения радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  (Бк/кг, % доля от суммарного содержания всех форм).

Точка отбора	Содержание $^{239+240}\text{Pu}$ в почве	Обменная форма (1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )		Органическая форма (0,1 н NaOH)		Подвижная форма (1М HCl)		Прочносвязанная форма (почва)	
		Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
<i>"Фоновые" территории</i>									
<i>Северная часть СИП</i>									
6	3,4 ± 0,6	< 0,02	< 0,8	-	-	< 0,02	< 0,7	2,5 ± 0,3	> 98,5
2	5,2 ± 1,0	< 0,02	< 0,3	-	-	0,06	0,9	6,9 ± 1,4	> 98,8
5	4,1*	< 0,02	< 0,9	-	-	< 0,04	< 1,7	2,3 ± 0,5	> 97,4
1	2,7 ± 0,5	< 0,02	< 1,7	-	-	< 0,05	< 3,9	1,1 ± 0,2	> 94,5
7	4,1*	< 0,02	< 0,1	-	-	< 0,02	< 0,1	20 ± 3	> 99,8
10	4,9 ± 0,9	< 0,02	< 0,9	-	-	< 0,02	< 1,0	2,0 ± 0,3	> 98,1
9	12 ± 2,5	< 0,02	< 0,3	-	-	0,05	0,8	7,0 ± 1,3	> 98,9
8	14 ± 3	< 0,02	< 0,1	-	-	0,05	0,2	20 ± 4	> 99,7
4	3,5 ± 0,6	< 0,02	< 0,5	-	-	< 0,02	< 0,7	3,2 ± 0,6	> 98,8
3	12 ± 2	< 0,03	< 0,3	-	-	0,09	1,0	8,9 ± 1,7	> 98,7
<i>Среднее, %**</i>			< 0,6				< 1,1		> 98,3
<i>Западная часть СИП</i>									
369	6,6 ± 1,3	< 0,02	< 0,5	-	-	< 0,02	< 0,4	4,6 ± 0,9	> 99,1
119	1,2 ± 0,2	< 0,02	< 0,3	-	-	< 0,02	< 0,2	0,8 ± 0,15	> 99,5
77	6,5*	< 0,02	< 0,4	-	-	< 0,02	< 0,4	5,9 ± 1,2	> 99,3
175	1,5 ± 0,2	< 0,03	< 2,0	-	-	< 0,02	< 1,8	1,3 ± 0,2	> 96,2
560	6,5*	< 0,03	< 0,4	-	-	< 0,04	< 0,5	7,5 ± 1,5	> 99,1
457	6,5*	< 0,03	< 0,2	-	-	< 0,02	< 0,2	14 ± 3	> 99,6
503	6,5*	< 0,04	< 0,8	-	-	< 0,02	< 0,4	4,8 ± 0,9	> 98,8
7	6,5*	< 0,02	< 1,5	-	-	< 0,02	< 1,4	1,4 ± 0,3	> 97,1
<i>Среднее, %**</i>			< 0,7				< 0,7		> 98,6
<i>Юго-восточная часть СИП</i>									
1052	20 ± 4	< 0,02	< 0,1	< 0,04	< 0,2	0,2 ± 0,01	0,6	23 ± 3	99,1
1159	7,7 ± 7	< 0,01	< 0,1	< 0,04	< 0,4	< 0,02	< 0,2	10 ± 2	> 99,3
1557	5,4*	< 0,02	< 0,04	0,3 ± 0,02	0,8	< 0,04	< 0,1	39 ± 5	> 99,0
1670	5,4*	< 0,02	< 0,1	0,3 ± 0,02	1,3	0,1 ± 0,02	0,5	20 ± 3	98,1
2132	7,4 ± 1,5	< 0,03	< 0,2	0,1 ± 0,01	0,6	< 0,03	< 0,2	16 ± 3	> 99,0
2110	18 ± 3	< 0,02	< 0,1	0,7 ± 0,03	3,0	0,07 ± 0,01	0,3	22 ± 3	96,6
2302	13 ± 3	< 0,02	< 0,1	0,1 ± 0,02	0,7	0,2 ± 0,02	1,1	19 ± 3	98,1
1187	< 4,2	< 0,01	< 0,2	0,1 ± 0,01	3,0	< 0,03	< 0,8	4,0 ± 0,8	> 96,1
<i>Среднее, %**</i>			< 0,1		1,6		0,5		> 98,2

Таблица 4/2.

Содержание форм нахождения радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  (Бк/кг, % доля от суммарного содержания всех форм).

№ точки	Содержание $^{137}\text{Cs}$ в почве	Обменная форма (1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )		Органическая форма (0,1 н NaOH)		Подвижная форма (1М HCl)		Прочносвязанная форма (почва)	
		Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
<i>"Фоновые" территории</i>									
<i>Южная часть СИП</i>									
5	9,0 ± 1,9	< 0,01	< 0,17	< 0,02	< 0,19	< 0,01	< 0,16	8,1 ± 1,6	> 99,5
7	4,6*	< 0,01	< 0,15	< 0,01	< 0,18	< 0,05	< 0,6	7,4 ± 1,5	> 99,0
8	4,7 ± 1,2	< 0,01	< 0,36	< 0,01	< 0,41	< 0,01	< 0,23	3,6 ± 0,7	> 99,0
9	5,4 ± 1,7	< 0,01	< 0,20	< 0,04	< 0,64	< 0,05	< 0,8	5,8 ± 1,1	> 98,3
10	9,2 ± 2,2	< 0,013	< 0,13	0,06 ± 0,01	0,6	< 0,01	< 0,09	9,8 ± 1,9	> 99,1
<i>Среднее, %**</i>			< 0,2		< 0,4		< 0,4		> 99,0
<i>Зоны прохождения "следов"</i>									
Термоядерное испытание от 12.08.1953г (400 кт) (юго-восточная территория СИП)									
1173	72 ± 8	< 0,01	< 0,02	< 0,08	< 0,1	0,07 ± 0,01	0,1	88 ± 8	99,8
1274	77 ± 10	< 0,01	< 0,01	0,4 ± 0,03	0,3	0,1 ± 0,02	0,1	130 ± 30	99,6
1520	137 ± 11	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,04	0,1 ± 0,01	0,1	117 ± 10	99,9
1745	31 ± 6	< 0,01	< 0,03	0,7 ± 0,05	1,5	0,8 ± 0,06	1,8	43 ± 5	96,7
1711	58 ± 8	< 0,01	< 0,01	0,3 ± 0,02	0,6	< 0,04	< 0,1	55 ± 11	99,3
1915	29 ± 4	< 0,01	< 0,1	< 0,05	< 0,2	< 0,04	< 0,2	22 ± 3	> 99,5
725	7,0 ± 1,5	0,3 ± 0,02	2,2	0,4 ± 0,03	3,1	0,4 ± 0,04	3,2	11 ± 3	91,4
838	31 ± 6	0,1 ± 0,02	0,2	0,1 ± 0,02	0,2	0,1 ± 0,02	0,3	43 ± 7	99,2
761	19 ± 3	0,2 ± 0,02	0,9	0,2 ± 0,02	1,0	0,2 ± 0,03	1,0	18 ± 3	97,1
855	45 ± 5	< 0,05	< 0,1	0,1 ± 0,02	0,3	0,1 ± 0,02	0,3	37 ± 7	99,2
<i>Среднее, %**</i>			0,4		0,7		0,7		98,2
Наземное ядерное испытание от 24.09.1951г (38 кт) (южная территория СИП)									
1	19,3*	< 0,01	< 0,03	< 0,01	< 0,04	< 0,016	< 0,04	36 ± 7	> 99,9
2	19,3*	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,03	< 0,03	< 0,06	52 ± 11	> 99,9
3	33 ± 4	< 0,01	< 0,04	0,06 ± 0,01	0,2	< 0,05	< 0,14	32 ± 4	> 99,6
4	55 ± 6	< 0,02	< 0,04	< 0,02	< 0,04	< 0,01	< 0,02	42 ± 6	> 99,9
6	18 ± 3	< 0,01	< 0,07	< 0,01	< 0,09	< 0,01	< 0,06	17 ± 3	> 99,8
<i>Среднее, %**</i>			< 0,04		< 0,01		< 0,01		> 99,8

\* - среднее содержание радионуклида в почвах исследуемой зоны СИП

\*\* - не определяли

\*\* - При расчетах относительного содержания форм нахождения радионуклидов результаты определения удельной активности радионуклидов в вытяжках менее предела обнаружения методики принимались равными пределу обнаружения

Особенностью поведения радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  в почвах исследуемых территорий является различие, хоть и незначительное, в содержании органических форм в зоне "следов" и фоновых территорий "юго-восточной".

На "северной" и "западной" территории СИП данных о содержании органической формы нет, так как исследование форм нахождения определяли по сокращенной схеме, исключающей выделение органически связанных

форм. В зоне "следа" от термоядерного испытания содержание органически связанной формы  $^{239+240}\text{Pu}$  в среднем равно 0,7%, на "фоновой" территории вдвое больше – 1,6% от суммарного содержания. Данный факт не противоречит данным, выявившим более низкие значения параметров перехода радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  в зональные растения, произрастающие на "следе" выпадения от термоядерного испытания относительно фоновых территорий "юго-восточной" части СИП [14, 15].

Нельзя исключать влияние относительного содержания органически связанной формы радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  в почве на корневое поступление радионуклида

в зональные растения данных территорий. Преобладающей формой радионуклида в почве является прочносвязанная форма (98,2% – 99,8%). В легкодоступной (обменной) форме радионуклид не обнаружен.

#### Формы нахождения радионуклида $^{241}\text{Am}$

В таблице (Табл. 5) представлены результаты исследования форм нахождения радионуклида  $^{241}\text{Am}$ .

В связи с низким содержанием изучаемого радионуклида  $^{241}\text{Am}$  и характерной для данного радионуклида низкой растворимостью, определение растворимых форм радионуклида в почвах является сложной задачей.

Таблица 5/1.

Содержание форм нахождения радионуклида  $^{241}\text{Am}$  (Бк/кг).

Точка отбора	Содержание $^{241}\text{Am}$ в почве	Обменная форма (1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )	Органическая форма (0,1 н $\text{NaOH}$ )	Подвижная форма (1М $\text{HCl}$ )	Прочносвязанная форма (почва)
<i>"Фоновые" территории</i>					
<i>Северная часть СИП</i>					
6	0,6 ± 0,2	< 0,3	-	< 0,6	< 0,5
2	0,6 ± 0,2	< 0,3	-	< 0,3	< 0,6
5	< 0,7	< 0,3	-	< 0,6	< 0,6
1	1,1 ± 0,3	< 0,3	-	< 0,3	< 0,5
7	1,7 ± 0,4	0,2	-	< 0,6	<b>1,9 ± 0,3</b>
10	1,3 ± 0,3	0,4	-	< 0,3	< 0,7
9	0,7 ± 0,2	0,2	-	< 0,3	< 0,5
8	2,2 ± 0,4	< 0,3	-	< 0,4	<b>2,5 ± 0,4</b>
4	0,9 ± 0,3	< 0,3	-	< 0,2	< 0,4
3	1,2 ± 0,2	0,4	-	<b>0,8 ± 0,2</b>	< 0,5
<i>Западная часть СИП</i>					
369	1,3 ± 0,3	< 0,3	-	< 0,3	< 0,6
119	1,0 ± 0,3	< 0,6	-	< 0,3	< 0,5
77	< 0,8	< 0,5	-	<b>0,9 ± 0,2</b>	< 0,5
175	1,0 ± 0,4	< 0,8	-	< 0,3	< 0,5
560	1,4 ± 0,3	< 0,3	-	< 0,3	<b>1,0 ± 0,3</b>
457	0,7 ± 0,2	< 0,3	-	< 0,3	< 0,5
503	3,0 ± 0,4	< 0,4	-	<b>0,9 ± 0,2</b>	<b>1,1 ± 0,4</b>
7	1,3 ± 0,4	< 0,6	-	< 0,3	< 0,4
<i>Южная часть СИП</i>					
5	< 1,8	< 0,1	< 0,1	< 0,2	<b>1,1 ± 0,2</b>
7	< 2,4	< 0,1	< 0,1	< 0,2	< 0,5
8	< 1,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<b>0,6 ± 0,1</b>
9	< 1,3	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,2
10	< 1,8	< 0,1	< 0,18	< 0,2	<b>0,8 ± 0,2</b>

Таблица 5/2.

Содержание форм нахождения радионуклида <sup>241</sup>Am (Бк/кг).

Точка отбора	Содержание <sup>241</sup> Am в почве	Обменная форма (1М СН <sub>3</sub> СООNH <sub>4</sub> )	Органическая форма (0,1 н NaOH)	Подвижная форма (1М HCl)	Прочносвязанная форма (почва)
<i>"Фоновые" территории</i>					
<i>Юго-восточная часть СИП</i>					
937	4,4 ± 0,6	< 0,2	< 0,2	<b>1,8 ± 0,1</b>	<b>3,6 ± 0,3</b>
1052	4,4 ± 0,3	< 0,1	< 0,1	<b>0,8 ± 0,1</b>	<b>3,1 ± 0,3</b>
928	2,3 ± 0,5	< 0,2	< 0,2	<b>0,6 ± 0,1</b>	<b>1,2 ± 0,3</b>
1159	< 0,5	< 0,1	< 0,2	< 0,4	< 0,4
1557	< 0,52	< 0,1	< 0,2	< 0,2	< 0,3
1670	0,8 ± 0,2	< 0,1	< 0,2	<b>0,5 ± 0,1</b>	< 1,9
1760	1,8 ± 0,4	< 0,3	< 0,2	<b>0,5 ± 0,1</b>	< 1,7
2132	0,8 ± 0,2	< 0,1	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2110	1,1 ± 0,4	< 0,1	< 0,2	<b>0,7 ± 0,1</b>	< 0,2
2011	2,2 ± 0,5	< 0,1	< 0,3	<b>0,4 ± 0,1</b>	<b>1,7 ± 0,3</b>
2302	0,8*	< 0,1	< 0,1	<b>0,3 ± 0,1</b>	< 0,2
424	2,4 ± 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	<b>4,2 ± 0,4</b>
365	1,0 ± 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<b>1,1 ± 0,3</b>
258	< 0,7	< 0,1	< 0,1	<b>0,5 ± 0,1</b>	< 0,7
97	0,8 ± 0,2	< 0,1	< 0,2	< 0,3	< 0,6
113	1,7 ± 0,3	< 0,1	< 0,2	< 0,3	<b>1,0 ± 0,3</b>
189	0,9 ± 0,2	< 0,1	< 0,2	< 0,3	< 1,0
1187	0,8 ± 0,2	< 0,3	< 0,1	< 0,5	< 0,4
<i>Зоны прохождения "следа"</i>					
Термоядерное испытание от 12.08.1953г (400 кт) (юго-восточная территория СИП)					
1173	4,0 ± 0,8	< 0,2	< 0,2	<b>0,3 ± 0,1</b>	<b>4,3 ± 0,4</b>
1274	2,5*	< 0,2	< 0,2	<b>0,5 ± 0,1</b>	<b>9,5 ± 0,6</b>
1520	4,2 ± 0,6	< 0,1	< 0,2	<b>0,9 ± 0,1</b>	<b>5,4 ± 0,6</b>
1748	0,7 ± 0,2	< 0,1	< 0,2	<b>0,6 ± 0,1</b>	< 1,9
1745	3,2 ± 0,8	< 0,1	< 0,2	<b>1,2 ± 0,1</b>	<b>1,2 ± 0,3</b>
1711	4,5±1,0	< 0,1	< 0,2	<b>0,5 ± 0,1</b>	<b>2,0 ± 0,4</b>
1915	1,8 ± 0,4	< 0,2	< 0,3	<b>0,5 ± 0,1</b>	< 1,8
725	< 0,8	< 0,2	< 0,1	< 0,2	< 0,4
838	< 3,0	< 0,2	< 0,2	<b>0,7 ± 0,1</b>	<b>1,2 ± 0,3</b>
761	< 0,6	< 0,1	< 0,2	<b>0,3 ± 0,1</b>	< 0,4
855	< 3,0	< 0,1	< 0,2	<b>0,5 ± 0,1</b>	<b>1,2 ± 0,3</b>
Наземное ядерное испытание от 24.09.1951г (38 кт) (южная территория СИП)					
1	< 3,7	< 0,1	< 0,2	< 0,3	2,4 ± 0,1
2	< 3,7	< 0,1	< 0,1	<b>0,4 ± 0,1</b>	3,2 ± 0,2
3	< 3,3	< 0,1	< 0,2	< 0,2	2,0 ± 0,2
4	< 7,2	< 0,2	< 0,1	< 0,1	3,8 ± 0,3
6	< 1,9	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,4 ± 0,2

\*- среднее содержание радионуклида в почвах исследуемой зоны СИП

\*- не определяли

Жирным шрифтом выделены количественные данные



Недостаточные пределы обнаружения используемой аппаратуры и методики исследования не позволили достоверно рассчитать относительное содержание форм нахождения радионуклида  $^{241}\text{Am}$  в почвах.

В связи с этим, в таблице представлены только значения удельного содержания форм радионуклида.

Практически во всех образцах обменной и органической формы содержание радионуклида было определено на уровнях ниже предела обнаружения используемой методики и аппаратуры. Количественные содержания  $^{241}\text{Am}$  отмечены в кислотных вытяжках и в прочносвязанной форме. В зоне "следов" практически во всех образцах максимум содержания радионуклида приурочен к прочносвязанной форме, доля подвижной формы составляет от 5,0% до 36,8% от содержания прочносвязанной формы, за исключением точки 1745, где содержание прочносвязанной формы сопоставимо с подвижной формой радионуклида.

На "фоновых" территориях в большинстве образцов удельное содержание подвижной формы составляет долю не менее половины от содержания прочносвязанной формы, а в некоторых случаях превышает ее содержание. Сравнительный анализ форм нахождения исследуемых трансурановых радионуклидов позволяет сделать вывод о большей растворимости в почвах радионуклида  $^{241}\text{Am}$  относительно изотопов  $^{239+240}\text{Pu}$ .

#### Формы нахождения радионуклида $^{90}\text{Sr}$

Особый интерес представляют результаты исследования радионуклида  $^{90}\text{Sr}$ . Как правило, в почвах радионуклид  $^{90}\text{Sr}$  характеризуется высокой подвижностью и биологической доступностью, что обусловлено физико-химическими свойствами радионуклида и механизмами взаимодействия его с почвенными компонентами.

Результаты исследования по  $^{90}\text{Sr}$  представлены в таблице (Табл. 6).

Таблица 6/1.

Содержание форм нахождения радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  (Бк/кг, % доля от суммарного содержания всех форм).

Точка отбора	Содержание $^{90}\text{Sr}$ в почве	Обменная форма (1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )		Органическая форма (0,1 н NaOH)		Подвижная форма (1М HCl)		Прочносвязанная форма (почва)	
		Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
<i>"Фоновые" территории</i>									
<i>Северная часть СИП</i>									
6	12 ± 3	4,7 ± 0,4	51,4	-	-	< 2,0	< 21,5	2,5 ± 0,7	27,2
2	10*	5,1 ± 0,4	> 63,3	-	-	< 1,1	< 13,1	< 1,9	< 23,6
5	61 ± 12	44 ± 4	77,0	-	-	10 ± 1	17,7	3,0 ± 1,0	5,3
1	10*	4,7 ± 0,5	> 57,7	-	-	< 1,3	< 16,3	< 2,1	< 26,0
7	10*	6,0 ± 0,7	56,2	-	-	2,2 ± 0,6	20,3	< 2,5	< 23,4
10	10*	3,8 ± 0,4	> 57,5	-	-	< 1,1	< 16,9	< 1,7	< 25,6
9	10*	3,3 ± 0,5	46,2	-	-	< 1,4	< 20,1	< 2,4	< 33,6
8	19 ± 3	4,5 ± 0,5	> 60,9	-	-	< 1,2	< 16,1	< 1,7	< 23,0
4	10*	3,7 ± 0,4	> 63,8	-	-	< 0,7	< 11,9	< 1,4	< 24,3
3	10*	4,0 ± 0,5	> 62,4	-	-	< 1,0	< 15,7	< 1,4	< 22,0
<i>Среднее, %**</i>			>59,6%		-		< 17,0		< 23,4
<i>Западная часть СИП</i>									
369	8,1 ± 3,0	6,6 ± 0,7	60,4	-	-	2,3 ± 0,6	21,3	< 2,0	< 18,3
119	16 ± 3	3,8 ± 0,6	28,1	-	-	< 1,5	< 11,2	8,0 ± 3,0	60,7
77	6 ± 1,2	5,1 ± 0,6	50,4	-	-	2,8 ± 0,5	27,7	< 2,2	< 21,9
175	5,8*	1,5 ± 0,6	5,1	-	-	3,6 ± 0,5	11,9	25 ± 2	83,0
560	7,9 ± 3,0	4,1 ± 0,6	40,8	-	-	2,9 ± 0,8	29,2	3,0 ± 1,0	30,0
457	5,8*	2,0 ± 0,6	18,5	-	-	6,0 ± 0,6	56,8	< 2,6	< 24,6
503	8,2 ± 0,8	3,5 ± 2,0	35,2	-	-	2,6 ± 0,6	25,6	4,0 ± 1,0	39,2
7	2,8 ± 0,5	2,8 ± 0,6	> 42,8	-	-	< 1,5	< 23,2	< 2,2	< 34,0
<i>Среднее, %**</i>			35,2		-		25,9		39,0

Таблица 6/2.

Содержание форм нахождения радионуклида <sup>90</sup>Sr (Бк/кг, % доля от суммарного содержания всех форм).

№ точки	Содержание <sup>137</sup> Cs в почве	Обменная форма (1М CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> )		Органическая форма (0,1 н NaOH)		Подвижная форма (1М HCl)		Прочносвязанная форма (почва)	
		Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
<i>"Фоновые" территории</i>									
<i>Юго-восточная часть СИП</i>									
937	119 ± 20	2,6 ± 0,3	2,6	<0,6	< 0,6	1,1 ± 0,3	1,0	99 ± 19	95,8
1052	84,5 ± 20	< 0,3	< 0,5	6,5 ± 0,5	10,6	1,8 ± 0,3	2,9	53 ± 8	86,0
928	8,8 ± 1,3	4,6 ± 0,3	26,4	<0,4	< 2,3	2,5 ± 0,3	14,5	< 9,8	< 56,7
1159	21 ± 5	3,8 ± 0,3	16,4	<0,5	< 2,0	2,0 ± 0,4	8,6	17 ± 2,6	73,0
1557	5,5 ± 1,4	2,5 ± 0,4	34,4	<0,5	< 7,4	2,8 ± 0,3	37,9	2,0 ± 0,5	20,3
1670	< 8,3	1,5 ± 0,3	24,1	<0,5	< 7,6	1,5 ± 0,3	24,1	3,0 ± 1,0	44,1
1760	< 8,3	2,1 ± 0,3	42,5	<0,5	< 10,7	< 0,7	< 14,7	< 1,6	< 32,1
2132	11 ± 2	4,5 ± 0,4	50,1	<0,5	< 5,5	3,0 ± 0,3	34,2	< 0,9	< 10,1
2110	3,4 ± 0,8	1,9 ± 0,4	37,9	<0,5	< 9,3	1,3 ± 0,3	26,5	< 1,3	< 26,3
2011	4,0 ± 1,0	2,5 ± 0,3	46,1	<0,5	< 10,0	1,4 ± 0,3	25,3	< 1,0	< 18,5
2302	4,4 ± 0,9	2,9 ± 0,4	48,3	<0,6	< 9,2	1,3 ± 0,3	21,3	< 1,3	< 21,3
424	6,2*	5,3 ± 0,4	26,2	<0,5	< 2,6	3,7 ± 0,3	18,3	11 ± 3	52,8
365	6,2*	2,6 ± 0,3	13,8	<0,3	< 1,7	1,5 ± 0,3	8,2	< 14,4	< 76,3
258	8,5 ± 0,9	5,4 ± 0,4	31,4	<0,4	< 2,2	3,2 ± 0,3	18,8	< 8,2	< 47,7
97	8,3 ± 1,1	1,9 ± 0,3	17,1	<0,3	< 2,9	0,8 ± 0,2	7,4	< 8,0	< 72,6
113	6,2*	6,1 ± 0,4	23,0	<0,3	< 1,3	3,3 ± 0,3	12,2	17 ± 5	63,5
189	10,2 ± 2,0	5,1 ± 0,4	32,8	<0,4	2,5	2,4 ± 0,3	15,4	< 7,6	< 49,4
1187	4,1 ± 1,0	2,7 ± 0,3	21,3	<0,4	< 3,5	1,0 ± 0,3	7,7	< 8,7	< 67,5
<i>Среднее,%**</i>			27,5		< 5,1		16,6		50,8
<i>Южная часть СИП</i>									
5	5,1 ± 0,8	2,9 ± 0,3	19,3	< 0,5	< 3,6	1,5 ± 0,3	9,9	< 10,1	< 67,2
7	14,4*	1,3 ± 0,3	10,3	< 0,3	< 4,1	< 0,8	< 6,4	10 ± 4	79,2
8	14,4*	2,9 ± 0,3	14,5	< 0,6	< 3,2	< 0,6	< 2,8	16 ± 4	79,5
9	14,4*	3,6 ± 0,3	18,9	< 0,6	< 3,0	2,8 ± 0,4	14,6	12 ± 4	63,5
10	14,4*	3,6 ± 0,3	17,8	< 0,7	< 3,3	1,4 ± 0,3	7,1	14 ± 4	71,8
<i>Среднее,%**</i>			16,2		< 3,4		8,2		72,3
<i>Зоны прохождения "следа"</i>									
Термоядерное испытание от 12.08.1953г (400 кт) (юго-восточная территория СИП)									
1173	1750 ± 350	9,2 ± 0,4	0,6	< 1,0	< 0,1	4,2 ± 0,3	0,3	1500 ± 300	99,0
1274	2500 ± 400	3,9 ± 0,3	0,2	< 0,5	< 0,02	3,7 ± 0,4	0,2	2170 ± 390	99,6
1520	2400 ± 400	6,3 ± 0,4	0,3	< 0,5	< 0,02	4,3 ± 0,4	0,2	2400 ± 360	99,5
1745	650 ± 130	6,0 ± 0,4	0,9	< 0,7	< 0,1	2,2 ± 0,3	0,3	660 ± 130	98,7
1711	810 ± 160	2,7 ± 0,3	0,3	< 0,5	< 0,05	2,1 ± 0,3	0,2	1020 ± 150	99,5
725	118 ± 24	3,8 ± 0,3	2,7	< 0,4	< 0,3	2,6 ± 0,4	1,9	130 ± 25	95,1
838	430 ± 90	4,9 ± 0,3	0,8	< 0,4	< 0,1	3,9 ± 0,4	0,7	580 ± 130	98,4
761	240 ± 50	5,0 ± 0,4	2,3	< 0,7	< 0,3	4,2 ± 0,4	2,0	204 ± 40	95,4
855	520 ± 855	6,9 ± 0,4	1,1	48	7,9	5,1 ± 0,3	0,8	550 ± 110	90,2
<i>Среднее,%**</i>			1,0		< 1,0		0,7		97,3

Таблица 6/3.

Содержание форм нахождения радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  (Бк/кг, % доля от суммарного содержания всех форм).

№ точки	Содержание $^{137}\text{Cs}$ в почве	Обменная форма (1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )		Органическая форма (0,1 н $\text{NaOH}$ )		Подвижная форма (1М $\text{HCl}$ )		Прочносвязанная форма (почва)	
		Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
<i>"Фоновые" территории</i>									
<i>Зоны прохождения "следа"</i>									
Наземное ядерное испытание от 24.09.1951г (38 кт) (южная территория СИП)									
1	31,6*	5,3 ± 0,4	8,6	< 0,6	< 1,0	1,9 ± 0,4	3,1	54 ± 6	87,3
2	31,6*	4,4 ± 0,4	5,7	< 0,9	< 1,3	2,8 ± 0,6	3,7	68 ± 7	89,3
3	31,6*	3,5 ± 0,4	7,2	< 0,6	< 1,3	< 0,8	< 1,5	44 ± 9	89,9
4	66 ± 16	3,6 ± 0,3	4,6	< 0,4	< 0,5	2,3 ± 0,3	2,9	72 ± 8	92,0
6	31,6*	2,8 ± 0,3	8,8	< 0,5	< 1,6	< 0,4	< 1,2	29 ± 7	88,4
<i>Среднее, %**</i>			7,0		< 1,1		2,5		89,4
<i>Площадка "Опытное поле"</i>									
1	29000±3800	105 ± 15	0,3	< 2,6	< 0,01	126 ± 17	0,4	35000±4200	99,3
2	7600±1200	55 ± 5	0,7	< 1,3	< 0,02	55 ± 5	0,7	7800±1200	98,6

\* - среднее содержание радионуклида в почвах исследуемой зоны СИП

"- не определяли

\*\* - При расчетах относительного содержания форм нахождения радионуклидов результаты определения удельной активности радионуклидов в вытяжках менее предела обнаружения методики принимались равными пределу обнаружения

Таблица 6. Содержание форм нахождения радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  (Бк/кг, % доля от суммарного содержания всех форм).

Результаты исследования  $^{90}\text{Sr}$  выявили, наряду с прочносвязанными формами, наличие в почве значительных концентраций легкодоступных форм (обменная форма) и форм, представляющих потенциально доступный резерв для растений (подвижная форма). Причем, соотношение обменных и необменных форм радионуклида различно как для фоновых участков, так и для зон повышенного радиационного фона.

Максимальное содержание обменных и подвижных форм  $^{90}\text{Sr}$  отмечается в "северной" и "западной" территориях, в наименьшей степени подвергшихся влиянию выпадений от испытаний на СИП. Содержание обменной формы на "северной" территории составляет более 59,6 %, на "западной" территории – не менее 35,2 % от суммарного содержания всех форм. Доля подвижной формы составляет около 17% на "северной" и 25,9% на "западной" территории. Соответственно, данные территории характеризуются минимальными значениями содержания прочносвязанной формы  $^{90}\text{Sr}$  (менее 23,4 % и 39,0 %, соответственно). Для "западной" территории характерен значительный разброс данных относительно средних значений. На фоновые участки "юго-восточной" и "южной" территории СИП определенное влияние оказало

прохождение вблизи зон выпадений от наземных испытаний на площадке "Опытное поле". Так, на "юго-восточной" территории среднее содержание обменной формы радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  снижается до 27,5 %. Причем, минимальное содержание обменной формы  $^{90}\text{Sr}$  отмечается в точках, наиболее близко расположенных к границе "следа" (т. 1052, т. 937). Прочносвязанная форма составляет долю менее 51,6 %. В "южной" части СИП влияние "следа" более выражено: доля обменной формы здесь минимальна – 16,2 %, а доля прочносвязанной формы максимальна для рассматриваемых зон и достигает в среднем 72,3 % от суммарного содержания всех форм. На "юго-восточной" территории отмечается значительная вариабельность данных содержания форм нахождения радионуклидов, что обусловлено неоднородностью характера радионуклидного загрязнения почв данной территории.

В зонах прохождения "следов" выпадений от наземных ядерных испытаний на площадке "Опытное поле" поведение радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  принципиально отличается. Доминирующей становится прочносвязанная форма, содержание которой достигает 97,3 % на "юго-восточной" территории и 89,4 % – на "южной" территории. Среднее значение доли обменной формы  $^{90}\text{Sr}$  в зоне "следа" на "юго-восточной" территории уменьшается на два порядка относительно ее фоновых участков, а в "южной" части СИП – более чем в 2 раза. По характеру распределения

форм нахождения радионуклидов в почвах "следы" выпадений от наземных испытаний схожи с площадкой "Опытное поле", что является закономерным. Отметим, что площадка "Опытное поле" характеризуется минимальными значениями параметров относительной подвижности и биологической доступности радионуклидов в почвах на СИП [18].

На рисунке (Рис. 2) показана зависимость растворимости радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в почве на оси "следа" термоядерного наземного испытания 1953 г от расстояния от площадки П-1 – места проведения испытания. На оси "следа" от термоядерного испытания было выявлено тенденция увеличения доли обменной и подвижной форм радионуклида на участках, максимально удаленных от эпицентра испытания (точки 838, 855). Представленные результаты исследования согласуются с результатами исследований, выявивших увеличение параметров накопления радионуклидов зональными растениями вдоль оси данного "следа" по мере удаления от эпицентра испытания [19].

Таким образом, формы нахождения радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  выявляют принципиально иной характер радионуклидного загрязнения почв условно "фоновых" территорий СИП, подвергшихся глобальным выпадениям и радиоактивным выпадениям от местных наземных ядерных испытаний.

### Заключение

На основании результатов, полученных в ходе исследования условно "фоновых" территорий СИП, подвергшихся различным источникам загрязнения – глобальным выпадениям и радиоактивным выпадениям от местных наземных ядерных испытаний на площадке "Опытное поле", были выявлены следующие особенности:

- отмечены различия в содержании обменной и подвижной формы радионуклида на "фоновых" территориях и зонах "следов", которые могут обуславливать различную биологическую доступность  $^{137}\text{Cs}$ , для растений, произрастающих на данных территориях. Выявлено

- уменьшение доли обменной и подвижной формы радионуклида в зоне "следов" выпадений от наземных ядерных испытаний "юго-восточной" (в 3 и 3,5 раза, соответственно) и "южной" (в 1,5 и 2 раза, соответственно) части СИП относительно их "фоновых" территорий, не подвергшихся влиянию местных испытаний. При этом в зоне "следа" от термоядерного испытания 1953г, данное изменение более выражено, чем на "следе" от наземного ядерного испытания 1951г. Преобладающее содержание радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в почвах исследуемых территорий находится в прочносвязанной форме (не менее 93%), что является для данного радионуклида характерным;

- выявлено незначительное различие в количественном содержании органической фракции радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  на "юго-восточной" части СИП, которая в зоне "следа" от термоядерного наземного испытания 1953 г составляет 0,7%, на "фоновой" части данной территории в два раза больше – 1,6%. В легкодоступной (обменной) форме радионуклид не обнаружен. Радионуклид  $^{239+240}\text{Pu}$  в почвах условно "фоновой" территорий СИП представлен преимущественно в прочносвязанной форме (не менее 98%);

- количественные содержания  $^{241}\text{Am}$  отмечены в кислотных вытяжках и в прочносвязанной форме. В зоне "следов" максимум содержания радионуклида приурочен к прочносвязанной форме. На "фоновых" территориях отмечено незначительное увеличение доли подвижной формы радионуклида относительно зон "следов", а в некоторых случаях преобладание ее по содержанию над прочносвязанной формой. В обменной и органической форме радионуклид  $^{241}\text{Am}$  не обнаружен;

- количественное соотношение форм нахождения радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в почвах на условно "фоновых" территориях СИП неоднородно. На фоновых зонах ("северная" и "западная" части) СИП почвы характеризуются максимальным содержанием обменной (в среднем не менее 59,6% и 35,2%) и подвижной (17,0% и 25,9%) форм радионуклида. На участках, расположенных вблизи зон прохождения "следов" радиоактивных выпадений от наземных ядерных испытаний ("юго-восточная" и "южная" часть СИП), содержание обменной (27,5% и 16,2%) и по-

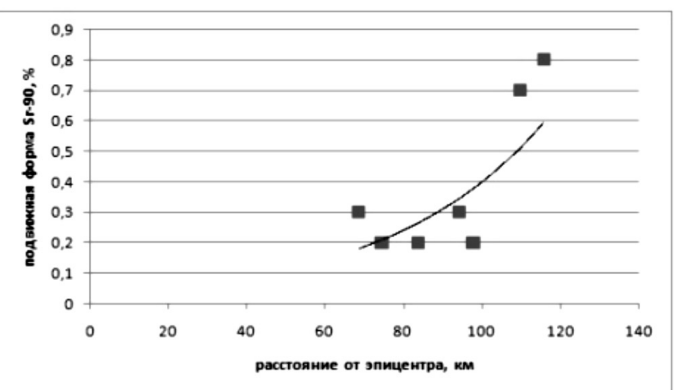
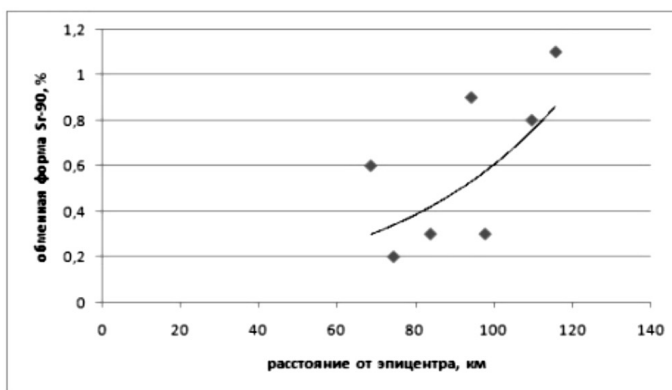


Рисунок 2. Увеличение относительного содержания обменной и подвижной формы радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в почве на оси "следа" по мере удаления от эпицентра взрыва.

движной (16,6% и 8,2%) форм значительно снижается. Зоны прохождения "следов" выпадений на "юго-восточной" и "южной" части СИП характеризуются минимальными значениями содержания обменной (1,0 и 7,0%) и подвижной (0,7% и 2,5%) форм радионуклида и преобладанием прочносвязанной (97,3% и 89,4%) формы, что соответствует по характеру площадке "Опытное поле" – месту проведения рассматриваемых наземных ядерных взрывов. Соответствующее изменение форм нахождения радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  отмечено вдоль оси "следа" от термоядерного наземного испытания 1953 года по мере удаления от эпицентра испытания (П–1). С увеличением расстояния выявлено незначительное увеличение доли обменной и подвижной форм радионуклида.

*Из всего вышесказанного определены следующие выводы:*

- ◆ Выявленные различия форм нахождения данных

радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в зонах "следов" наземных испытаний и на "фоновых" территориях, с содержанием радионуклидов на уровне глобальных выпадений незначительны. Имеющиеся данные применимы в качестве базовых критериев для характеристики форм нахождения данных радионуклидов в почвах условно "фоновых" территорий СИП. Это позволит оптимизировать работы по изучению форм нахождения радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в рамках дальнейших работ по исследованию условно "фоновых" территорий СИП.

- ◆ В условиях СИП формы нахождения радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в почвах являются показателем, определяющим различие характера радионуклидного загрязнения выпадениями от наземных ядерных испытаний и глобальными выпадениями. Данный показатель может быть применен в качестве дополнительного параметра для идентификации "следов" выпадений от наземных ядерных взрывов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павлоцкая Ф.И. Относительная подвижность, состояние и формы нахождения стронция-90, стабильного стронция и кальция в почвах / Ф.И.Павлоцкая. – Москва, 1973. – 39с.
2. Актуальные вопросы радиозологии Казахстана [Радиозологическое состояние "Северной" части территории Семипалатинского испытательного полигона] / под рук. Лукашенко С.Н.– вып. 1. – Павлодар: Дом печати, 2010. – 234с. – ISBN 978-601-7112-28-8.
3. Стрильчук Ю.Г. Радиозологическое состояние "западной" части территории СИП / Ю.Г. Стрильчук, О.В. Тоневская, Ю.Ю. Яковенко // Актуальные вопросы радиозологии Казахстана [Сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2010 г.] / под ред. С.Н. Лукашенко. – Т.2. – Вып. 3. – Павлодар: Дом печати, 2011. – С. 81–164.
4. Стрильчук Ю.Г. Радиозологическое состояние "юго-восточной" части территории СИП / Ю.Г. Стрильчук и др. // Актуальные вопросы радиозологии Казахстана [Сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2011–2012 гг.] / под ред. С.Н. Лукашенко. – Т.1. – Вып. 4. – Павлодар: Дом печати, 2013. – С. 15–116.
5. Республиканская Бюджетная программа 005 "Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан": отчет о РБП 005 (информационный) по договору № 2/3 20.02.2012 / ИРБЭ НЯЦ РК; рук. Лукашенко С.Н. – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 2012. – 178 с.
6. Почвы Казахской ССР. Павлодарская область. – Алма-Ата: Наука, 1960. – Вып. 3. – С. 265.
7. Почвы Казахской ССР. Карагандинская область. – Алма-Ата: Наука, 1967. – Вып. 8. – С. 330.
8. Почвы Казахской ССР. Семипалатинская область. – Алма-Ата: Наука, 1968. – Вып. 10. – С. 474.
9. Jeffrey R. Is there a future for sequential chemical extraction? / R. Jeffrey, Bacon, Christine M. Davidson // Analyst. – 2008. – P.25–46.
10. Пономарева В.В. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения) / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222с.
11. МИ 2143–91 № 5.06.001.98 Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. – Введ. 1998–06–02. – 1991. – 17с.
12. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного  $\beta$ -спектрометра с программным обеспечением "Прогресс" МВИ №40090.4Г006.
13. Методика выполнения измерений активности радионуклидов плутоний–238, плутоний–239+плутоний–240 в счетных образцах, приготовленных из проб объектов окружающей среды. Разработана ФГУП НПО Радиевый Институт им. В.Г. Хлопина.
14. Гребенщикова Н.В. Исследование закономерностей поведения радиоцезия в почвенно–растительном покрове Белорусского полесья после аварии на ЧАЭС / Н.В. Гребенщикова, С.К. Фирсакова, А.А. Новик [и др.] // Агрехимия. – 1992. – № 1. – С. 91–99.
15. Марей А.Н. Глобальные выпадения цезия–137 и человек / А.Н. Марей, Р.М. Бархударов, Н.Я. Новикова. – М.: Атомиздат, 1974. – 166 с.
16. Книжников В.А. Глобальные выпадения цезия как фактор облучения населения СССР после аварии на Чернобыльской АЭС / Книжников В.А., Бархударов Р.М., Брук Г.Я. // Материалы науч. конф. – Киев: Здоров'я, 1988. – С. 66.
17. Кундузбаева А.Е. Формы нахождения искусственных радионуклидов в почвах на территории площадки "Опытное поле". / А.Е. Кундузбаева, С.Н. Лукашенко, Р.Ю. Магашева // Сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2011–2012 гг. / под ред. С.Н. Лукашенко. – Т.2. – Вып. 4. – Павлодар: Дом печати, 2013. – С. 181–208.
18. Ларионова Н.В. Поступление радионуклидов из почвы в растения в зоне радиоактивных выпадений при прохождении радиоактивного облака ("след" от взрыва 1953 года. / Н.В. Ларионова [и др.] // Сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2011–2012 гг. / под ред. С.Н. Лукашенко. – Т.2. – Вып. 4. – Павлодар: Дом печати, 2013. – С. 159–166.

# МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ГАРМОНИЗАЦИЮ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ОБОРОТА ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

TECHNIQUE OF THE ASSESSMENT  
OF THE FACTORS INFLUENCING  
HARMONIZATION OF THE RUSSIAN  
AND INTERNATIONAL SYSTEMS  
OF THE TURN OF DANGEROUS  
CHEMICALS

*E. Vygolova*

**Annotation**

The structure of system of a turn of dangerous chemicals is given. Internal and external factors are listed. The rating assessment of factors is carried out and the most important factors influencing harmonization of systems of a turn of dangerous chemicals are revealed.

**Keywords:** harmonization, systems of a turn of dangerous chemicals, internal and external factors of harmonization, rating assessment of factors.

**Выгорова Екатерина Николаевна**  
Соискатель, Санкт-Петербургский  
университет государственной  
противопожарной службы

**Аннотация**

Приведена структура системы оборота опасных химических веществ. Перечислены внутренние и внешние факторы, осуществлена рейтинговая оценка факторов и выявлены наиболее важные факторы, влияющие на гармонизацию систем оборота опасных химических веществ.

**Ключевые слова:**

Гармонизация, системы оборота опасных химических веществ, внутренние и внешние факторы гармонизации, рейтинговая оценка факторов.

**Н**еобходимость гармонизации российской и европейской системы оборота опасных химических веществ (ОХВ) обусловлена растущими конкурентными экспортными возможностями российской промышленности в связи с девальвацией курса национальной валюты и падением цены на нефть в 2014–2015г., а также с введением в ЕС регламентов по обороту ОХВ, требующего от участников рынка химической продукции неукоснительного выполнения регулирующих актов. Вместе с тем, наблюдается отсутствие системного методологического подхода к решению этой проблемы.

В системы оборота опасных химических веществ входят различные организации (рис.1.).

Между всеми организациями существуют информационные связи, а посредством специализированных транспортных компаний осуществляется перевозка опасных химических веществ (на рис. 1. розовые стрелки).

Далее необходимо определить совокупность факторов, влияющих на гармонизацию отечественных и зарубежных систем оборота опасных химических веществ. Под фактором (лат. factor "делающий, производящий") подразумеваются поводы, причины, источники некоторо-

го процесса, определяющие его структуру и особенности развития [4].

**Номенклатура процессов**, протекающих в системах оборота опасных химических веществ, отображена на рис.2. Данные процессы должны проходить на территории РФ в полном соответствии с отечественным законодательством по обороту опасных химических веществ. Вместе с тем, для реализации опасных химических веществ за пределами Российской Федерации как экспортер в РФ, так и импортер в другой стране (например, в составе Европейского Союза), обязаны выполнить европейское законодательство, регламентирующее оборот опасных химических веществ.

**Факторы**, влияющие на гармонизацию систем оборота опасных химических веществ, имеют как внутреннюю, так и внешнюю природу.

**Внутренние факторы** – это условия обеспечения процессов системы оборота опасных химических веществ российского производства в юрисдикции РФ.

**Внешние факторы** – это условия обеспечения процессов системы оборота опасных химических веществ российского производства вне юрисдикции РФ (например, в ЕС).

*Внутренние факторы* на примере РФ следующие: факторы, обеспечивающие разработку химически опасных веществ в РФ; факторы, регламентирующие безопасное испытание химически опасных веществ российского производства в РФ; факторы, определяющие регистрацию химически опасных веществ российского производства в РФ; факторы, обеспечивающие эффективное производство химически опасных веществ российского производства в РФ; факторы, определяющие маркировку, этикетирование, упаковку химически опасных веществ российского производства в РФ; факторы, регламентирующие безопасную транспортировку химически опасных веществ российского производства в РФ; факторы, обеспечивающие эффективное потребление (эксплуатацию, реализацию, хранение) химически опасных веществ российского производства в РФ; факторы, регламентирующие безопасную утилизацию химически опасных веществ российского производства в РФ.

*Внешние факторы* на примере ЕС следующие: факторы, определяющие регистрацию химически опасных веществ российского производства в ЕС; факторы, регламентирующие безопасную транспортировку химически опасных веществ российского производства в ЕС; факторы, обеспечивающие эффективное потребление (эксплуатацию, реализацию, хранение) химически опасных веществ российского производства в ЕС; факторы, регламентирующие безопасную утилизацию химически опасных веществ российского производства в ЕС.

Далее необходимо осуществить рейтинговую оценку представленных факторов. Под рейтингом (англ. rating) понимается числовой или порядковый показатель, который отображает важность или значимость анализируемого фактора[3] для объекта или явления, в данном случае, для гармонизации отечественной и международной систем оборота химически опасных веществ.

В ходе проведения рейтинговой оценки предлагается наибольшие значения присвоить факторам, обеспечивающим высокий уровень гармонизации отечественной и ЕС систем оборота ХОВ за счет предоставления наилучших условий для продвижения химически опасных веществ российского производства в системе оборота ХОВ Европейского Союза. Наименьшие значения рейтинговой оценки предлагается присвоить факторам, не затрагивающим процесс гармонизации отечественной и ЕС систем оборота ХОВ.

Расположим все выше перечисленные факторы с указанием их важности для гармонизации отечественной и международной систем оборота химически опасных веществ. Одной из заинтересованных сторон в этом процессе являются российские производители химически опасных веществ.

В табл.1. рассмотренным факторам присвоены рейтинги в порядке убывания их важности с точки зрения Европейского Химического Агентства (ECHA) в части реги-



Рисунок 1. Система оборота опасных химических веществ.

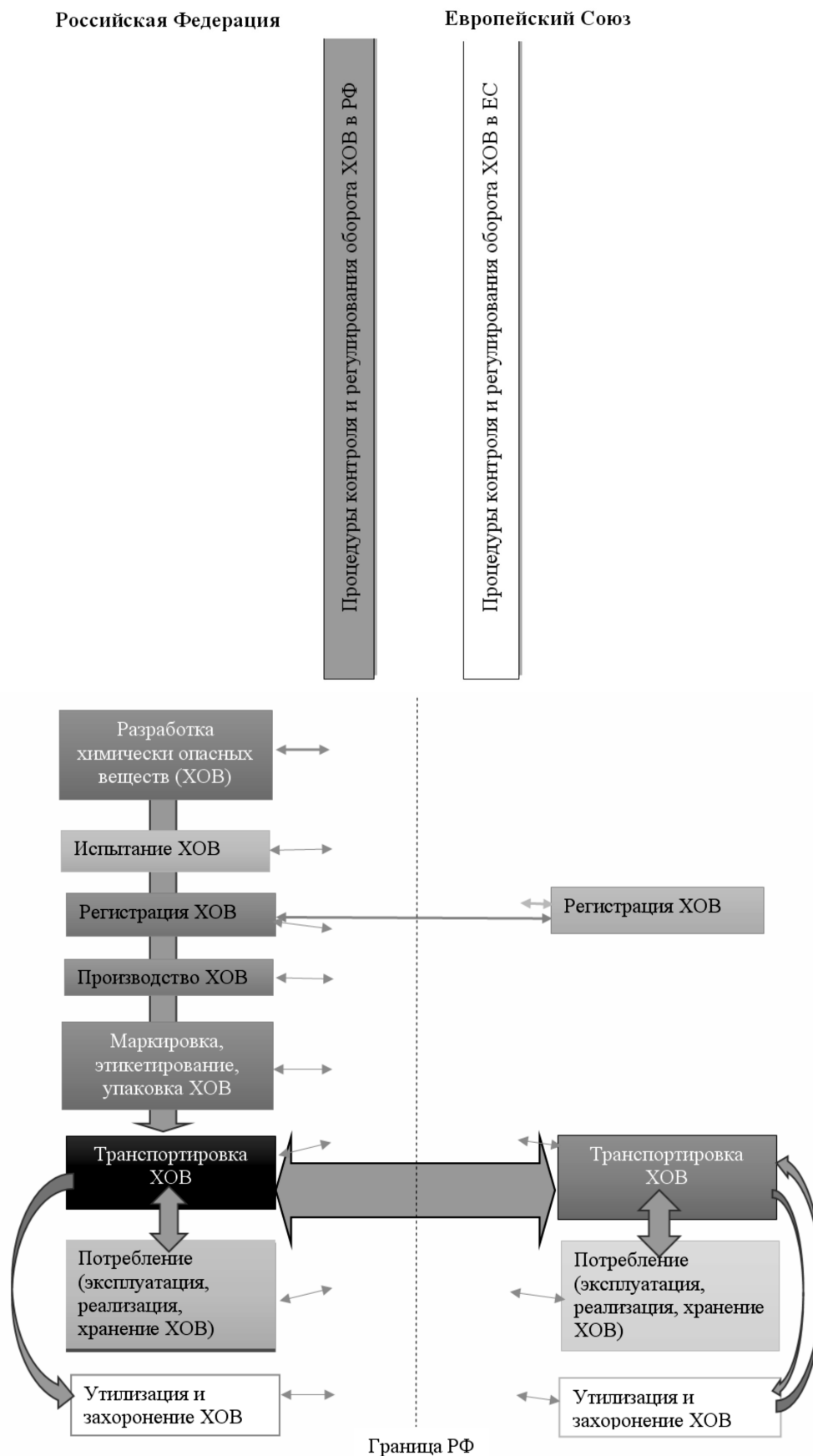


Рисунок 2. Схема взаимодействия элементов (процессов и процедур) отечественной и международных систем оборота химически опасных веществ на примере РФ и ЕС.



Таблица 1.

Рейтинговая оценка факторов, влияющих на гармонизацию отечественной и ЕС систем оборота химически опасных веществ с позиции ЕС и РФ.

№	Содержание фактора	Важность фактора с позиции ЕС	Нормированная важность фактора с позиции ЕС	Важность фактора с позиции РФ	Нормированная важность фактора с позиции РФ	Результирующая (усредненная) важность фактора
1	Факторы, обеспечивающие разработку химически опасных веществ в РФ	11	0,08	10	0,17	0,125
2	Факторы, регламентирующие безопасное испытание химически опасных веществ российского производства в РФ	9	0,25	4	0,67	0,46
3	Факторы, определяющие регистрацию химически опасных веществ российского производства в РФ	12	0	9	0,25	0,125
4	Факторы, обеспечивающие эффективное производство химически опасных веществ российского производства в РФ	6	0,5	2	0,83	0,665
5	Факторы, определяющие маркировку, этикетирование, упаковку химически опасных веществ российского производства в РФ	2	0,83	8	0,33	0,58
6	Факторы, регламентирующие безопасную транспортировку химически опасных веществ российского производства в РФ	7	0,42	3	0,75	0,585
7	Факторы, обеспечивающие эффективное потребление (эксплуатацию, реализацию, хранение) химически опасных веществ российского производства в РФ	8	0,33	1	0,92	0,625
8	Факторы, регламентирующие безопасную утилизацию химически опасных веществ российского производства в РФ	10	0,17	11	0,08	0,125
9	Факторы, определяющие регистрацию химически опасных веществ российского производства в ЕС	1	0,92	12	0	0,46
10	Факторы, регламентирующие безопасную транспортировку химически опасных веществ российского производства в ЕС	3	0,75	5	0,58	0,665
11	Факторы, обеспечивающие эффективное потребление (эксплуатацию, реализацию, хранение) химически опасных веществ российского производства в ЕС	4	0,67	6	0,5	0,585
12	Факторы, регламентирующие безопасную утилизацию химически опасных веществ российского производства в ЕС	5	0,58	7	0,42	0,5

страции ХОВ и далее в части транспортировки, использования и утилизации ХОВ российского производства на территории ЕС с позиции безопасности населения и окружающей среды, потенциально подвергающимися угрозам со стороны данных опасных веществ.

Далее рейтинг факторов уменьшается по мере снижения угроз от использования опасных веществ в системе оборота ХОВ в РФ. В четвертой колонке табл. 1. полученные значения важностей нормированы, т.е. разделены на количество факторов [12].

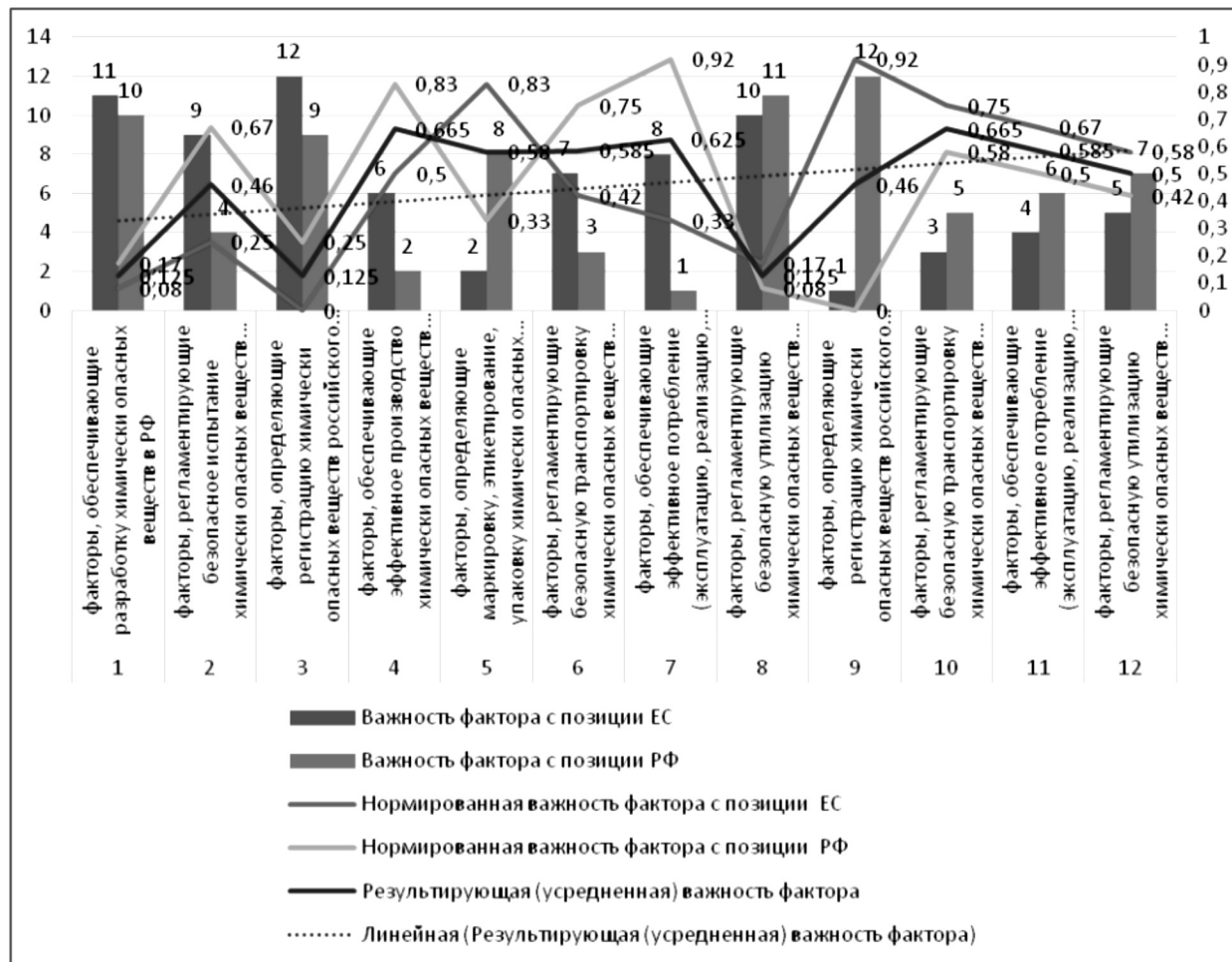


Рисунок 3. Зависимости рейтинговых оценок факторов гармонизации систем оборота химически опасных веществ с позиции ЕС, РФ, результирующая (усредненная) зависимость и ее линейный тренд.

Для организации поставок ХОВ в количестве от 1 тонны на территорию стран ЕС производителю необходимо в соответствие с регламентом REACH [2] осуществить регистрацию своей продукции через выбранного им в ЕС единственного торгового представителя данного российского предприятия. Это является важным фактором гармонизации. В идеальном случае процедуры регистрации ХОВ в ЕС и РФ должны быть идентичными и не дублироваться, как на современном этапе. Однако, на настоящий момент в соответствующих государственных органах РФ прослеживается тенденция узковедомственной политики в этой сфере, которая проявляется в рассогласованных документах из различных госорганов по одному и тому же вопросу, что существенно замедляет процесс гармонизации с соответствующими международными системами оборота ХОВ[1]. В этой связи в табл. 1. также отражен этот подход, влияющий на рейтинговую оценку факторов. Далее в последней колонке осуществлено усреднение двух подходов: регулирующих органов ЕС и РФ по контро-

лю за оборотом химически опасных веществ на вверенных территориях. На рис.3. представлены зависимости рейтинговых оценок факторов гармонизации систем оборота опасных химических веществ с позиции ЕС, РФ, результирующей усредненной зависимости и ее линейного тренда. Возрастающий линейный тренд (голубая пунктирная линия) показывает постепенно нарастающую тенденцию гармонизации в направлении повышения важности факторов, связанных с оборотом химически опасных веществ российского производства на территории Европейского Союза.

#### Заключение

Таким образом, в данной статье представлена совокупная рейтинговая оценка с позиции регулирующих органов РФ и ЕС по контролю за оборотом ХОВ и российских производителей химически опасных веществ, в связи с которой наиболее важными являются факторы,

обеспечивающие эффективное производство химически опасных веществ российского производства в РФ; факторы, регламентирующие безопасную транспортировку химически опасных веществ российского производства в ЕС и РФ; факторы, обеспечивающие эффективное потребление (эксплуатацию, реализацию, хранение) хими-

чески опасных веществ российского производства в РФ и ЕС. Выявлена нарастающая тенденция гармонизации систем оборота ХОВ в направлении повышения важности факторов, связанных с оборотом химически опасных веществ российского производства на территории Европейского Союза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зажигалкин А.В. Нормативно-правовое обеспечение химической безопасности РФ. Методы, оценки, соответствия. №3-2011, [www.ria-stk.ru/mos/](http://www.ria-stk.ru/mos/).
2. Инструкция ECHA по подготовке и проведению процедур регистрации [www.reach.ru](http://www.reach.ru)
3. Рейтинг. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3>.
4. Фактор. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D4%E0%EA%F2%EE%F0>.

© Е.Н. Выголов, ( [keetoo@mail.ru](mailto:keetoo@mail.ru) ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

# ЧИСТАЯ ВОДА

Реклама

7-я специализированная выставка и конгресс  
**КАЗАНЬ, 2016**

**23-25 ноября**

12+

**Организатор:**  
ОАО «Казанская ярмарка»

**При поддержке:**  
Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан,  
Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан,  
Федерального агентства водных ресурсов,  
ФГУ «СРЕДВОЛГАВОДХОЗ»

ОАО «Казанская ярмарка»  
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,  
тел.: (843) 570-51-11, 570-51-27,  
E-mail: [d1@expokazan.ru](mailto:d1@expokazan.ru), [www.waterkazan.ru](http://www.waterkazan.ru)

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
ISO 9001  
КАЗАНСКАЯ  
ЯРМАРКА

# АВТОНОМНЫЙ АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НА НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ СТАЦИОНАРНЫХ И НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ

AUTONOMIC ALTERNATIVE SOURCE OF SUPPLY TO NON-TRADITIONAL RENEWABLE SOURCES OF ENERGY FOR REMOTE STATIONARY AND NON-STATIONARY SITES

A. Grigoriev  
G. Vervelakis

## Annotation

The article talked about the stages of design, production, implementation and operational period of autonomous alternative source of supply to non-traditional renewable sources of energy for remote sites. Far Eastern Federal District on the Kamchatka Peninsula. We give theoretical calculations during the design and the results of the maintenance period on the basis of an alternative source of statistical data collected.

**Keywords:** Energy, an alternative source of supply, renewable energy, wind energy, solar energy, nuclear energy, self-powered, RTG, extreme climatic conditions.

Григорьев Александр Сергеевич

К.т.н., НИЦ Курчатовский институт, г. Москва

Вервелакис Георгиос Менелаосович

Аспирант, НИЦ Курчатовский институт, г. Москва

## Аннотация

В статье говорится об этапах проектирования, изготовления, внедрения и эксплуатационном периоде автономного альтернативного источника электропитания на нетрадиционных возобновляемых источниках энергии для удаленных стационарных и нестационарных объектов. В частности, имеется ввиду дальневосточный федеральный округ на полуострове Камчатка. Приводятся теоретические расчеты на этапах проектирования и результаты эксплуатационного периода альтернативного источника на основе собранных статистических данных.

## Ключевые слова:

Энергетика, Альтернативный источник электропитания, возобновляемые источники энергии, ветроэнергетика, солнечная энергетика, атомная энергетика, автономное электропитание, РИТЭГ, экстремальные климатические условия.

## Введение

В настоящее время существуют множество различных удаленных специализированных технических сооружений в составе, которого имеется электрооборудование, требующее постоянное электроснабжение. Прокладка электросетей общего назначения для таких объектов экономически нецелесообразна и представляет собой значительные траты денежных средств. В случае смены географического местоположения объектов и демонтаж проложенных электросетей сетей принесет огромные затраты владельцу. Использование традиционных дизельных и пр. генераторов требует постоянного контроля наличия топлива, его подвоз и ежемесячную профилактику.

Описанная ниже разработка представляет собой полностью автономную энергетическую систему способную обеспечить потребителя необходимой электроэнергией в условиях экстремального климата. Практически не требует обслуживания и дополнительных затрат после установки, наладки и пуска системы. Данная энергетическая

система представляет собой альтернативу используемому сейчас традиционному источнику энергии как дизель генератор, РИТЭГ и др.

## Основная часть

РИТЭГ (радиоизотопный термоэлектрический генератор), **рис. 1** – источник электроэнергии, использующий тепловую энергию, выделяющуюся при естественном распаде радиоактивных изотопов и преобразующий её в электроэнергию с помощью термоэлектрогенератора.

Выходная мощность РИТЭГ достаточно мала (до нескольких сотен ватт) при небольшом КПД, но вполне пригодна для обеспечения требуемым количеством электроэнергии потребителя.

Срок службы установок может составлять 15–30 лет, у большинства из них на данный момент он закончился. РИТЭГ представляет собой потенциальную опасность, так как размещается в безлюдной местности и может быть похищен. Были зафиксированы случаи разуком-



Рисунок 1. РИТЭГ.

плектации РИТЭГов "охотниками" за цветными металлами, при этом сами похитители получили смертельную дозу облучения [1].

В настоящее время проходит процесс их демонтажа и утилизации под надзором Международного агентства по атомной энергии и при финансировании США, Норвегии и других стран. В данном случае при окончании производства РИТЭГ и его потенциальной угрозе как социальной, так и для окружающей среды, удаленные объекты необходимо обеспечить электропитанием. С подобной задачей прекрасно справляется разработанная система альтернативного источника питания (АИП).

АИП представляет собой автономный источник электропитания, где электроэнергия вырабатывается за счет возобновляемых источников энергии (солнца и ветра). Комплекс сконструирован таким образом, что может безаварийно и высокоэффективно эксплуатироваться во всех климатических зонах России.

В зависимости от природных условий территория России разделена на несколько климатических поясов. В табл. 1 представлены средние значения температуры воздуха и скорости ветра в зимние месяцы.

На данный момент использование АИПа в основном сосредоточено в зонах арктического пояса, умеренного пояса, где температура может колебаться от минус 50°C до 40°C. К примеру, температурные колебания для Петропавловск-Камчатского составляют от минус 31°C до 31°C, а для Дудинки от минус 56°C до 33°C.

Таблица 1.

Средние значения температуры воздуха и скорости ветра.

Климатический пояс	Температура воздуха зимних месяцев, °С	Скорость ветра, в зимние месяцы, м/с
Особый	-30	8 - 10
IV	-50	1,3
III	-30	3,6
I-II	-9	5,6

В комплексе АИПа используются энергии солнца и ветра [3].

Основная задача при проектировании и создании АИПа – бесперебойная работа комплекса, т.е. выработка требуемого количества электроэнергии в экстремальных условиях крайнего севера.

Комплекс АИПа состоит из солнечных батарей, ветрогенераторной установки, фундаментной основы для ветрогенераторной установки, фундаментной основы для контейнера, специализированного контейнера для обслуживания, климатического шкафа для электрооборудования. Электрическая часть комплекса включает в себя контроллер солнечных батарей, контроллер ветрогенераторной установки, систему распределительного-информационного устройства, аккумуляторные батареи, система интеллектуальной защиты АКБ, система оповещения о проникновении в комплекс, кабели для обвязки электрооборудования.

При проектировании комплекса учитываются климатические особенности местоположения планируемой эксплуатации.

Один из значимых факторов – тепловая защищенность комплекса, т.к. в состав оборудования входят аккумуляторные батареи, работа которых значительно зависит от температуры (рис. 3). А от температурного режима зависят более "тонкие" настраиваемые параметры системы такие как, ток заряда АКБ, максимальный ток нагрузки, напряжение системы, поддерживающее напряжение, включение максимального тока заряда в зависимости от состояния АКБ и температуры, параметры срабатывания защиты АКБ от перезаряда.

Мощностные характеристики комплекса АИПа рассчитываются исходя из потребностей электрооборудования заказчика. Основными параметрами является количество потребителей, мощность используемого электрооборудования и время автономной работы (отсутствие



Рисунок 2. Общий вид АИПа.

источников энергии ветра и солнца).

Ниже на рис. 2 представлен общий вид комплекса АИПа в одной из вариаций. В табл. 2 отображены технические характеристики комплекса.

Таблица 2.

Технические характеристики.

Общая номинальная пиковая мощность всех солнечных панелей (СП)	1040 Вт
Номинальная мощность ветроэнергетической установки (ВЭУ)	500 Вт
Количество солнечных панелей в батарее	8
Номинальное напряжение АКБ	27 В
Суммарная емкость АКБ	600 Ач
Тип АКБ	щелочные
Диапазон рабочих температур	от минус 50°С до 50°С

При проектировании данного комплекса выполнена задача по обеспечению потребляемой нагрузки 150Вт\*ч ежедневно в течение 5 часов, при времени автономной работы 6 суток. Для возможности сохранения выработанной электроэнергии с помощью СП и ВЭУ подобраны мощные необслуживаемые щелочные никель-кадмиевые аккумуляторы. В табл. 3 представлены характеристики аккумулятора.

При нагрузке 150 Вт и времени работы 5 часов в день ежедневно, в течение месяца нагрузка составляет

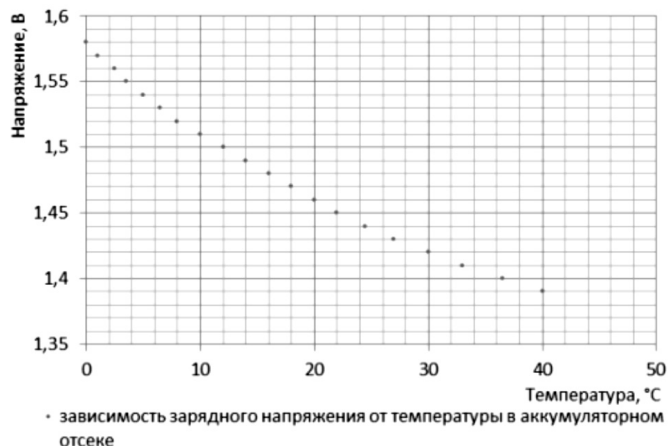


Рисунок 3. Зависимость зарядного напряжения аккумуляторов от температуры в аккумуляторном отсеке.

Таблица 3.

Характеристика аккумуляторной батареи.

Номинальное напряжение, В	1,2
Номинальная ёмкость, С5	300 Ач
Размеры аккумулятора, мм	171×118×356
Масса аккумулятора с электролитом, кг.	12,4

22,5кВт\*ч, а суточное потребление составляет 750 Вт\*ч.

В связи с особенностями эксплуатации и требованиями заказчика в системе используется напряжение 27 В, а глубина разрядки АКБ разрешена не более чем на 70%. Полная суточная нагрузка составляет 39,68 А\*ч. Для увеличения запаса по суточной нагрузке результат увеличивается вдвое 79,36А\*ч или ~ 80 А\*ч. Таким образом для автономной работы потребителя в течении 6 суток потребуется емкость 80 А\*ч.

Существует зависимость зарядного напряжения аккумуляторов от температуры в аккумуляторном отсеке (рис. 3).

В связи с особенностями климатического пояса целесообразно увеличить емкость аккумуляторов. Получается, что для гарантированной бесперебойной и автономной работы потребителя в течение 6 суток потребуется аккумуляторная сборка на 600 А\*ч при рабочем напряжении 27 В

Для расчета количества вырабатываемой энергии солнечными панелями необходимо знать её характерис-

тики. В представленном выше комплексе используется фотоэлектрическая панель со следующими характеристиками представленными в **табл. 4**.

**Таблица 4.**  
Характеристики солнечной панели.

Номинальная пиковая мощность, Вт	130
Общая площадь, м <sup>2</sup>	0.99
Габаритные размеры, мм	1490(±2) × 670(±2) × 36(±1)
Масса, кг	14.6
Рабочая температура, °С	от минус 40°С до 85°С

Для обеспечения системы энергией, сборка из солнечных панелей должна за один световой день выработать 750 Вт электроэнергии. Следовательно, сборка из солнечных модулей, с выходным напряжением 27 В и мощностью 130 Вт каждый, должна состоять из 8 модулей. Соединены солнечные панели параллельно/последовательно. Ниже приведен расчет вырабатываемой энергии сборки из солнечных модулей [4]. Расчет произведен по следующей формуле:

За один календарный месяц сборка солнечных панелей выработает 73,535 кВт в месяц. Суточная выработка составляет 2,451 кВт (за 1 световой день или около 8 ч в сутки). Выработка составит 11,35 А\*ч.

Это вполне достаточно для обеспечения электроэнергией емкость АКБ и удовлетворению потребностей автономной работы системы. Следует учитывать, что при расчете выработки значение  $E_{инс}$  было взято из статистических данных для широты 53.3 Петропавловск–Камчатский за месяц январь. Январь самый низкоэффективный месяц в году. Самый высокий по показателям эффективности месяц – март при условии вертикального расположения солнечной панели.

При достаточном ветровом потенциале в географии расположения АИП возможна установка дополнительно источника альтернативного питания как ветрогенератор, в данном случае был установлен вертикально–осевой ветрогенератор мощностью 500 Вт, технические характеристики (**табл. 5**). [2]

Ветрогенераторная установка используется как резервирование источника солнечной энергии. В ночное время при отсутствии солнечной инсоляции, но при наличии ветра – будет производиться подзарядка АКБ. При недостаточной дневной инсоляции, но при наличии ветра – будет также производиться подзарядка АКБ и питание потребителя.

**Таблица 5.**  
Технические характеристики ветрогенератора.

Мгновенная номинальная мощность	500 Ва
Номинальная скорость ветра	13,2 м/с
Стартовая скорость ветра	2 м/с
Рабочий диапазон температур	от минус 50°С до 50°С
Размеры турбины	1,2 × 2,3 м
Ометаемая площадь	1,6м <sup>2</sup>
Вес модуля	360 кг

Расположение аккумуляторов, управляющего, коммутационного и сигнального оборудования осуществляется в 10–футовом морском/“универсальном” контейнере. Морской контейнер удобен в транспортировке и дальнейшей доработке/модификации.

Для первого пояса теплозащиты контейнер был подвергнут доработке – внутреннее утепление стен, люка и дверей. Такая модификация позволяет сократить границы температурных колебаний окружающей среды и увеличить разницу температур внутри контейнера и на улице, которые могут повлиять на корректную работу оборудования расположенного в контейнере.

Логичный вопрос – почему не использовать для хранения оборудования подземные системы–хранилища, где температура изменяется в малом диапазоне, а температурные колебания низкие. Ответ достаточно очевиден – при перемещении объекта весь АИП можно перевезти за два подхода, а при использовании подземных сооружений необходима специальная техника, оборудование и строительные материалы для устройства нового хранилища, что многократно увеличивает финансовые расходы.

Для второго пояса тепловой защиты используется специально оборудованный тепло–, гидроизоляционный шкаф, с принудительной вентиляцией.

Отличительная черта установок АИПа в Северных регионах обусловлена коротким летним периодом или же вовсе вечной мерзлотой. Поэтому необходимо учитывать такие факторы как отсутствие дорог общего пользования, сложность установки в зимний период, экстремальные климатические условия в процессе эксплуатации.

Защищенность установки от агрессивного климата региона, достигается специально сконструированным контейнером, так же специальным исполнением оборудования (солнечных панелей, ветрогенератора, контроллеров и т.д.).

Малое время на установку и пуско-наладку АИПа обеспечивается заранее собранным и настроенным оборудованием на заводе изготовителе.

В зависимости от будущего географического расположения АИПа необходимы предварительный осмотр и подготовка площадки, для установки контейнера и ветрогенератора; расчистка территории, а так же подготовка фундамента или свай в зависимости от типа грунта. Для транспортировки готового АИПа на удаленную точку потребовался вертолет. На рис. 4 показано перемещение контейнера.



Рисунок 4. Транспортировка контейнера.

Для наиболее эффективного использования электрической энергии вырабатываемой солнечными панелями и ветрогенератором используются контроллеры токового заряда с функцией поиска точки максимальной мощности. Контроллеры также предохраняют аккумуляторные батареи от перезаряда, что предотвращает выведения их из строя.

В случае, когда емкость АКБ полностью заряжена, нагрузка потребителя включена и производится выработка электроэнергии с помощью ветрогенератора или солнечных панелей система перенаправляет электрический заряд от источников напрямую потребителю, что позволяет не разряжать АКБ.

В системе используются два контроллера соединенных параллельно один для солнечных панелей, а другой для ветрогенератора. Использование двух контроллеров позволяет в случае профилактических работ, поломки одного из контроллеров или других непредвиденных ситуаций оставлять системе шанс заряжать аккумуляторные батареи от одного из возобновляемых источников энергии.

В электрической системе АИПа используется специально разработанное распределительное информационное устройство (РИУ), которое необходимо для обеспечения правильного распределения электроэнергии между потребителем, источниками энергии и аккумуляторными батареями, так же РИУ используется для сбора данных по работе энергосистемы. На рис. 5 представлена принципиальная электрическая схема системы АИПа.

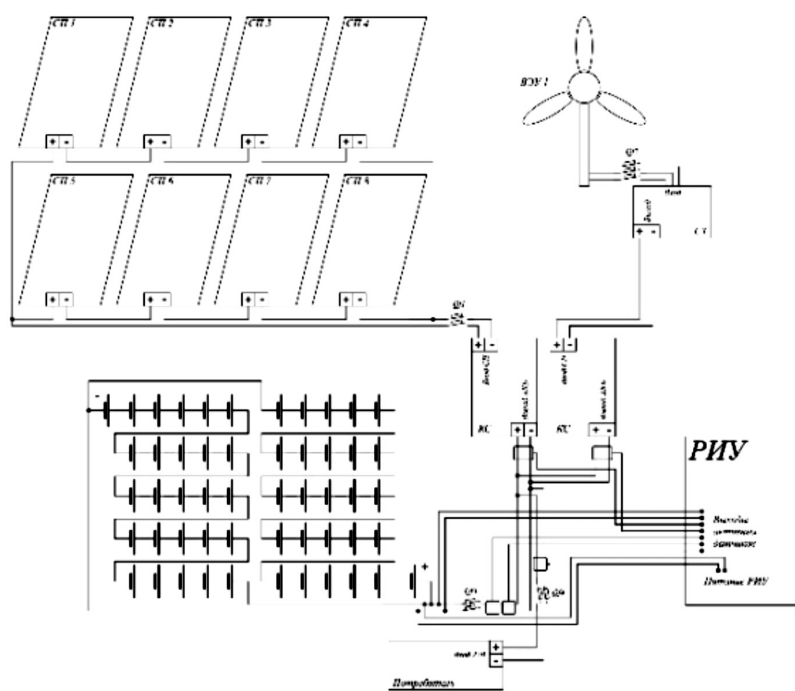


Рисунок 5. Принципиальная электрическая схема системы АИПа.



РИУ представляет собой сложную электронно–распределительную систему, в которую интегрирована система мониторинга и архивации параметров электронной составляющей источника АИП.

РИУ поставляется как отдельная сборочная единица. Все датчики контролируемые параметры работы АИПа и управляющие модули, спрятаны в одном корпусе. Такое технологическое решение связано с особенностями эксплуатации АИПа в зонах с экстремальными климатическими условиями.

Корпус РИУ влагозащищен, все электрические входы/выходы загерметизированы, что исключает попадание внутрь влаги и преждевременный выход из строя оборудования. Так же при проведении профилактических работ исключен контакт между сотрудником и управляющим оборудованием. Это предотвращает возможный преждевременный выход из строя модулей и датчиков. Такое технологическое решение повышает долговечность, безотказность и срок службы системы.

Система мониторинга (автоматического сбора данных и архивации) сделана на основе отечественного оборудования, унифицированных активных датчиков тока (5шт), напряжения (1шт) и пассивных датчиков температуры (3шт).

На рис. 6 показано расположение РИУ, контроллеров и АКБ в климатическом шкафу.



Рисунок 6. Расположение РИУ, контроллеров и АКБ в климатическом шкафу.

Система мониторинга позволяет получать реальные данные работы всей электрической системы АИПа в целом. Архив массива данных, возможно, скачать из модуля, который отвечает за сохранение данных с помощью

специализированного программного обеспечения, либо непосредственно с карты памяти, которую возможно извлечь на "горячую" из этого модуля. Так же в определенных модификациях возможно использование передачи данных по GSM/GPRS каналу, что позволяет получать данные в онлайн режиме.

Для настройки оборудования необходимо иметь специализированное программное обеспечение и достаточно высокую квалификацию для проведения работ по настройке, наладке и перенастройке управляющих модулей.

За основу системы мониторинга взят аппаратный комплекс, состоящий из программируемого логического контроллера со встроенным GSM модемом, модулем архивации и модуль сбора данных с датчиков.

В табл. 6 приведены основные технические характеристики РИУ.

Таблица 6. Основные технические характеристики РИУ-МСД.

Номинальное напряжение	24 В
Максимальное напряжение	36 В
Максимальный потребляемый ток	200 мА
Количество датчиков на аналоговые входы	9
Диапазон рабочих температур	от минус 40°С до 40°С

Мониторинг температур осуществляется 3мя датчиками для улицы, АКБ и шкафа. На рис. 7 показано расположение датчиков.

АИП эксплуатируется в течение года. На рисунке 8 представлен график температур за январь 2016 года, где видна работа теплозащитного контура (температуры улицы и внутри шкафа сильно отличаются):

- ◆ Красная кривая на графике отображает состояние температуры на улице. Датчик защищен от воздействия ветра и солнечных лучей, исключая искажение данных. Видны заметные колебания в течение дня и месяца.

- ◆ Синяя кривая на графике отображает состояние температуры внутри шкафа в верхней его области. В этой части шкафа установлено управляющее, распределительное, сигнальное оборудование и так же система мониторинга. Кривая визуально повторяет красную кривую, но с заметным меньшим диапазоном по верхним и нижним точкам. Разница по вертикали между уличной температурой и температурой внутри шкафа достигает порядка 8 – 10°С. Такая ощутимая разница говорит о том, что теплозащитенность контейнера работает.

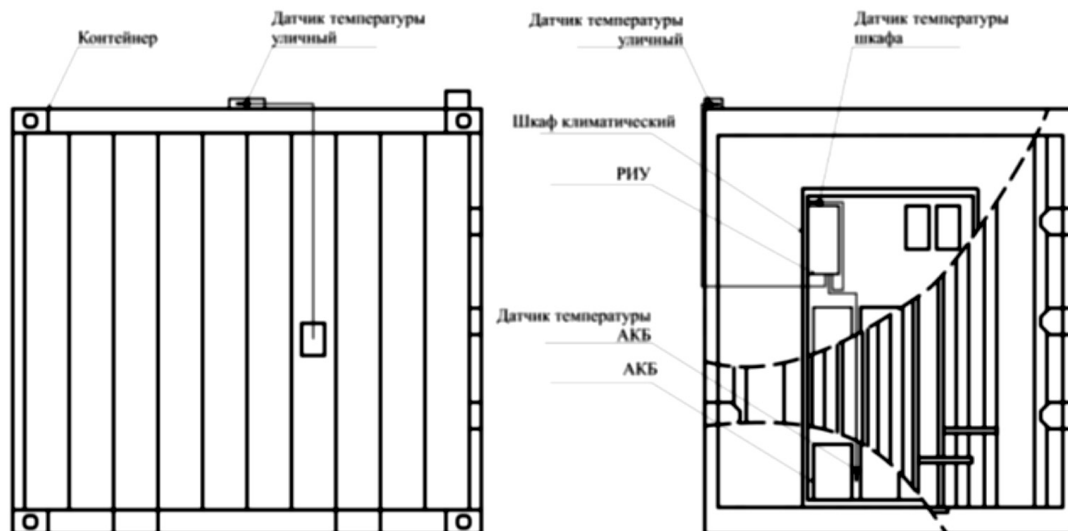


Рисунок 7. Расположения датчиков температуры.

♦ Зеленая кривая на графике отображает состояние температуры внутри шкафа в нижней части (область расположения АКБ). Кривая так же визуально повторяет красную и синюю кривые, но с еще более уменьшенным диапазоном по верхним и нижним точкам. Разница по вертикали с уличной температурой достигает порядка 10

– 12°C, а с температурой верхней части шкафа порядка 2 – 4°C.

Такой эффект возможен благодаря низкой тепловой инерционности АКБ (масса с электролитом составляет порядка 545,5 кг). Поэтому кривая получается более плавная относительно остальных.

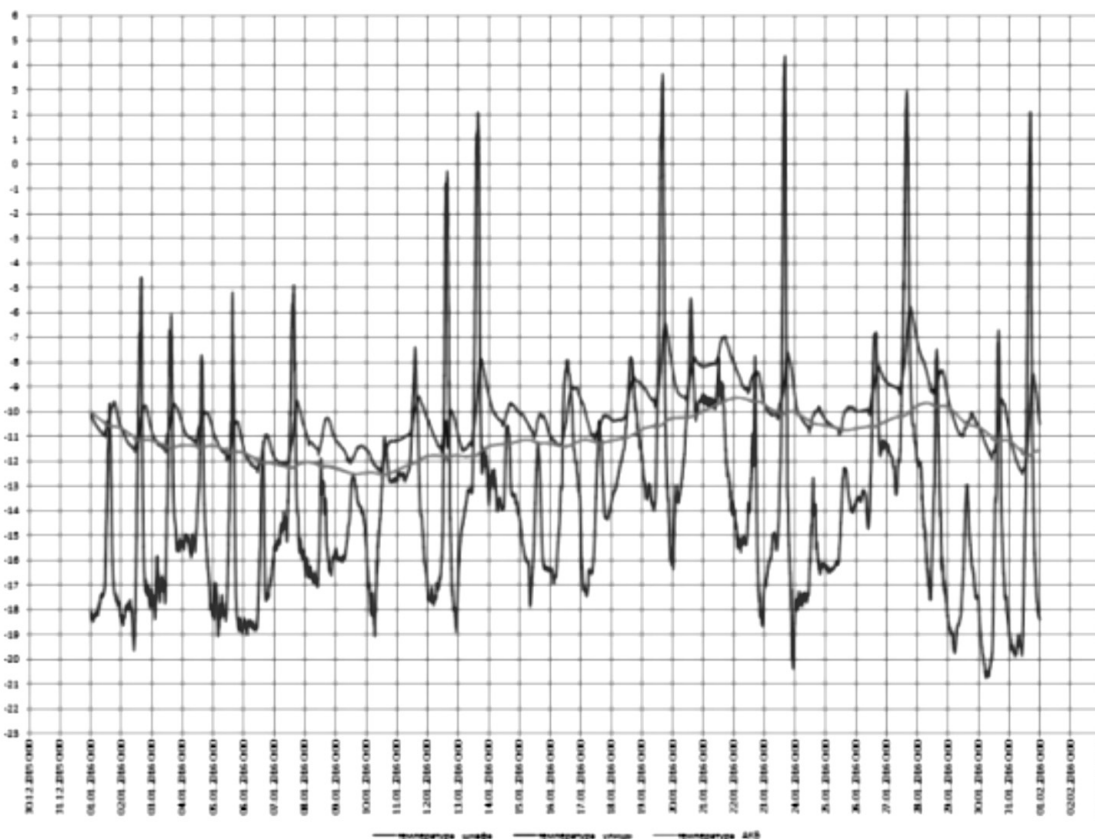


Рисунок 8. График температур за январь.

Эффективное распределение энергии заключается в том, чтобы получаемую энергию полностью использовать. На рис. 9 изображена помесечная выработка электроэнергии СП и ВЭУ в кВт, следует учитывать, что номинальная мощность ВЭУ 0,5 кВт, а сборки СП 1,04 кВт.

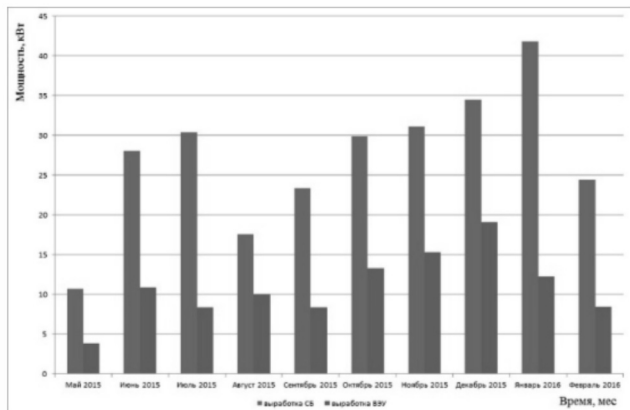


Рисунок 9. Помесечная выработка ВЭУ и сборки СП в кВт.

При определённых режимах работы энергоустановки появляется необходимость сбрасывать получаемую энергию от источников питания. Такой режим возникает в том случае, когда аккумуляторы полностью заряжены, потребитель электроэнергии выключен, а СП или ветрогенератор вырабатывают электроэнергию. Тогда электроэнергия поступает на встроенные в шкаф ТЭНы для поддержания оптимальной рабочей температуры АКБ.

#### Заключение

АИП был установлен в дальневосточном федеральном округе на полуострове Камчатка. Система на протяжении всего времени эксплуатации работала в безаварийном режиме. Весь комплекс собран из комплектующих отечественного производства, включая контроллеры и АКБ и другие важные компоненты системы. Это важно т.к. в связи с политической обстановкой импортзамещение поощряется правительством РФ.

На основе анализа собранных статистических данных за 1 год эксплуатации описанного выше источника альтернативной энергии для удаленных регионов было выявлено, что система отлично справляется со своими функциями и исправно обеспечивает потребителя требуемой электроэнергией.

При проектировании солнечные панели было предложено установить вертикально для того чтобы избежать налипания снега в зимние месяцы, грязи в летние месяцы. Практическая эксплуатация подтвердила, что такой расположение панелей способствовало минимальному загрязнению СП.

Подтвердилась разработанная на этапе проектирования математическая модель тепловых расчетов контейнера и климатического шкафа.

Ветроэнергетическая установка вырабатывала электроэнергию порядка 30% относительно сборки СП, что говорит о ее высокой эффективности.

По эффективным показателям источник показал себя с наилучшей стороны, что подтверждается статистическими данными, которые были собраны благодаря встроенной системе мониторинга.

В процессе эксплуатации был определен ряд направлений на доработку составных частей АИПа и организаций транспортировки некоторых элементов системы. В частности это относится к конструктивным особенностям контейнера, транспортировке модуля ветрогенератора и системе мониторинга.

На основе полученного опыта эксплуатации системы планируется:

- ◆ Дальнейшая доработка контейнера с учетом требований по климатическим условиям крайнего севера;
- ◆ Модернизация системы мониторинга;
- ◆ Увеличение мощности АИПа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Статья в эл. журн. "Беллона" (англ. Bellona) (международное экологическое объединение) апрель 2005 г, режим доступа по прямой ссылке <http://bellona.ru/2005/04/02/radioizotopnye-termoelektricheskie-g/>
2. П.П. Безруких, П.П. Безруких (мл.), С.В. Грибков Ветроэнергетика. М.: "Интехэрего-Издат", 214. –304с.
3. Каргиев В.М., Мартиросов С.Н. Ветроэнергетика. М.: Интерсоларцентр, 2001. 62 с.
4. Виссарионов В.И. Методы расчетов ресурсов возобновляемых источников энергии. 144 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КВАРЦЕВЫХ РЕЗОНАТОРОВ С МОНОТОННЫМИ ТЕМПЕРАТУРНО-ЧАСТОТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

### RECEIPT QUARTZ RESONATOR WITH MONOTONIC TEMPERATURE FREQUENCY CHARACTERISTICS

*K. Matveev*

#### Annotation

The article deals with one of the most important parameters of quartz piezoelectric resonators – temperature-frequency characteristics (TFC) monotony which depends on the quality of the production of piezoelectric quartz, as well as on the type of product design. The study revealed that most of the ways that reduce the likelihood of frequency jumps lead to some deterioration in the resonator parameters.

**Keywords:** Quartz resonator, harmonica, nonmonotony, operating fluctuation.

**Матвеев Кирилл Евгеньевич**

Аспирант, Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники

#### Аннотация

В статье рассматривается один из самых важных параметров кварцевых пьезоэлектрических резонаторов – монотонность температурно-частотных характеристик (ТЧХ), зависящая от качества используемого при производстве пьезокварца, а также от вида конструкции изделия. В результате проведенного исследования было выявлено, что большинство способов, уменьшающих вероятность появления перескоков частоты, приводят к некоторому ухудшению параметров резонаторов.

#### Ключевые слова:

Кварцевый резонатор, гармоника, немонотонность, рабочее колебание.

**П**роблема немонотонности температурно-частотных характеристик (ТЧХ) кварцевых резонаторов известна уже много лет [1, 4].

Наиболее выраженным эффектом в кварцевых генераторах является скачок частоты в относительно узком интервале температур ( $0,1^\circ\text{C} \div 3^\circ\text{C}$ ), который может варьироваться от  $\Delta f/f = 5 \cdot 10^{-7}$  до  $30 \cdot 10^{-6}$ . Также возможны аномалии ТЧХ и в более широком интервале температур: от  $5^\circ\text{C}$  до  $25^\circ\text{C}$  [6].

С такими аномалиями столкнулись также и отечественные разработчики [2]. Во время испытаний на полигоне при температуре  $t = -18^\circ\text{C}$  произошел отказ аппаратуры. При незначительном изменении температуры ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) работоспособность восстанавливалась. В результате анализа было установлено, что именно при этой температуре происходит срыв колебаний кварцевого резонатора.

В следствие всего этого были проведены исследования амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) резонаторов в интервале температур, в которых было установлено, что при срыве генерации рабочей частоты происходит появление или резкое возрастание амплитуды колебаний находящихся вблизи гармонических частот. На-

пример, при работе резонатора на 5-ой гармонике возникали составляющие вблизи 1, 2, 3, 4, 6 и 7 гармоник а число одновременно работающих частот могло колебаться от трех до пяти. Наиболее часто увеличивалась активность 2-ой и 3-ей гармоник. В сумме эти частоты дают значение частоты 5-ой гармоники.

В работе [3] получены схожие выводы на основании исследований резонаторов с частотами 75 МГц, работающих на 5-ой гармонике. В спектре сигнала в момент уменьшения активности рабочего колебания генератора возникали составляющие с частотами четных и нечетных гармоник.

Для того, чтобы выявить возможную взаимосвязь между связью рабочей частоты с нежелательными колебаниями изгиба и сдвига по толщине и немонотонностью ТЧХ были проведены исследования АЧХ резонаторов в интервале рабочих температур.

На **рис. 1** представлены АЧХ резонатора, работающего на первой гармонике на частоте  $f_p = 20000$  кГц, измеренные при температурах  $25^\circ\text{C}$ ,  $30^\circ\text{C}$  и  $35^\circ\text{C}$ . При измерении ТЧХ в интервале температур от  $25^\circ\text{C}$  до  $90^\circ\text{C}$  этот резонатор имел несколько перескоков частоты (**рис. 2**).

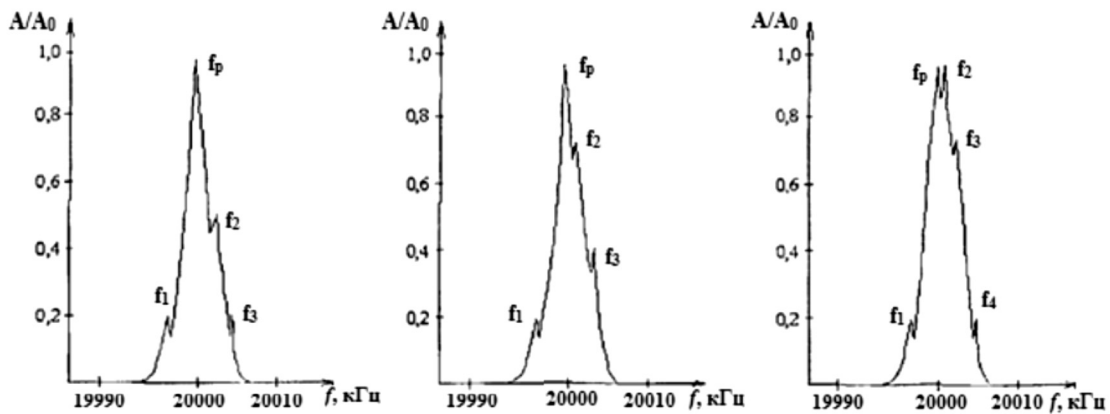


Рисунок 1. Амплитудно-частотные характеристики резонатора частотой  $f_p = 20000$  кГц при температурах 25°C (а), 30°C (б) и 35°C (в).

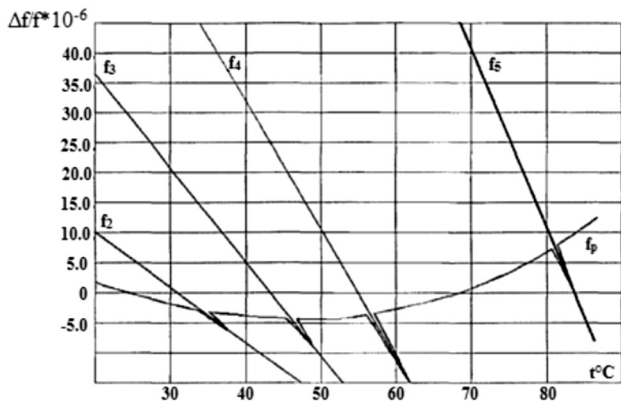


Рисунок 2. ТЧХ рабочего колебания 1-ой гармоники и паразитных колебаний  $f_2, f_3, f_4, f_5$ .

На скатах АЧХ резонатора при температуре 25°C наблюдается три небольших колебания  $f_1, f_2, f_3$  (рис. 1а).

При температуре 25°C частота колебания  $f_1$  на 4 кГц меньше частоты рабочего колебания  $f_p$ . Частоты колебаний  $f_2$  и  $f_3$  больше частоты рабочего колебания  $f_p$  на 1 и 4 кГц соответственно. При температуре 30°C частота колебания  $f_1$  практически не изменилась, частота рабочего колебания  $f_p$  незначительно изменилась (рис. 2), в то время как частоты колебаний  $f_2$  и  $f_3$  уменьшаются, приближаясь к рабочей частоте  $f_p$ .

При температуре 35°C частота колебания  $f_1$  практически не меняется, частота колебания  $f_2$  сближается с рабочей частотой  $f_p$  и АЧХ становится двухгорбой. При этой температуре при измерении ТЧХ в плавном интервале температур наблюдается первый незначительный перескок частоты ( $\Delta f/f = -3,6 \cdot 10^{-6}$ ), показанный на ри-

сунке 2. Частота колебания  $f_3$  также уменьшается, приближаясь к рабочей частоте  $f_p$ , и на резонансной характеристике появляется колебание  $f_4$ .

На рис. 3 представлены АЧХ резонатора, измеренные на первой (а), третьей (б) и пятой (в) гармониках при фиксированных температурах. Для того, чтобы не загромождать рисунок, частоты  $f_1$  показаны только на рисунке 3а, в нижней части каждой АЧХ указана температура их измерения.

Сопоставляя АЧХ резонатора на первой, третьей и пятой гармониках, измеренные при температуре 25°C видно, что на АЧХ первой гармоники помимо рабочего колебания с частотой  $f_p$  имеется еще три побочных  $f_1, f_2$  и  $f_3$ , в то время как на АЧХ третьей и пятой гармоники присутствует только по одному побочному колебанию.

Побочное колебание на АЧХ третьей гармоники ведет себя аналогично колебанию  $f_2$ . При температуре +35°C АЧХ третьей гармоники также становится двухгорбой. В то же самое время побочное колебание на АЧХ пятой гармоники изменяется в меньшей степени. Таким образом, можно сделать вывод, что первый перескок частоты при температуре плюс 35°C вызван взаимодействием паразитных мод, расположенных вблизи первой и третьей гармоник (рис. 3, рис. 4).

Частота  $f_2$  при дальнейшем повышении температуры, постепенно снижается, переходя на левый скат АЧХ, в то время как частота  $f_3$  приближается к рабочей частоте  $f_p$ . При температуре плюс 45 °C появляется вторая двухгорбая характеристика и при этой температуре наблюдается второй небольшой перескок частоты при измерении ТЧХ ( $\Delta f/f = -4,0 \cdot 10^{-6}$ ). Побочное колебание на АЧХ пятой гармоники при этой температуре приближается к рабочей

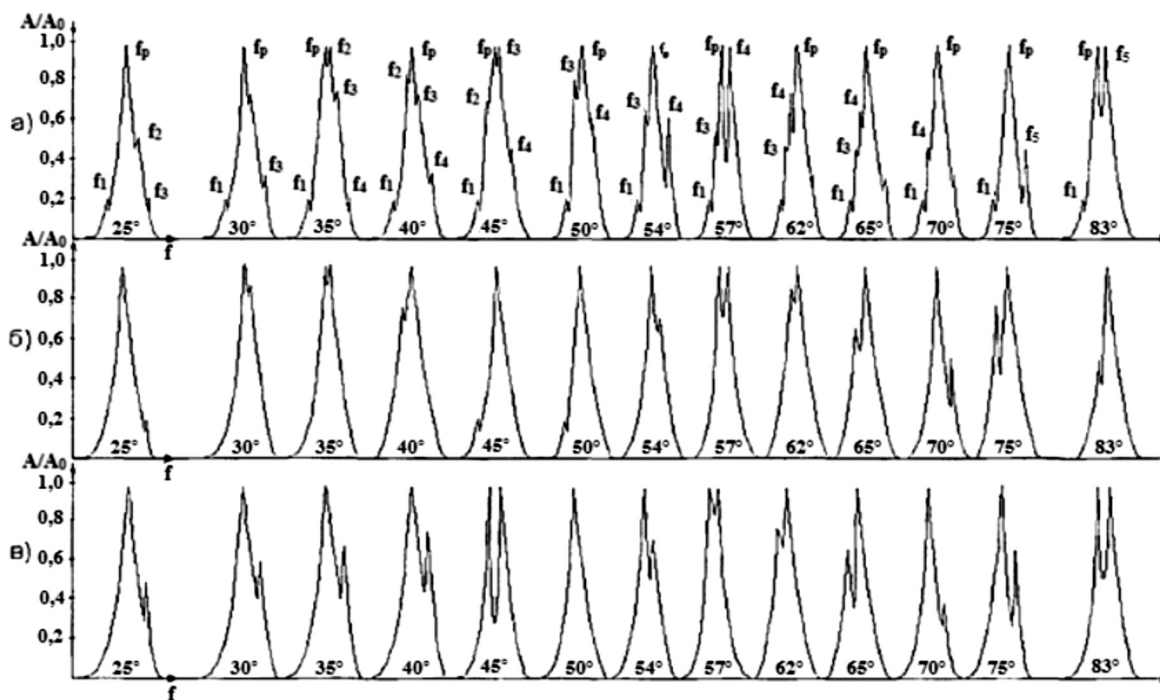


Рисунок 3. АЧХ резонатора, измеренные на первой (а), третьей (б) и пятой (в) гармониках при фиксированных температурах (25°C, 30°C, 35°C, ..., 83°C).

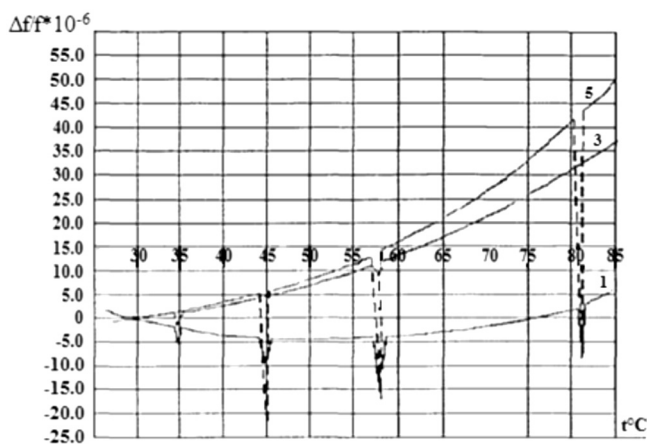


Рисунок 4. ТЧХ резонатора, измеренные на первой, третьей и пятой гармониках (кривые 1, 3, 5 соответственно).

частоте и амплитудно-частотная характеристика становится двухгорбой. Взаимодействие нежелательных мод, расположенных вблизи первой и пятой гармоник, изображенные на рис. 3 и 4 вызывает второй перескок частоты.

Частота колебания  $f_2$  при дальнейшем повышении температуры постепенно уменьшается, становясь меньше колебания  $f_1$ , и исчезает. Частота колебания  $f_3$  при

температуре плюс 50 °С становится меньше рабочей частоты  $f_p$ , а частота колебания  $f_4$  приближается к  $f_p$ . При температуре плюс 54°C амплитуда колебания  $f_4$  резко увеличивается, а при температуре плюс 57°C АЧХ в третий раз становится двухгорбой, а искажение характеристики при этом максимально. При этой же температуре при измерении ТЧХ зафиксирован самый большой перескок частоты, равный  $\Delta f/f = -15,9 \cdot 10^{-6}$  (рис. 3, рис. 4).

При этой температуре АЧХ третьей и пятой гармоник также становятся двухгорбыми. Третий перескок частоты является следствием взаимодействия побочной моды первой гармоники с побочными модами, расположенными вблизи третьей и пятой гармоник.

Частота колебания  $f_4$  при повышении температуры до плюс 62°C становится меньше  $f_p$  и оно, постепенно снижаясь вместе с колебанием  $f_3$  по левому скату АЧХ рабочей частоты, исчезает. Колебание  $f_5$  появляется при температуре плюс 70°C, которое при плюс 75°C увеличивает амплитуду и начинает приближаться к рабочей частоте  $f_p$ . При этой же температуре появляется побочное колебание на АЧХ пятой гармоники. Четвертый перескок частоты происходит при температуре плюс 83°C и он равен  $\Delta f/f = -9,7 \cdot 10^{-6}$  (рис. 3, рис. 4).

Таким образом, была зафиксировано целая серия побочных колебаний при повышении температуры от плюс

25°С до плюс 90°С, которые приводят к перескокам частоты в интервале рабочих температур, последовательно искажая АЧХ рабочего колебания  $f_p$ . Аналогичные изменения АЧХ зафиксированы на третьей и пятой гармониках, соответственно.

Проанализировав изменения АЧХ довольно большого количества резонаторов на первой, третьей и пятой гармониках можно сделать вывод, что изменения АЧХ на третьей гармонике довольно незначительны. Соответственно, наибольшие изменения АЧХ происходят на первой и пятой гармониках. Аналогично можно сделать вывод и о поведении ТЧХ резонаторов на гармониках.

Результаты проведенных исследований показали, что немонотонность ТЧХ является результатом взаимодействия с рабочей частотой (основной гармоникой) колебаний, находящихся вблизи нее ( $f_2, f_3, f_4...$ ), а также вблизи ее пятой и, значительно реже, третьей гармоники. При изменении температуры перемещаясь по АЧХ рабочего колебания, а также по АЧХ пятой или, значительно реже, третьей гармоники, эти колебания резко увеличивают свою амплитуду. "Двухгорбая" АЧХ рабочей частоты наблюдается при сближении этих частот и в этот момент происходит перескок частоты.

Экспериментально было установлено, что одним из способов уменьшения вероятности появления перескоков частоты можно достичь, применяя комплексные методы воздействия на амплитуду близлежащих к рабочей частоте изгибных колебаний, и на уменьшение нелинейной связи рабочей частоты с ее гармониками, снижая их добротность.

Одним из наиболее очевидных способов является уменьшение диаметра электрода. Это приводит к увеличению величины эквивалентного сопротивления резонатора на рабочей частоте и ее гармониках, что в свою очередь уменьшает нелинейную связь между ними. Одновременно с этим ухудшаются условия для возбуждения высокочастотных изгибных колебаний. Недостатком этого способа является уменьшение пределов перестройки частоты резонатора в схеме термокомпенсированного генератора.

Отказ от вакуумирования корпусов резонаторов является еще одним из вариантов уменьшения вероятности перескоков частоты. Это было подтверждено как прямыми экспериментами, так и массовыми испытаниями, сравнивающими резонаторы в вакуумированных корпусах и в корпусах, заполненных инертными газами. Известно, что вакуумирование корпуса приводит к увеличению добротности изгибных колебаний и колебаний сдвига по толщине. Одним из главных минусов этого способа

является ухудшение долговременной стабильности резонаторов, что влияет на их качество.

Возможным вариантом снижения добротности изгибных колебаний и колебаний сдвига по толщине является использование шлифованных пластин вместо полированных. В результате, что подтверждено сравнительными массовыми испытаниями резонаторов ухудшаются условия их взаимодействия, что приводит к уменьшению вероятности появления перескоков частоты. Недостаток этого способа такой же, как и у предыдущего.

Ухудшение качества кварца, а в частности, уменьшение его добротности, приводит к уменьшению вероятности появления перескоков частоты. Это вероятно связано с тем, что на гармониках колебаний доля внутренних потерь в общих потерях акустической энергии колебаний резко возрастает. Это приводит к уменьшению нелинейной связи рабочего колебания с его гармониками, особенно, с пятой гармоникой. Однако, использование низкодобротного кварца весьма проблематично.

Таким образом, с учетом данных приведенных в работе [5], можно утверждать, что вероятность появления перескоков частоты зависит от:

- ◆ качества обработки поверхности пластины;
- ◆ материала, формы и размеров электрода;
- ◆ способа монтажа;
- ◆ формы и размеров пьезоэлемента;
- ◆ метода очистки пьезоэлемента;
- ◆ качества пьезокварца;
- ◆ номера гармоники;
- ◆ вакуумирования корпуса резонатора;
- ◆ скорости изменения температуры;
- ◆ уровня возбуждения резонатора в схеме генератора.

При этом следует однако учитывать, что большинство способов, уменьшающих перескоки частоты, приводят к некоторому ухудшению других параметров резонатора. Например, для того, чтобы обеспечить высокие требования к долговременной стабильности резонаторов в технологический процесс вводится полировка пластин, хотя следствием этого является увеличение вероятности появления резонаторов с немонотонными ТЧХ. Поэтому в каждом конкретном случае нужно находить компромиссное решение, допускающее наличие небольшого количества брака при изготовлении резонаторов.

Результаты проведенных исследований показали, что немонотонность ТЧХ является результатом взаимодействия изгибных колебаний с рабочей частотой (основной гармоникой), находящихся вблизи нее. При сближении этих частот наблюдается "двухгорбая" АЧХ рабочей частоты и в этот момент происходит перескок частоты. Учи-

тывая, что в этот же момент происходят аналогичные явления вблизи гармонических колебаний рабочей частоты, можно утверждать, что между ними существует нелинейная связь.

Вероятность появления узкотемпературных перескоков частоты (немонотонности ТЧХ) зависит от технологии

изготовления резонаторов и особенностей конструкции.

Большинство предложенных способов, уменьшающих вероятность появления перескоков частоты, приводят к некоторому ухудшению параметров резонаторов. Вследствие этого, в каждом конкретном случае следует находить компромиссное решение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вуд А. и др. Провалы активности в кристаллах АТ-среза // Материалы 21 симпозиума по стабилизации частоты. – Вып. 55. – Колорадо, 1967. – С. 254–260.
2. Ливенский Г.А., Пашков С.С. Технический отчет по теме "Исследования и разработка высокостабильных высокочастотных резонаторов" // НИИ Пьезотехники. – М., 1965. – 37 с.
3. Симонов В.Н. Провалы активности в высокочастотных гармониковых кварцевых резонаторах // Электронная техника. – Серия 5. Радиодетали и радиокомпоненты. – Вып. 4 (45). – 1981. – С. 46–49.
4. Франк С. Провалы активности в кварцевых пластинах АТ-среза при высоких уровнях возбуждения // Материалы 21 симпозиума по стабилизации частоты. – Вып. 55. – Колорадо, 1967. – С. 153–159.
5. Frerking M.E., Paisley B.W., Thomas W.C. Micro-frequency jump design of experiments investigation // the 52nd Frequency Control Symposium Proceedings. – Washington, D.C., 1998. – P. 116–120.
6. Godwin P.F. Jr, Snider G.L. Methods for production screening for anomalous responses in quartz crystals intended for high reliability application // the 31st Frequency Control Symposium Proceedings. – Vol. 67. – Denver, 1977. P. 7895.

© К.Е. Матвеев, (predcir2009@yandex.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».



7-9  
сентября  
Казань, 2016

ГЕО-КАЗАНЬ

6-я специализированная выставка  
**ГЕО-КАЗАНЬ:**  
**Геологоразведка.**  
**Геодезия.**  
**Картография.**

ТНФ

В РАМКАХ ТАТАРСТАНСКОГО  
НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО  
ФОРУМА

Форум проводится при поддержке:  
**Президента Республики Татарстан**  
**Правительства Республики Татарстан**

12+  
РЕКЛАМА

Организатор: ОАО «Казанская ярмарка»  
Россия, 420059, Казань, Оренбургский тракт, 8  
т./ф.: (843) 570-51-14, 570-51-17,  
570-51-11 (круглосуточный)  
e-mail: d2@expokazan.ru, expokazan02@mail.ru  
www.geoexpokazan.ru, www.expokazan.ru

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
ISO - 9001



КАЗАНСКАЯ  
ЯРМАРКА



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОПОЛОЖЕНИЯ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ГРУППЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

## DETERMINATION OF POSITIONAL RELATIONSHIP OF SMALL UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE GROUP FOR THE CONSTRUCTION OF THE COMMUNICATION SYSTEM

*A. Gribanov  
A. Efimov  
I. Nelin*

### Annotation

Purpose of work – to determine the unmanned aerial vehicles (UAV) positional relationship in the group. Objective – to develop a method for determining positional relationship UAVs without signals from external navigation systems. Knowing configuration group (swarm) in the transmission of information between the members of the group outside of their direct radiovision allows us to solve many challenges from the conducting search and scouting activities to the rapid deployment of communication lines between the two points. The structure of the group effect on the range of communication, information transmission speed and noise immunity.

**Keywords:** UAV, swarm of UAVs, passive navigation.

*Грибанов Александр Сергеевич*

*Ст.н.с., к.т.н., ФГБОУ ВО Московский  
авиационный институт, НИУ*

*Ефимов Андрей Геннадьевич*

*Аспирант, ФГБОУ ВО Московский  
авиационный институт, НИУ*

*Нелин Игорь Владимирович*

*К.т.н., ФГБОУ ВО Московский  
авиационный институт, НИУ*

### Аннотация

Цель работы – определение взаимоположения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в группе. Задача – разработка метода определения взаимоположения БПЛА без применения сигналов от внешних навигационных систем. Знание конфигурации группы (роя) при передаче информации между членами роя вне их прямой радиовидимости позволяет решать множество сложных задач от проведения поисковых и разведывательных мероприятий до быстрого развертывания линий связи между двумя точками. Структура роя влияет на дальность обеспечения связи, скорость передачи информации и помехоустойчивость.

### Ключевые слова:

БПЛА, рой БПЛА, пассивная навигация.

При работе группы беспилотных летательных аппаратов на открытой местности положения в группе определяется с помощью малогабаритных приемников сигналов спутниковой радионавигационной системы (далее СРНС). При этом погрешность взаимоположения будет зависеть от параметров движения. Обеспечение устойчивой связи через последовательно размещенные ретрансляторы (на БПЛА) будет зависеть от точного направления передачи информации между элементами группы ретрансляторов.

Поэтому разработка независимого метода определения взаимного положения БПЛА актуальна.

### Описание задачи

Управление роем БПЛА осуществляется централизованно по каналу радиосвязи. Это накладывает ограничения по дальности применения и заставляет принимать во

внимание человеческий фактор. Один из вариантов распределенного управления роем это управление с использованием искусственного интеллекта.

Для эффективной работы распределенного управления элементами роя воспользуемся методикой определения взаимоположения элементов роя.

Определить взаимоположение членов роя можно с помощью методов спутниковой навигации. В случае проблем в работе СРНС определение членов роя возможно с помощью радиолокационных методов и методов пассивной навигации.

Для определения взаимоположения двух членов роя относительно друг друга требуется найти азимут от первого на второго, расстояние между ними и угол прихода сигнала в трехмерной системе координат. Далее составляется карта роя по данным измерений от каждого БПЛА.

После нахождения относительных координат точные координаты определяют как для каждого аппарата в отдельности, так и только для одного опорного БПЛА. Выбор сводится к определению необходимости и возможности усложнения аппаратуры на каждом БПЛА.

В общем случае определение координат БПЛА может проводиться многими методами, но основным будет определение местоположения с помощью наземных маяков (опорных излучателей с точной координатной привязкой), либо по характерным точкам на местности, например середина моста или высокое здание.

#### Возможная реализация

Поскольку каждый БПЛА оборудован радиолинией для передачи данных, то можно использовать кодовую структуру CDMA, её несущую частоту для определения требуемых параметров.

Важной особенностью является то, что БПЛА фактически осуществляет пассивный поиск других членов роя, в то время как каждый БПЛА излучает в окружающее пространство информационный сигнал. Это позволяет избежать использования сложных радиолокационных станций и позволяет строить сложную систему роя.

#### Нахождение координат источника сигнала

Определение точной дальности между двумя членами роя возможно, основываясь на предположении о синхронности бортовых шкал времени и источников опорной частоты. Синхронность бортовых шкал времени определяется синхронизацией шкал перед запуском роя или непосредственно при запуске, когда расстояние между членами роя очень мало.

Со временем корреляционная ошибка по времени между генераторами на БПЛА будет расти, и этот фактор ограничивает время максимальной автономной работы без изменения параметров, либо потребует синхронизации роя в процессе его работы.

При реализации метода необходимо найти положение источника сигнала относительно своего местоположения, поэтому задача решается разностно-дальномерным методом (РДМ). Суть метода заключается в определении расстояния между приемно-передающими позициями, после чего геометрическими методами вычисляются требуемые параметры.

Дальностей между двумя БПЛА может быть найдена как:

$$R = c \cdot t \quad (1)$$

где

$R$  – расстояние между двумя БПЛА;  
 $c$  – скорость распространения света;  
 $t$  – время от момента формирования сигнала до момента приема.

Погрешность измерения разности времени прихода (дальности):

$$\sigma_{\tau}^2 = \frac{\tau^2}{2 \cdot \Theta / N_0} \quad (2)$$

где  $\Theta$  – энергия сигнала;  
 $\tau$  – длительность импульса;  
 $N_0$  – спектральная мощность шума.

Азимут от первого на второй БПЛА и от второго на третий БПЛА находятся согласно рис. 1 и формуле (4). Для упрощения вычислений используем вычисления по временам распространения сигналов, а не вычисляем дальности между БПЛА. Таким образом, мы устраняем ошибку при вычислении дальности.

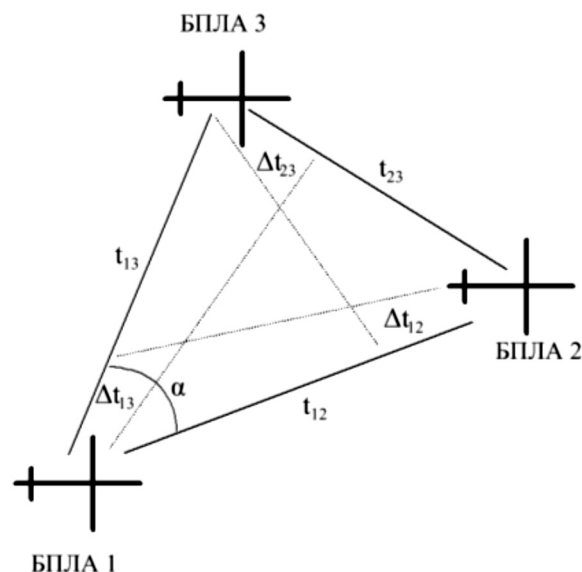


Рисунок 1. Способ определения взаимоположения БПЛА разностно-дальномерным методом.

Периметр треугольника равен:

$$P = \frac{1}{2}(t_{12} + t_{23} + t_{13}) \quad (3)$$

Тогда угол между направлениями от первого БПЛА на второй и третий БПЛА равен:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{P(P - \Delta t_{23})}{\Delta t_{12} \cdot \Delta t_{13}}} \quad (4)$$

Метод предполагает точное измерение времени распространения сигнала между парами БПЛА. Чем больше измерений, тем выше точность и меньше неоднозначность.

Решение получается неоднозначным. Устранение неоднозначности требует применения избирательных по направлению антенн. Каждая из антенн может состоять из нескольких антенных элементов, каждый из которых принимает сигнал с определенного направления. Для идентификации элементов роя и определения БПЛА от которого принят сигнал используется информация о кодовом или частотном разделении сигналов.

В случае кодового разделения (CDMA) сигнал второго БПЛА модулирован соответствующей кодовой последовательностью и посмещении кодовых последовательностей вычисляется разность расстояний. В случае частотного разделения каналов каждому БПЛА выделяется индивидуальная несущая частота. Трудность такого разделения заключается в том, что при работе системы в СВЧ диапазоне, на частотах в сотен гигагерц аппаратная реализация становится более трудоемкой, чем при кодовом разделении каналов.

При кодовом разделении меняется только кодовая последовательность в каждом канале, аппаратная же часть не меняет от канала к каналу.

При частотном разделении каналов потребуется пе-

рестройка генератора на передающем БПЛА, перестройка формирующих фильтров. На приемном БПЛА это повлечет усложнение приемного (аналогового) тракта.

Поскольку современный уровень вычислительных устройств позволяет обрабатывать большие объемы информации, то усложнение программной части становится менее трудоемким, чем усложнение аппаратной части в СВЧ области.

Неоднозначность измерений устраняется системной избыточностью: увеличением числа разнесенных приемников.

## Выводы

Группа БПЛА с известной структурой построения группы может служить высокоскоростной сетью передачи данных.

*Использование CDMA позволяет упростить реализацию измерений взаимного положения БПЛА.*

1. Дальность определяется распределением БПЛА в пространстве.

2. Скорость передачи информации определяется числом связей между элементами системы – БПЛА.

3. Помехоустойчивость обеспечивается структурной определенностью – динамической фиксацией взаимного положения БПЛА.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грибанов А.С., Сеченых А.М. Сетевые структуры для передачи информации. Системы и средства связи, телевидения и радиовещания, 2013, вып.1,2, с.91–93.
2. Грибанов А.С. Системы пассивной разведки. Успехи современной радиоэлектроники / №2 за 2014 г. / с. 43–49.
3. Грибанов А.С., Сеченых А.М. Система дальней связи. Материалы 16-й международной научно-технической конференции "Кибернетика и высокие технологии 21 века", 13–14 мая 2015 г., г. Воронеж с.154–159.

© А.С. Грибанов, А.Г. Ефимов, И.В. Нелин, (gribanov.a@inbox.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ БИЗНЕС-ОБРАЗОВАНИЯ**

негосударственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Реклама

*Традиции. Инновации. Успех!*

**МИБО**

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ КВАЗИПОЛИНОМИАЛЬНЫХ РЕЖЕКТОРНЫХ ФИЛЬТРОВ С УЧЁТОМ ДИССИПАТИВНЫХ ПОТЕРЬ В РЕЗОНАТОРАХ

## DESIGNING OF QUASIPOLYNOMIAL BANDSTOP FILTERS INTO ACCOUNT DISSIPATIVE LOSSES IN THE RESONATORS

*N. Unru  
E. Grigoriev*

### Annotation

The using of bandstop filters in practice in some cases may be considerably more advantageous over other types of filters. The method of design of a quasipolynomial bandstop filters on lumped and distributed elements taking into account dissipation in circuits and resonators, that will improve the quality of the device design. The analytical expressions, the results of calculations and experiments.

**Keywords:** quasipolynomial, bandstop filter, lumped, distributed, heat loss, synthesis.

*Унру Николай Эдуардович  
К.т.н., доцент, Новосибирский  
государственный технический университет  
Григорьев Евгений Викторович  
АО "Научно-производственное  
объединение "Лианозовский  
электромеханический завод", г. Томск*

### Аннотация

Использование режекторных фильтров на практике в ряде случаев может оказаться заметно более предпочтительным по сравнению с фильтрами других типов. Предлагается метод проектирования квазиполиномиальных режекторных фильтров на сосредоточенных и распределённых элементах с учётом диссипативных потерь в контурах и резонаторах, что позволит повысить качество проектирования устройства. Представлены аналитические выражения, результаты расчётов и экспериментов.

### Ключевые слова:

Квазиполиномиальный, режекторный фильтр, сосредоточенный, распределённый, тепловые потери, синтез.

Режекторные (полоснозапирающие) фильтры, пожалуй, реже всего используются на практике по сравнению с фильтрами нижних, высоких частот и полоснопропускающими. Однако их использование, например, в передатчиках для подавления гармоник и субгармоник выходного сигнала или в приёмниках для подавления нежелательных частотных составляющих входного сигнала и излучения собственного гетеродина может оказаться явно более предпочтительным, чем использование фильтров других типов [1]. В свете сказанного рассмотрение вопросов, относящихся к режекторным фильтрам, является актуальным.

Известен метод расчёта квазиполиномиальных режекторных фильтров (КПРФ) [2, 3 и др.] основан на предположении, что в его элементах отсутствуют диссипативные потери. Этот подход заметно сужает возможную область использования полученных результатов. Как отмечается в [3 и др.], диссипативные потери в элементах фильтра сильно сказываются (в первую очередь) на уровне режекции в полосе задерживания (ПЗ) и поэтому отказ от их учёта при синтезе может, вообще говоря, привести к созданию фильтра с неудовлетворительной величиной затухания в ПЗ.

Целью данной работы является предложить метод расчёта сосредоточенных КПРФ, позволяющий учесть наличие тепловых потерь в его резонансных элементах.

### Диссипативная модель КПРФ

Проблема учёта тепловых потерь при расчёте фильтров не является тривиальной и хорошо знакома их разработчикам, а методы решения этой проблемы уже имеют свою собственную историю развития [4–10 и др.]. Использовать метод предискажений [4, 5, 9] в данном случае не имеет смысла – значения элементов НЧ-прототипа являются лишь некоторыми приближениями к истинному решению. Аналитические выражения, предлагаемые в [7, 8], позволяют учитывать влияние добротностей резонаторов фильтров на величину их потерь в полосах пропускания (ПП) и уровень режекции в ПЗ.

Рассмотрим возможность использования метода [2, 3], но при условии учёта потерь в элементах как полиномиального режекторного фильтра (ПРФ) так и квазиполиномиального. Метод расчёта КПРФ [2, 3 и др.] основан на использовании функции рабочего затухания (ФРЗ) [11]

$$L(\omega) = \frac{R_L}{4R_G} \left| a_{11} + \frac{a_{12}}{R_L} + a_{21}R_G + a_{22} \frac{R_G}{R_L} \right|^2, \quad (1)$$

где  $\omega = 2\pi f$ ,  $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{21}, \alpha_{22}$  – элементы матрицы передачи,  $R_G$  и  $R_L$  – активные сопротивления источника сигнала и нагрузки соответственно. Суть метода заключается в составлении и решении системы нелинейных уравнений

$$\begin{cases} B(\omega_1, Q, L_1, C_1, \dots) = G(\omega_1, Q, L_1, C_1, \dots) \\ B(\omega_2, Q, L_1, C_1, \dots) = G(\omega_2, Q, L_1, C_1, \dots) \\ \dots \\ B(\omega_n, Q, L_1, C_1, \dots) = G(\omega_n, Q, L_1, C_1, \dots) \end{cases}, \quad (2)$$

где  $B(\omega_i, Q, L_1, C_1, \dots)$  и  $G(\omega_i, Q, L_1, C_1, \dots)$  – выражения для ФРЗ на частоте  $\omega_i$  для ПРФ и КПРФ соответственно,  $n$  – порядок системы уравнений, равный количеству искомым значениям номиналов элементов КПРФ ( $L_1, C_1, \dots$ ).

Диссипативные модели некоторых, наиболее простых схем ПРФ представлены в **табл. 1**. – там же записаны соответствующие аналитические выражения для ФРЗ,

$$B(\omega, Q, L_1, C_1, \dots)$$

где  $Q$  – собственная добротность контуров. При проектировании неперестраиваемых КПРФ основной вклад в тепловые потери фильтра вносят контурные катушки индуктивности [4], так как почти всегда имеется возможность использовать высокодобротные ёмкости. В случае создания перестраиваемых КПРФ ситуация заметно отличается – тепловые потери в индуктивностях и емкостях (как правило, в их качестве выступают варикапы) чаще всего соизмеримы, причём для фильтров с широким диапазоном перестройки потери в емкостях чаще всего преобладают.

Диссипативные потери в контурных емкостях будем характеризовать последовательным активным сопротивлением  $r_C$ , а для описания потерь в индуктивностях  $L$  используем её добротность  $Q_L$  (в общем случае зависящей от частоты).

Тогда имеем

$$Q = \frac{1}{r_C / \omega L + 1 / Q_L} \quad \text{– для последовательного и}$$

$$Q = \frac{1}{r_C \omega^3 L C^2 + 1 / Q_L} \quad \text{– для параллельного контуров.}$$

Тепловые потери в отрезках однородных длинных линиях с геометрической длиной  $L$  и волновым сопротивлением  $\rho$  будем характеризовать коэффициентом затухания  $\alpha$  (вообще говоря, зависящем от частоты). В таком виде собственная добротность резонаторов, состоящих

из отрезка однородной длинной линии и ёмкости, будет

$$Q = \frac{\omega L}{2 \left[ \frac{\operatorname{tg}(\alpha L) \sec^2(\beta L)}{\rho(\operatorname{tg}^2(\alpha L) + \operatorname{tg}^2(\beta L))} + \frac{r_C \omega^2 C^2}{r_C^2 \omega^2 C^2 + 1} \right]} \left[ C + \frac{L}{\rho C_0 \cos^2(\beta L)} \right].$$

Этот подход, конечно же, сужает область применения предлагаемых моделей. Оправдать его можно тем, что при использовании более точных моделей для учёта диссипативных потерь (например, и в элементах связи), аналитические выражения для ФРЗ становятся заметно более громоздкими, а достигаемый положительный эффект не слишком заметным, так что ускользает смысл в их практическом использовании.

В **табл. 2** для некоторых схем КПРФ (с наиболее привлекательными АЧХ в диапазоне частот и перестройки) на сосредоточенных элементах представлены аналитическое выражение для ФРЗ  $G(\omega_i, Q, L_1, C_1, \dots)$ . Там же для конкретного примера показано как изменяется АЧХ фильтра в диапазоне перестройки ( $Q = 100$ ). Эти АЧХ они дают некоторую информацию о частотных свойствах представленных схем, что полезно при выборе схемы КПРФ.

Аналогичная информация для трёх схем КПРФ на распределённых элементах приведена в **табл. 3** ( $r_C = 0.25 \text{ Ом}$ ,  $\rho = 50 \text{ Ом}$ ,  $\alpha = 0.1 \text{ дБ/м}$ ).

Рассмотрим порядок проектирования перестраиваемого КПРФ на конкретном примере. Исходные данные выберем следующими: тип варикапа – 2А611А ( $r_C = 0.87 \text{ Ом}$  (на частоте 1 ГГц),  $C = 1.8 \dots 8 \text{ пФ}$ ); параметры отрезков линии передачи с  $\rho = 50.8 \text{ Ом}$  на частоте 1 ГГц:  $\epsilon_r = 3.89$ ,  $\alpha = 1.84 \text{ дБ/м}$ ; диапазон перестройки:  $f_{\min} = 0.5 \text{ ГГц}$ ,  $f_{\max} = 1 \text{ ГГц}$ ;  $R_G = R_L = 50 \text{ Ом}$ ; граничные частоты ПЗ на  $f_{\max}$ :  $f_{+S} = 0.97 \text{ ГГц}$ ,  $f_S = 1.05 \text{ ГГц}$ ; затухание в ПЗ  $\alpha_S \geq 20 \text{ дБ}$ ; АЧХ чебышевского типа, при пульсациях в ПП  $\Delta\alpha \leq 0.1 \text{ дБ}$ ; граничные частоты ПП на  $f_{\max}$ :  $f_{+I} = 0.75 \text{ ГГц}$ ,  $f_I = 1.25 \text{ ГГц}$  – рабочей будет левая ПП.

1. Стандартными процедурами для ПРФ находим: порядок фильтра  $n = 2$ , для 2-й сверху в **табл. 1** схемы ПРФ имеем:  $L_1 = 15.335 \text{ нГн}$ ,  $C_1 = 1.6218 \text{ пФ}$ ,  $L_2 = 2.6352 \text{ нГн}$ ,  $C_2 = 9.4375 \text{ пФ}$ . Элементы НЧ фильтра-прототипа равны: 1, 1.0379, 0.6746, 1.5386.

2. Вычисляем значение собственной добротности последовательных контуров ПРФ на сосредоточенных элементах  $Q = 63.9$ . В этом случае диссипативные потери в ПП и уровень режекции в центре ПЗ, согласно [7, 8], будет соответственно  $\Delta L_A = 0.466 \text{ дБ}$  и  $L_A = 57 \text{ дБ}$ . Вычисленное значение  $L_A$  позволяет надеяться, что требуемое затухание в ПЗ  $\alpha_S \geq 20 \text{ дБ}$  будет достигнуто.

Таблица 1.

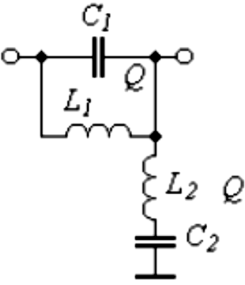
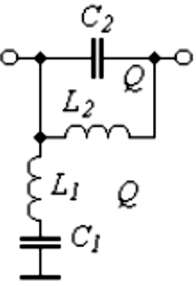
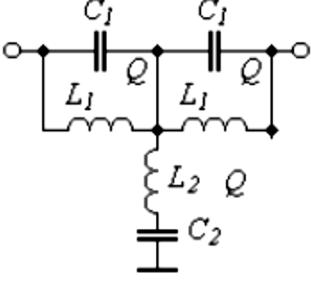
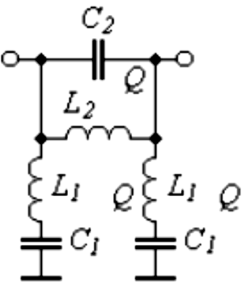
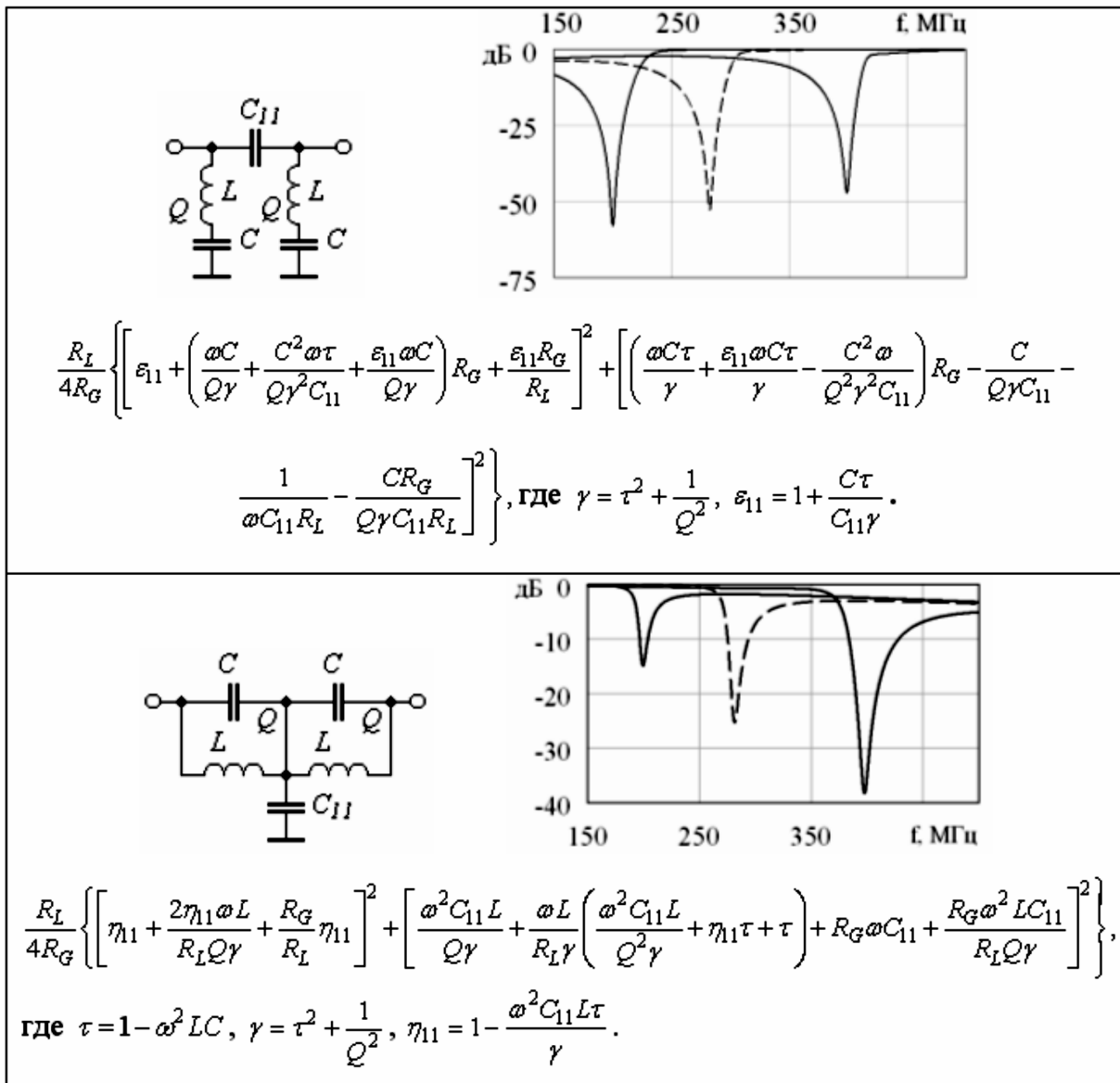
Схема ПРФ	$B(\omega, Q, L_1, C_1, \dots)$
	$\frac{R_L}{4R_G} \left[ \left( 1 - \frac{\omega^2 L_2 \beta C_2}{\beta^2 + 4\tau^2 / Q^2} + \frac{\omega L_2}{Q\gamma R_L} + \frac{\omega C_2 R_G}{Q\gamma} + \frac{R_G}{R_L} \right)^2 + \left( \frac{2\omega^2 C_2 \tau L_2}{Q(\beta^2 + 4\tau^2 / Q^2)} + \frac{\omega L_2 \tau}{\gamma R_L} + \frac{\omega C_2 \tau R_G}{\gamma} \right)^2 \right],$ <p>где <math>\tau = 1 - \omega^2 L_1 C_1</math>, <math>\gamma = \tau^2 + 1/Q^2</math>, <math>\beta = \tau^2 - 1/Q^2</math>.</p>
	$\frac{R_L}{4R_G} \left[ \left( 1 + \frac{\omega L_2}{Q\gamma R_L} + \frac{\omega C_1 R_G}{Q\gamma} + \frac{R_G}{R_L} \left( 1 - \frac{\omega^2 C_1 \beta L_2}{\beta^2 + 4\tau^2 / Q^2} \right) \right)^2 + \left( \frac{\omega L_2 \tau}{\gamma R_L} + \frac{\omega C_1 \tau R_G}{\gamma} + \frac{2\omega^2 C_1 \tau L_2 R_G}{Q(\beta^2 + 4\tau^2 / Q^2) R_L} \right)^2 \right],$ <p>где <math>\tau = 1 - \omega^2 L_1 C_1</math>, <math>\gamma = \tau^2 + 1/Q^2</math>, <math>\beta = \tau^2 - 1/Q^2</math>.</p>
	$\frac{R_L}{4R_G} \left[ \left( 1 - \frac{\omega^2 L_1 C_2}{\gamma^2} + \frac{\mu_{12} R_G}{R_L} \right)^2 + \left( \frac{\mu_{12} \omega L_1}{\gamma R_L} + \frac{\omega L_1}{\gamma R_L} + \frac{\omega C_2 R_G}{\gamma} \right)^2 \right],$ <p>где <math>\tau = 1 - \omega^2 L_1 C_1</math>, <math>\gamma = \tau^2 + 1/Q^2</math>, <math>\beta = \tau^2 - 1/Q^2</math>,  <math>\mu_{12} = 1 - \frac{\omega^2 L_1 C_2}{\gamma^2}</math>.</p>
	$\frac{R_L}{4R_G} \left\{ \left[ 1 - \frac{\omega^2 \beta L_2 C_1}{\delta} + \frac{\omega L_2}{Q\gamma R_L} + R_G \left( \frac{\omega C_1}{Q\gamma} - \frac{2\omega^3 \tau^2 L_2 C_1^2}{Q\delta\gamma} + \frac{\omega C_1 \mu_{21}}{Q\gamma} \right) + \frac{R_G \mu_{21}}{R_L} \right]^2 + \left[ \frac{2\omega^2 C_1 \tau L_2}{Q\delta} + \frac{\omega L_2 \tau}{\gamma R_L} + R_G \left( \frac{\omega C_1 \tau}{\gamma} + \frac{\omega C_1 \mu_{21}}{\gamma} + \frac{2\omega^3 C_1^2 \tau L_2}{Q^2 \delta \gamma} \right) + \frac{2\omega^2 C_1 \tau L_2 R_G}{Q\delta R_L} \right]^2 \right\},$ <p>где <math>\tau = 1 - \omega^2 L_1 C_1</math>, <math>\gamma = \tau^2 + 1/Q^2</math>, <math>\beta = \tau^2 - 1/Q^2</math>,  <math>\delta = \beta^2 + 4\tau^2 / Q^2</math>, <math>\mu_{21} = 1 - \frac{\omega^2 \beta L_2 C_1}{\delta}</math>.</p>

Таблица 2.



Расчётная АЧХ спроектированного ПРФ показана на рис. 1.

3. Как видно из рис. 1 вид полученной АЧХ ПРФ вполне соответствует исходным требованиям на фильтр на  $f_{\text{max}} = 1$  ГГц.

Теперь с использованием системы нелинейных уравнений [2] рассчитаем (задавшись  $L_{01} = 14$  нГн, находим  $L_{11} = 11,4$  нГн и  $L = 24$  мм), исходя из удобства конструктивной реализации, в первую очередь, а также требуемого вида АЧХ (ПП слева) КПРФ (схема 3-я сверху в табл. 3.

Перестраиваемый КПРФ на распределённых элементах был рассчитан, изготовлен и исследован. Его элек-

трическая принципиальная схема представлена на рис. 2, экспериментальная АЧХ – на рис. 3, а, расчётная АЧХ на рис. 3,б

Как видно из рис. 3, вид АЧХ плохо соответствует заданию на проектирование – значение  $L_A$  значительно меньше предсказанного, согласно [7, 8] (31 дБ вместо 57 дБ), полоса режекции несколько превышает требуемую (220 МГц вместо 200 МГц).

Вместе с тем видно, что расчётная АЧХ КПРФ, рассчитанного с учётом диссипативных потерь в элементах фильтра значительно лучше соответствует экспериментальным данным.

Таблица 3/1.

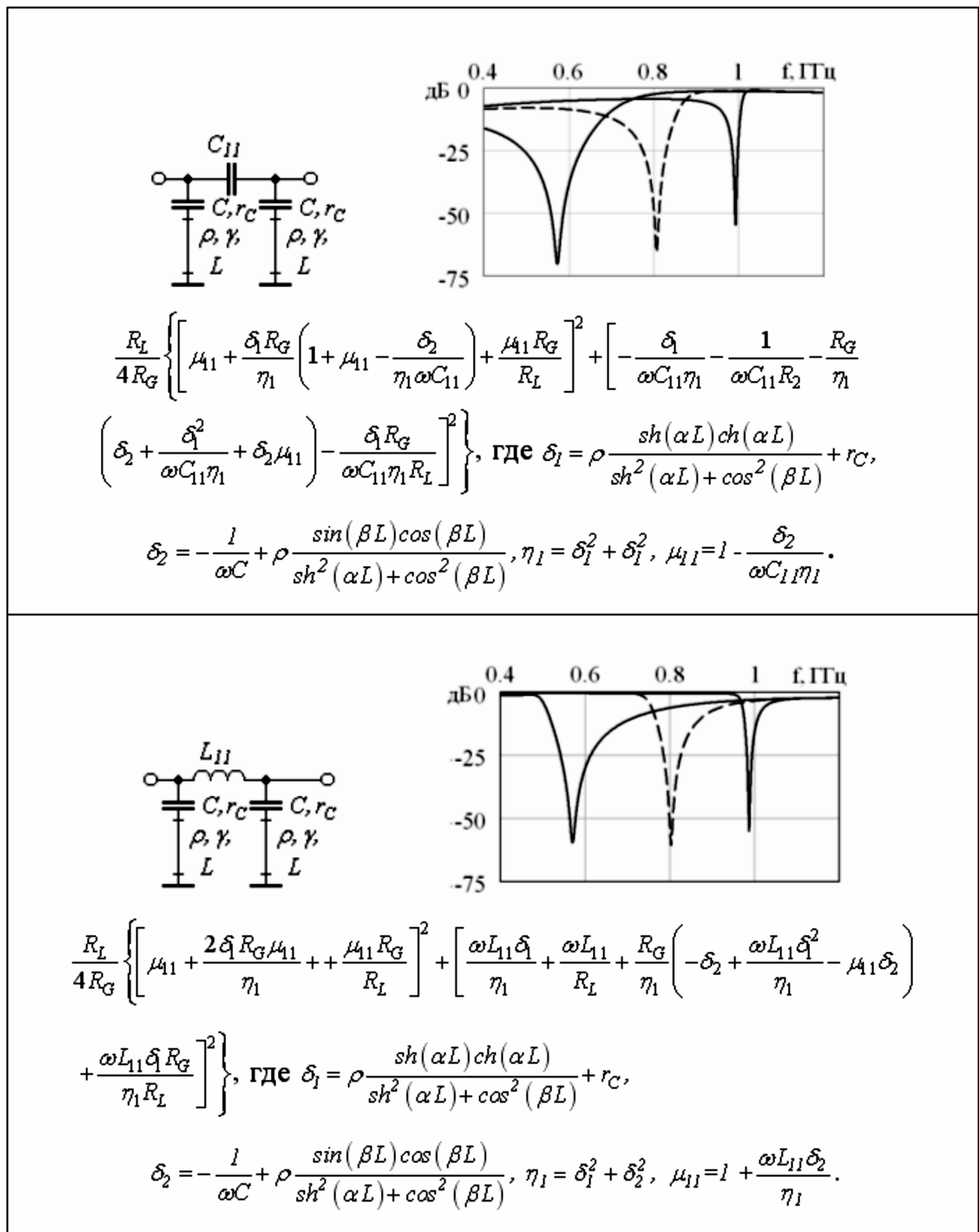




Таблица 3/2.

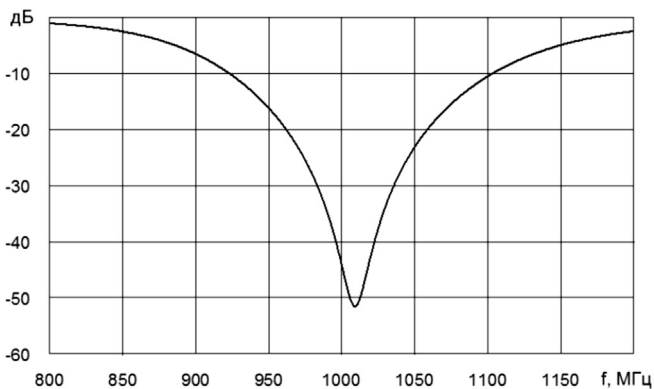
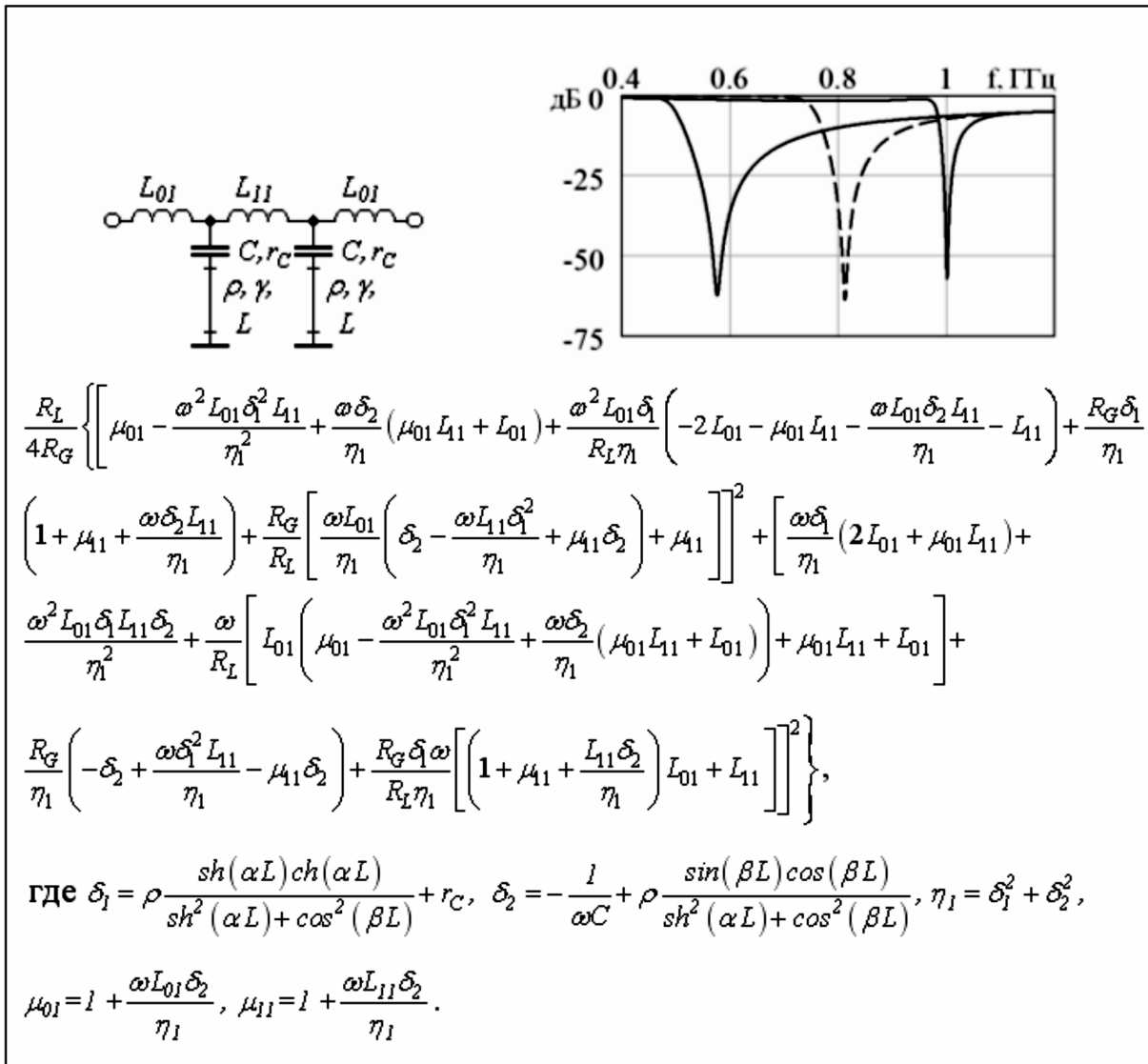


Рисунок 1. Расчётная АЧХ ПРФ.

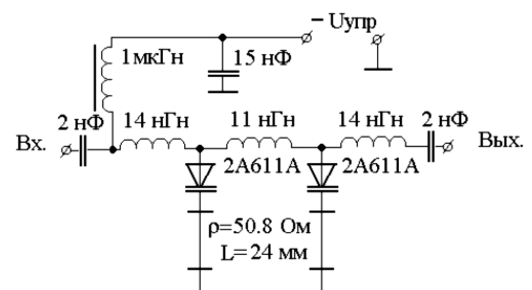


Рисунок 2. Электрическая принципиальная схема перестраиваемого КПРФ.

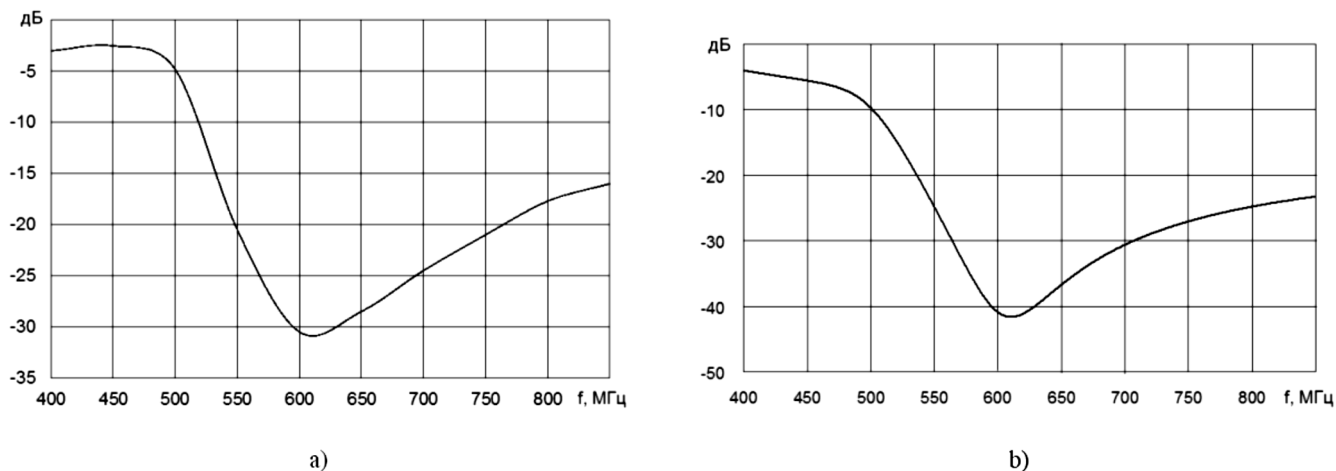


Рисунок 3. Экспериментальная (при  $U_{упр} = 1$  В), - а) и расчетная (при ёмкости варикапов 7 пФ, - б) АЧХ КПРФ, схема которого изображена на рис. 2.

### Вывод

Предложены аналитические выражения и метод проектирования, которые позволяют учитывать диссипатив-

ные потери в элементах квазиполиномиальных режекторных фильтрах и тем самым улучшить качество его расчёта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Унру Н.Э. Возможности использования квазиполиномиальных перестраиваемых режекторных фильтров в бортовых комплексах радиосвязи. – 6 международный симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. Материалы симпозиума. – Санкт-Петербург, 2005. с. 187–191.
2. Унру Н.Э., Григорьев Е.В. Электрические характеристики и метод проектирования двухконтурных перестраиваемых квазиполиномиальных режекторных фильтров с параллельным резонансом. – Научный вестник НГТУ. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – № 1(26). – с. 65–76.
3. Унру Н.Э., Григорьев Е.В. Перестраиваемые квазиполиномиальные режекторные фильтры третьего порядка на сосредоточенных элементах // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2007. вып. 6. с. 37–45.
4. Альбац М.Е. Справочник по расчёту фильтров и линий передачи. – М.–Л., Госэнергоиздат, 1963. – 200 с.
5. Собенин Я.А. Расчёт полиномиальных фильтров. – М.: Связьиздат, 1963. – 272 с.
6. Бачинина Е.Л., Прохорова Н.И., Фельштейн А.Л. Потери в фильтрах СВЧ и проблемы миниатюризации. – Радиотехника. – 1971. – т. 26, № 10. – с. 46–52.
7. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры свч, согласующие цепи и цепи связи /Пер. с англ. под общей ред. Л. В. Алексеева и Ф. В. Кушнира, т. 1. – М.: Связь, 1971. – 439 с.
8. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры свч, согласующие цепи и цепи связи /Пер. с англ. под общей ред. Л. В. Алексеева и Ф. В. Кушнира, т. 2. – М.: Связь, 1972. – 495 с.
9. Справочник по расчёту фильтров с учётом потерь, пер. с нем. Г.Ф. Литвиненко под общ. ред. К.А. Сильвинской. – М.: Связь, 1972. – 200 с.
10. Гусева М.Н. Обобщённый метод синтеза пассивных фильтров СВЧ с учётом диссипативных потерь. – Известия вузов, серия: Радиоэлектроника. – 1980. – № 11. – с. 14–18.
11. Фельштейн А.Л., Явич Л.Р. Синтез четырёхполюсников и восьмиполюсников на свч. – М.: Связь, 1971. – 388 с.

© Н.Э. Унру, Е.В. Григорьев, ( zhenok@ngs.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ТЭЭ-1 АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ТАРИФОВ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

THE BASIC PRINCIPLES AND FEATURES  
OF CREATION OF THE PROGRAM ТЭЭ-1  
COMPLEX OF THE AUTOMATED  
FORMATION OF TARIFFS  
IN THE SPHERE OF POWER SUPPLY  
OF THE KALININGRAD REGION

*G. Arunyants  
T. Voronin  
S. Ayrapetov*

#### Annotation

Results of the analysis of a condition of problems of regulation of activity of subjects of the electrosupplying complex of the Kaliningrad region and the main ways of increase of efficiency of activity of his subjects, and also the main decisions on creation of a program complex of the automated calculation of tariffs for electric energy focused on use within regional ACS by activity of the electrosupplying complex are given.

**Keywords:** power supply, electric networks, tariff, method of calculation of tariffs, tariff regulation, the automated information system, program complex, algorithm, information support, the software, the program module, the user interface.

*Арунянц Геннадий Георгиевич  
Д.т.н., профессор ФГБОУ ВПО*

*"Калининградский государственный  
технический университет"*

*Воронин Тимофей Аркадьевич*

*Аспирант каф. "Системы управления  
и вычислительная техника" ФГБОУ ВПО*

*"Калининградский государственный  
технический университет"*

*Айрапетов Сергей Альбертович*

*Аспирант каф. "Системы управления  
и вычислительная техника" ФГБОУ ВПО*

*"Калининградский государственный  
технический университет"*

#### Аннотация

Приводятся результаты анализа состояния проблем регулирования деятельности субъектов электроснабжающего комплекса Калининградской области и основных путей повышения эффективности деятельности его субъектов, а также основные решения по созданию программного комплекса автоматизированного расчета тарифов на электрическую энергию, ориентированного на использование в рамках региональной АСУ деятельностью электроснабжающих организаций.

#### Ключевые слова:

Электроснабжение, электрические сети, тариф, методика расчета тарифов, тарифное регулирование, автоматизированная информационная система, программный комплекс, алгоритм, информационное обеспечение, программное обеспечение, программный модуль, пользовательский интерфейс.

Современный этап развития и функционирования регионального комплекса электроснабжения характеризуется ростом предъявляемых к нему требований: управляемости, доступности, надежности. В то же время, согласно отечественному и зарубежному опыту электроэнергетический комплекс должен быть отрегулирован таким образом, чтобы он служил на благо всему обществу. Бесперебойное производство и распределение электроэнергии в системах регионального электроснабжения является важнейшим условием энергетической безопасности региона и страны в целом. Поэтому, системный анализ накопленного в процессе развития этого немаловажного сектора экономики страны опыта в области управления деятельностью объектов региональ-

ных систем электроснабжения – естественных монополий, поиска новых подходов и методов тарифного регулирования сегодня приобретает особую важность.

Электроэнергия и услуги по ее транспортировке и распределению по региональным электросетям являются товаром, производителями которого являются электропроизводящие и электросетевые предприятия и организации, а потребителями – организации, предприятия и население региона. Основной задачей эффективной координации деятельности субъектов региональной электроэнергетики становится обеспечение устойчивого баланса интересов производителей и потребителей этого вида товара при соблюдении интересов государства на

основе результатов технического надзора и анализа развития ситуации. Значительная нагрузка при этом возлагается именно на государство, как главного ограничителя стремлений предприятий – естественных монополий к получению сверхприбылей, а также гаранта выполнения необходимых требований эффективного учета интересов как потребителей в поставках электроэнергии по приемлемым ценам, так и производителей услуг по ее передаче и распределению для компенсации произведенных ими при этом затрат.

Исполнительным органом, осуществляющим деятельность по установлению регулируемых государством цен и тарифов является "Служба по государственному регулированию цен и тарифов Калининградской области" (далее СГРЦТ). Эффективность процесса регулирования деятельности субъектов регионального электроэнергетического комплекса связывается с организацией взаимодействия всех ветвей и уровней указанной системы, напрямую зависящего от организации общего информационного поля "СГРЦТ" – субъекты регулирования". Одной из важнейших задач регулирования при этом является определение экономической обоснованности затрат, включаемых в состав себестоимости производимой продукции или услуг.

К настоящему времени уже накоплен определенный опыт достижения окупаемости затрат на производство электрической энергии в некоторых промышленных регионах за счет возложения большей части производимых при этом расходов на предприятия промышленного сектора (перекрестное субсидирование). Более того, тарифное регулирование создает предпосылки стимулирования работы предприятий–потребителей в несколько смен, что выравнивает во времени потребление энерго-ресурсов, что особенно эффективно в условиях высокой автоматизации труда.

В условиях имеющих место затруднений оперативно-го учета издержек на производство и потребление электроэнергии уместно говорить о наличии проблем экономического анализа системы в целом. Принятый в настоящее время в сфере электроэнергетики затратный характер экономического механизма формирования тарифов выводит на первое место проблему системного анализа всех затрат, связанных с производством и передачей электроэнергии и расчета на их основе себестоимости единицы производимой продукции и услуг.

Установлено, что для эффективного тарифного регулирования деятельности субъектов региональной системы энергоснабжения необходим пересмотр тарифов не менее 4 раз в год [1]. Это связывается с необходимостью систематической оценки состояния электроэнергетических объектов, включая электросети, и многократного проведения соответствующих расчетов, требующих ре-

ализации достаточно сложных вычислительных операций с использованием специально разрабатываемых для этих целей алгоритмов, реализуемых в рамках автоматизированных информационных систем (АИС). Совершенно очевидно, что практическая реализация эффективного тарифного регулирования в этих условиях невозможна без разработки и внедрения региональных автоматизированных информационных систем (РАИС), обеспечивающих в автоматизированном режиме сбор, хранение, обработку и анализ осведомляющей информации и обмен данными по схеме "СГРЦТ – субъекты регулирования.

При постановке задачи разработки универсального программного комплекса ТЭЭ–1 автоматизированного формирования тарифов в сфере электроснабжения, ориентированной на функционирование в рамках РАИС, предполагалось, что его использование в электроснабжающих предприятиях и региональных службах по государственному регулированию цен и тарифов позволит установить единые правила для всех субъектов регулирования в части методики определения себестоимости выработки и передачи электроэнергии, повысить эффективность оперативной проверки (экспертизы) регулирующими органами правильности отнесения затрат на себестоимость продукции (услуг), а также мониторинга и анализа состояния теплоснабжения региона для разработки плана оперативных мероприятий и стратегии развития электроэнергетической системы региона.

В качестве базовой методологической основы, принятой при разработке машинных алгоритмов, реализуемых в комплексе ТЭЭ–1, были приняты методические указания [2], предназначенные для использования регулирующими органами и регулируемым организациями для расчета методом экономически обоснованных расходов уровней тарифов и цен на розничном (потребительском) рынке электрической энергии (мощности).

Основной особенностью принятой методики расчета тарифов (цен) на электрическую энергию (мощность) является предварительное формирование четырех групп потребителей (тарифных групп), каждой из которых соответствует свой определенный набор расчетных алгоритмов. Тарифы на электрическую энергию, отпускаемую потребителям, дифференцируются по уровням напряжения [2].

Проведенный анализ действующих в настоящее время методических указаний по расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую энергию (мощность) на розничном (потребительском) рынке [2] позволил выявить ряд их недостатков, затрудняющих их реальное использование при разработке специального алгоритмического обеспечения программного комплекса ТЭЭ–1. Это, прежде всего иерархичность и множественность применяемой системы индексации отдельных показателей при

выборе расчетных элементов и сложность формирования вектора необходимых для этого исходных данных и, собственно, реализации самих вычислительных процедур, характеризующихся разветвленностью и связанностью. В результате была предложена стратегия практической реализации комплекса ТЭЭ-1, в соответствии с которой выбор направления и вида расчета тарифов на электрическую энергию (мощность) в процессе функционирования ТЭЭ-1 осуществляется по процессуальной схеме, приведенной на рис. 1. Здесь: БД ФСТ – база данных Федеральной службы тарифов, БД РСТ – база данных региональной службы тарифов.

Наибольшую проблему, на наш взгляд, представляет реальный учет потерь электроэнергии, включающих нагрузочные потери в линиях, силовых трансформаторах и автотрансформаторах; потери холостого хода трансформаторов и автотрансформаторов; потери на корону в воздушных линиях и др. Обоснована необходимость реализации такого учета в разрезе плановых и фактических показателей. Более того необходима оценка фактического и планового состояния самой системы подконтрольной региональной электросети, что позволяет в условиях АИС проводить эффективный анализ и прогнозирования состояния электроснабжения.

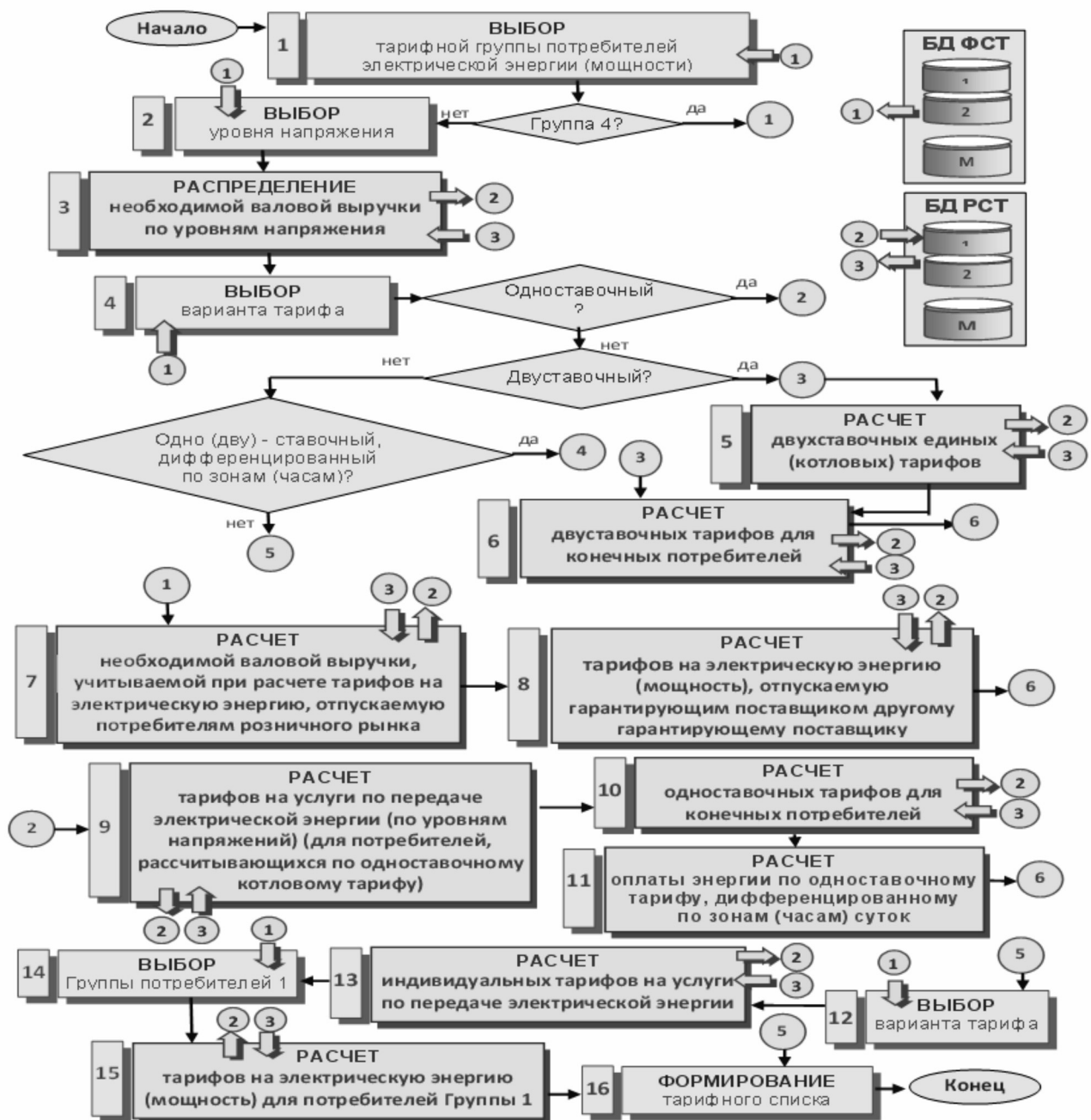


Рисунок 1. Схема выбора направление расчета.

Используемые в Методике [2] обобщенные показатели потерь без их детализации при имеющей место тенденции к росту абсолютных и относительных потерь затрудняют принятие своевременных эффективных мер по их снижению – важнейшей задачи повышения эффективности региональной электроэнергетики, сдерживания темпов роста тарифов на электроэнергию.

В результате было принято решение о включении в структуру разрабатываемого программного комплекса ТЭЭ–1 подсистему "Расчет технологического расхода (потерь) электрической энергии при передаче по электрическим сетям региональных энергосистем (ПЭЭ–1)", разработку которой предполагалось провести с использованием ранее полученных результатов, приведенных в работе [3]. Включение такой подсистемы позволяет эффективно использовать получаемые в процессе ее функционирования расчетные данные для решения широкого круга задач энергосбережения в региональных сетях электроснабжения.

При постановке задачи разработки подсистемы ПЭЭ–1 основное внимание было уделено решению проблем, связанных с автоматизированным расчетом нагрузочных потерь, определяющих значительную часть затрат, учитываемых при формировании различных тарифов на электроэнергию для различных классов сетей и потребителей.

Расчеты проводятся и в рамках соответствующих программных модулей комплекса ТЭЭ–1, перечень которых приведен в таблице 1. Наименование модулей соответствует наименованиям методик, приведенных в документации действующих Указаний [2] и в работе [3]. Исходные данные, необходимые для расчетов, формируются с использованием действующих в электроснабжающих организациях средств контроля и учета, структурируются и хранятся в специально создаваемых базах данных (БД) соответствующих подсистем программного комплекса ТЭЭ–1.

Приведенные в табл. 1 программные модули реализуют разработанные машинные алгоритмы расчета всех предусмотренных соответствующими методами показателей.

Примеры вычислительных схем реализации разработанных машинных алгоритмов отдельных модулей приведены на рисунках 2, 3.

Программная реализация модулей комплекса обеспечивает ведение локальных баз данных (БД) функциональных подсистем и БД комплекса ТЭЭ–1 в процессе его функционирования в условиях возможных изменений по их составу и структуре, автоматизированное формирование, отображение и вывод на печать выходных форм установленного вида. Действенный контроль на всех

Таблица 1.

Перечень подсистем (модулей) программного комплекса ТЭЭ-1.

№	Обозначение	Наименование
<b>ПОДСИСТЕМА ТЭЭ-1</b> расчета тарифов на электрическую энергию (мощность)		
1	РТ.ШЭ-1	Расчет уровня цены на электрическую энергию на шинах энергоснабжающей организации - субъекта розничного рынка
2	РТ.УП-1	Расчет тарифа на услуги по передаче электрической энергии по региональным электрическим сетям
3	РТ.УПК-1	Расчет тарифа на услуги по передаче электрической энергии по (по уровням напряжений) (для потребителей, рассчитывающихся по одноставочному котловому тарифу)
4	РТ.УПИ-1	Расчет индивидуального тарифа на услуги по передаче электрической энергии
5	РТ.ГП-1	Расчет тарифов по группам потребителей электрической энергии
<b>ПОДСИСТЕМА ПЭЭ-1</b> расчета технологического расхода (потерь) электрической энергии при передаче по электрическим сетям региональных энергосистем		
6	РП.СВН-1	Расчет потерь в разомкнутых сетях 6-150 Кв. (среднее (СН) и высокое (ВН) напряжение)
7	РП.СНН-1	Расчет потерь в разомкнутых сетях 0,38 Кв. (низкое (НН) напряжение)

уровнях комплекса обеспечивается использованием развитой системы диагностики и принятия решений.

Концепция построения сложно структурированных программных комплексов, принятая за основу при построении комплекса ТЭЭ-1 определила его общую структуру с использованием результатов проведенной де-

композиции общей задачи на отдельные функциональные подсистемы, в рамках которых решается определенный комплекс задач.

Предусмотрено раздельное и совместное их функционирования в процессе решения поставленных задач с учетом их взаимосвязи.

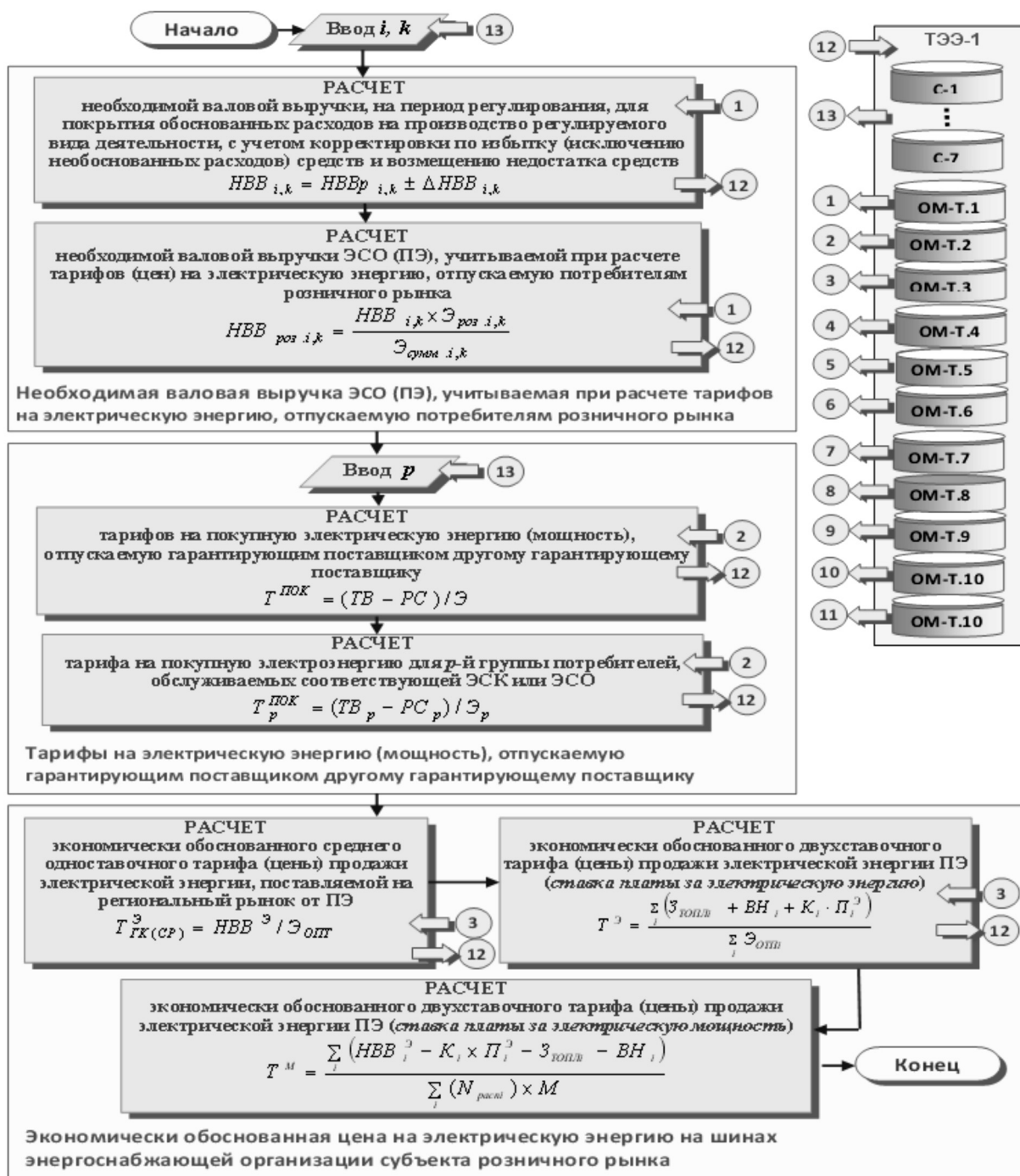


Рисунок 2. Расчет тарифа на электрическую энергию на шинах энергоснабжающей организации - субъекта розничного рынка (Модуль РТ.ШЭ-1).

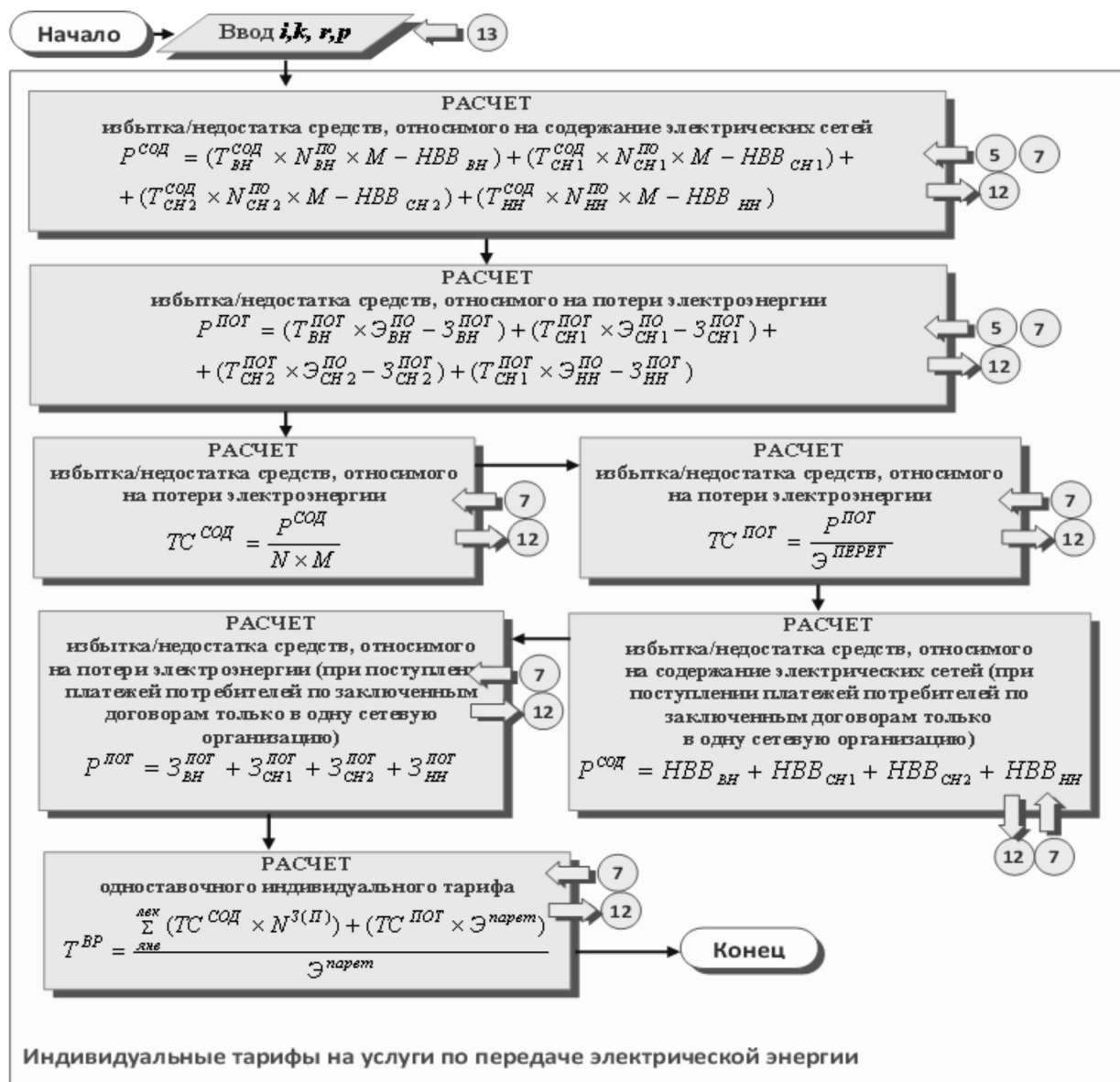


Рисунок 3. Расчет индивидуального тарифа на услуги по передаче электрической энергии (Модуль МЭОР-1).

В соответствии с принятой концепцией структурной реализации программного комплекса ТЭЭ-1, а также особенностей реализации разработанных машинно-ориентированных алгоритмов были выделены основные его режимы (рис. 4), что связывалось с постановкой и реализацией задач по созданию его внутрисистемных и пользовательских интерфейсов и ключевых подсистем. Укрупненная схема пользовательского интерфейса программного комплекса ТЭЭ-1 представлена на рис. 5.

В соответствии с принятым принципом организации специального программного обеспечения комплекса ав-

томатический информационный обмен между отдельными его модулями (подсистемами) в процессе решения различных задач осуществляется с использованием структурированной по различным уровням БД, разработка которой производилась с использованием результатов предварительного анализа взаимосвязи подсистем с целью выявления их зависимости по резуль- татной информации при условии организованного доступа к общему банку данных системы.

Такие исследования позволили сделать соответствующие выводы по организации их разработки.





Рисунок 4 Основные режимы работы комплекса ТЭЭ-1.

Учитывая низкую связанность подсистем комплекса, был сделан вывод о возможности и целесообразности их автономной разработки, который был учтен при разработке архитектурной организации и базы данных комплекса.

Для обеспечения эффективной работы программного комплекса ТЭЭ-1 разработка его информационного обеспечения основывалась на использовании единого адресного пространства и процедур при реализации заложенных в основу информационного взаимодействия механизмов, реализуемых посредством разработанных общесистемных и пользовательских интерфейсов.

В целом информационное обеспечение разработанного программного комплекса ТЭЭ-1 включает настройки его функционирования, пользовательские данные, справочные и оперативные массивы. Вывод о приемлемости и целесообразности применения реляционной мо-

дели организации данных для построения банка данных комплекса, включающего БД его подсистем, был сделан на основании проведенного анализа особенностей разработанных машинных алгоритмов, а принятая для реализации статическая структура информационной базы не противоречит требованиям расширяемости и устойчивости программного комплекса.

В тоже время разрабатываемая информационная база данных комплекса ТЭЭ-1 характеризуется большой структурной и содержательной сложностью, что потребовало выбора и использования единого подхода к формированию дружественного пользовательского интерфейса с целью обеспечения их внешнего представления в принятой форме.

Принятый подход к анализу состава и разделению полей информационной базы, предложенный в работе [3], позволяет эффективно создавать реляционную БД лю-

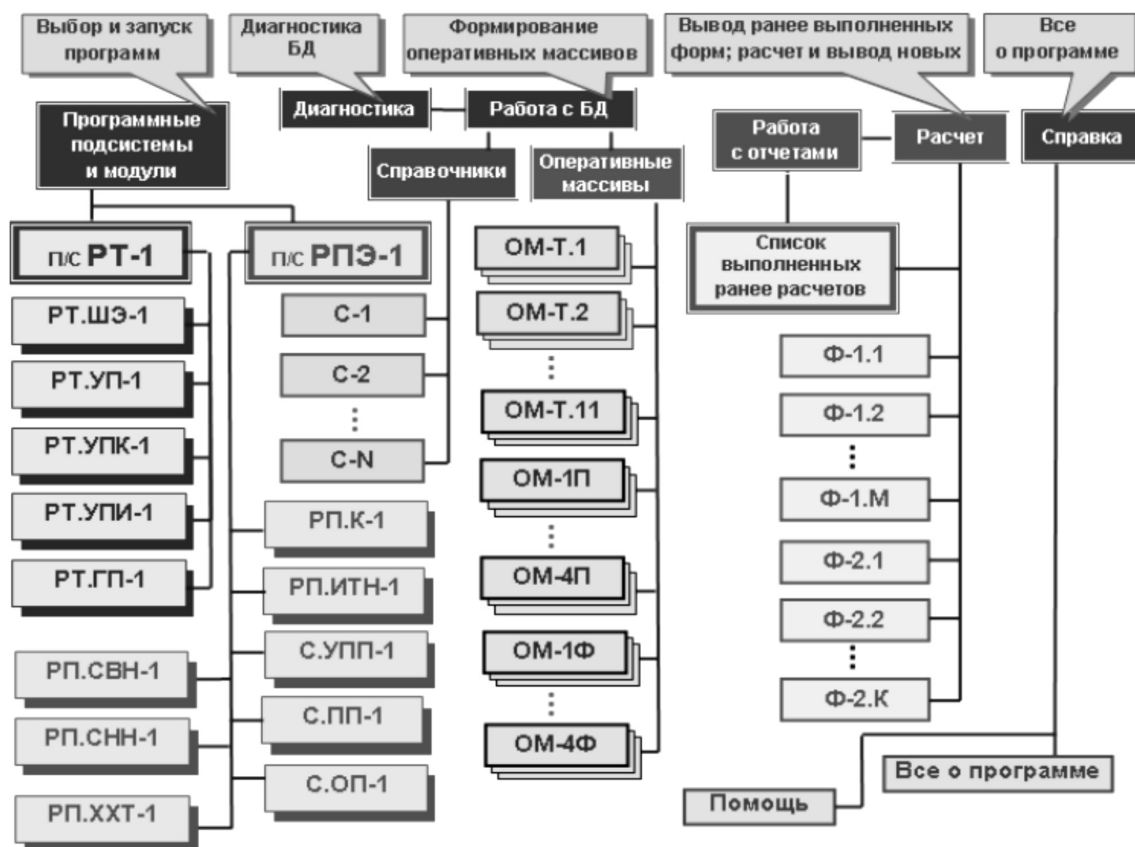


Рисунок 5 Укрупненная схема пользовательского интерфейса программного комплекса ТЭЭ-1.

бой сложности. Исключение возможности нарушения ее целостности обеспечивалась проведением нормализация структур данных для БД локальных подсистем в соответствии с положениями теории нормальных форм [4]. Принималась во внимание и возможность возникновения в процессе эксплуатации комплекса различного рода возмущений по составу и структуре входной информации, что учитывалось при разработке архитектуры отдельных функциональных подсистем и комплекса в целом.

Применяемые при этом подходы обеспечивают устойчивость и гибкость комплекса при возникновении динамических изменений и наращивания функционала.

Принятая при разработке программного комплекса ТЭЭ-1 децентрализованная архитектура представлялась наиболее подходящей при необходимости обеспечения возможности реализации условий автономности функциональных подсистем (модулей) входящих в его состав [5]. В этих условиях каждая конкретная подсистема должна иметь свое уникальное программное обеспечение и локальную БД, а все подсистемы – одинаковую ар-

хитектуру. Полная информационная совместимость подсистем (модулей) комплекса обеспечивается использованием ими стандартных величин предметной области.

Применение способа динамического формирования пользовательского интерфейса для каждого модуля с использованием метаданных о его структуре и связях с другими элементами успешно решает проблемы размерности решаемых задач, а также адаптивности разрабатываемого интерфейса в условиях изменяющегося состава и структуры используемых информационных массивов.

За счет снятия проблемы разработки интерфейса для каждой подсистемы обеспечивается гибкость к модификации и адаптации комплекса в целом. Программная логика пользовательского интерфейса и сформированные правила работы с ним обеспечивают анализ всех изменений в составе и структуре локальных подсистем.

Формируемые в результате работы программного комплекса ТЭЭ-1 отчеты установленного вида используются на различных этапах формирования и анализа тарифов на производство и передачу электроэнергии.

Кроме того в рамках комплекса реализованы процедуры, обеспечивающие возможность проведения экспериментальных исследования с целью решения задач по-

иска оптимальных решений и прогнозирования в рамках тарифного регулирования и энергосбережения при различных значениях исходных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арунянц, Г.Г. Концепция и особенности построения программного комплекса РТ-Q-1 автоматизированного формирования тарифов в сфере теплоснабжения / Г.Г. Арунянц, Т.А. Воронин, С.А.Айрапетов // Наука и бизнес: пути развития. – 2016. – № 3 (57). – С. 66–75
2. Методические указания по расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую (тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке / Приложение к приказу Федеральной службы по тарифам от 6 августа 2004 года N 20-э/2 (с изменениями на 14 апреля 2014 года).
3. Арунянц, Г.Г. Особенности построения программного комплекса расчета и анализа потерь в электрических сетях. Текст. / Г.Г. Арунянц, И.К. Хузмиев, А.Ю. Калинин. // Вестник ФЭК РФ, №4. М.: 2005. – С. 47–54
4. Харрингтон, Д. Проектирование объектно-ориентированных баз данных / Д. Харрингтон // пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 272 с.
5. Collins, D. Designing Object-Oriented User Interfaces / D. Collins // англ. – Benjamin: Cummings Publ. – 1995. – 590 с.

© Г.Г. Арунянц, Т.А. Воронин, С.А. Айрапетов, ( Suro99@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

# 7-9

## декабря

### КАЗАНЬ-2016

**ОРГАНИЗАТОРЫ**

Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан,  
Ассоциация предприятий и предпринимателей Республики Татарстан,  
Мэрия города Казани,  
ОАО «Казанская ярмарка»

При поддержке Президента и Правительства Республики Татарстан

Реклама






16-я международная специализированная выставка

## Машиностроение. Металлообработка. Казань

11-я специализированная выставка

## ТехноСварка Казань

# РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ

**Логачёв Максим Сергеевич**  
Аспирант, ГБПОУ г Москвы "Колледж  
Современных технологий им. Героя  
Советского Союза М.Ф. Панова"

## DEVELOPMENT OF THE UNIVERSAL STRUCTURE AUTOMATED SYSTEMS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS FOR EDUCATIONAL PROCESS

*M. Logachyov*

### Annotation

In article the possibility of automation of functions of control and management of educational process is considered. The general structure of the automated system providing maintaining, maintenance and control of educational process is represented. Modules of the automated system are allocated, their short characteristic and opportunities is provided. In work it is noted that certain modules are already developed and are actively used by the educational organizations. But at the same time they carry out autonomous work and data for processing obtain from the administrator. For certain software products it is a serious shortcoming as the possibility of adoption of subjective and incompetent decisions at input of certain data in system for processing appears. The automated system presented in article has to unite the existing systems and ensure their functioning and control by means of creation of the separate module which is responsible directly for monitoring. In article it is represented разработ such module with the detailed description of his characteristics. His main task is association of a number of the software products which are responsible for maintenance of educational process at the same time in parallel exercising control of the used data. Control is exercised on formal grounds normative documents of the educational and methodical complexes developed in the educational organization and federal or regional educational standards. Existence of such module allows to solve a problem of subjective and incompetent decisions, to provide efficiency of decision-making, transparency of maintaining and control of educational process and productivity of each employee and trained. Allows to provide fast access to results of activity of all educational organization to her heads, and also external inspection bodies.

**Keywords:** The automated system; educational process; module; management.

### Аннотация

В статье рассматривается возможность автоматизации функций контроля и управления образовательным процессом. Представляется общая структура автоматизированной системы, обеспечивающей ведение, сопровождение и контроль образовательного процесса. Выделяются модули автоматизированной системы, приводится их краткая характеристика и возможности. В работе отмечается, что определенные модули уже разработаны и активно используются образовательными организациями. Но при этом они осуществляют автономную работу и данные для обработки получают от администратора. Для определенных программных продуктов это является серьезным недостатком, так как появляется возможность принятия субъективных и некомпетентных решений при вводе определенных данных в систему для обработки. Представленная в статье автоматизированная система должна объединить существующие системы и обеспечить их работу и контроль посредством создания отдельного модуля, отвечающего непосредственно за мониторинг. В статье представляется разработка такого модуля с подробным описанием его характеристик. Основной его задачей является объединении ряда программных продуктов, отвечающих за сопровождение образовательного процесса, при этом параллельно осуществляя контроль используемых данных. Контроль осуществляется по формальным признакам нормативных документов учебно-методических комплексов, разработанных в образовательной организации, и федеральных или региональных образовательных стандартов. Наличие такого модуля позволяет решить проблему субъективных и некомпетентных решений, обеспечить оперативность принятия решений, прозрачность ведения и контроля образовательного процесса и результативности каждого сотрудника и обучающегося. Позволяет обеспечить быстрый доступ к результатам деятельности всей образовательной организации ее руководителям, а также внешним проверяющим органам.

### Ключевые слова:

Автоматизированная система; образовательный процесс; модуль; управление; структура; мониторинг; подсистема; база данных; схема; компонент.

Отрасль образования относится к социально-культурной сфере, что накладывает особую специфику на процессы автоматизации.

В отличие от производственной сферы, результаты

нематериальной деятельности здесь не так очевидны: производимый продукт практически с трудом поддается количественному измерению, критерии эффективности образовательной деятельности не имеют четкого и однозначно понимаемого определения [8].

В связи с этим автоматизированная система контроля и управления образовательным процессом должна обеспечить деятельность образовательной организации по подготовке, осуществлению и сопровождению образовательного процесса. Структура такой системы представлена на рис. 1.

Такая структура разработана с целью объединения программных средств, использующих одни и те же данные для работы, функционирующих в одной предметной области, дополняя работу друг друга. В схеме такие программные продукты объединены в так называемые модули – автоматизированные системы с указанием своей специфики функционирования. В целом работа таких модулей направлено на обеспечение качества, управления, сопровождения и подготовки образовательного процесса.

Рассмотрим каждый из модулей автоматизированной системы мониторинга образовательного процесса (под

модулем понимается автоматизированная система, состоящая из ряда подсистем):

1. Автоматизированная система "Методическая" представляет собой комплекс систем, обеспечивающих методическое сопровождение образовательного процесса. Включающая в себя подсистемы:

а) подсистема "библиотека", обеспечивающей учет и контроль библиотечного фонда (другими словами, автоматизация деятельности библиотеки образовательной организации). В настоящий момент имеется множество программных реализаций, отличающихся друг от друга стоимостью и размерами библиотечного фонда;

б) подсистема "учебно-методическое обеспечение" включает в себя справочные системы, системы электронного документооборота и т.д. Имеет программные реализации.

2. Автоматизированная система "Учебная" включает в себя управление образовательного процесса. На данный момент имеется множество программных приложе-



Рисунок 1. Структурная схема автоматизированной системы мониторинга образовательного процесса. (Источник: разработано автором).

ний, позволяющие автоматизировать функции составления расписания учебных занятий, проверки учебных планов и нагрузки преподавателей, ведение электронного журнала или дневника и т.д. Электронно-образовательные ресурсы позволяют качественно проводить учебные занятия.

3. Автоматизированная система "Мониторинг" состоит из подсистем уже используемых в образовательных организациях. При этом программные приложения между собой не связаны и не используют результаты работы друг друга. В настоящий момент имеется множество программных приложений, позволяющих с разных точек зрения проверить результаты образовательной деятельности, но отсутствуют приложения, осуществляющие контроль подготовки нормативных документов образовательной организации для ведения образовательной деятельности. Таким образом, подсистемы мониторинга учебных занятий и учебно-методических комплексов должна осуществлять контроль по формальным признакам, определенных в главе 3 и иметь либо собственную базу данных для осуществления работы, либо иметь полноценный доступ к базе данных интегрированной автоматизированной системе образовательной организации.

4. Автоматизированная система "Административная" включает в себя множество подсистем, связанных не только с образовательной деятельностью. В настоящий

момент каждая организация должна предоставлять документы в контролирующие органы в определенной форме, соответственно для обеспечения этой деятельности необходимо наличие соответствующего программного обеспечения. Вид программного обеспечения зависит от объемов обрабатываемой информации и размеров организации.

Из описанных выше подсистем практической реализации не имеют только подсистемы мониторинга учебно-методических комплексов, балльно-рейтинговой системы и учебных занятий. В образовательных организациях в настоящий момент могут использоваться такие программные продукты, как балльно-рейтинговая система [2, 7], реализованная в виде электронного журнала, программы составления расписания учебных занятий [3], но все это не относится к мониторингу. Такие программные продукты не связаны друг с другом, администрируются разными специалистами и могут не соблюдать требования не только учебно-методических комплексов, но и образовательных стандартов. В связи с этим необходимо наличие такого программного компонента, позволяющего интегрировать данные программные продукты, обеспечить целостность и непротиворечивость данных. Таким программным компонентом должна стать автоматизированная система мониторинга подготовки образовательного процесса, структура которой представлена на рис. 2.



Рисунок 2. Схема структуры модулей автоматизированной системы мониторинга подготовки образовательного процесса (Источник: разработано автором).

*Автоматизированная система, осуществляющая мониторинг процесса подготовки к образовательному процессу, работает с двумя базами данных:*

1. База данных мониторинга хранит в себе необходимые данные для работы каждого из модулей системы, например результаты экспертного опроса [4], весовые значения критериев и т.д.

2. Интегрированная база данных, или модуль взаимодействия с интегрированной базой данной, необходим для экспорта данных, полученных в ходе осуществления мониторинга.

Для обеспечения полноценной работы автоматизированной системы необходимо осуществление импорта данных из других подсистем, характерных для других блоков интегрированной автоматизированной системы. К таким блокам относятся балльно-рейтинговая система, расписание учебных занятий и учебный план, соответственно для каждого блока предусматривается соответствующий модуль взаимодействия, обеспечивающий функционирование подсистемы [6].

*Остальные модули характерны для работы самой автоматизированной системы, не опираясь на особенности работы других подсистем:*

1. Модуль настройки весовых коэффициентов работает с результатами экспертного оценивания каждого из критериев [7]. Предполагается два варианта работы такого модуля: администратор системы вводит значения каждого критерия; администратор вводит в систему заполненные экспертные листы, на основании которых осуществляется расчет значений весовых критериев. Такой вариант является эффективным, так как исключает человеческий фактор при вводе значений.

Модуль предусматривает не только получение значений весовых значений, но и также добавление новых или удаление критериев, утративших свое значение. Удаление критериев может быть связано с изменением образовательных стандартов, условий оформления документов в образовательной организации и т.д.

2. Модуль взаимодействия с пользователем подразумевает наличие разных категорий пользователей [8]. При функционировании системы возможны следующие варианты работы:

- ◆ проверка осуществляется централизованно через одно рабочее место. Таким образом, исключается дополнительная излишняя нагрузка на систему, но при этом увеличивается нагрузка на сотрудника, занимающегося администрированием централизованной точки доступа [1]. При этом исключается вариант предварительной проверки документов сотрудниками перед согласованием или утверждением. В этом случае увеличи-

вается вероятность увеличения числа ошибок в документах;

- ◆ проверка осуществляется посредством распределенного доступа. Так как автоматизированная система предполагает web-интерфейс приложения, то такой вариант является наиболее подходящим, так как не требуется специализированного программного обеспечения для пользовательского клиента. Это позволяет любому сотруднику осуществлять работу с приложением. При этом необходимо учитывать количество параллельно работающих пользователей и уровень их доступа. Такой вариант является самым сложным для сопровождения, так как предполагает обучение сотрудников эксплуатации системы, обеспечению согласованности осуществляемых транзакций и т.д.

3. Модуль вывода графической информации и статистики обеспечивает создание запрашиваемых пользователем отчетов, статистики и предоставление их в графическом виде. Статистика может проводиться по качеству содержания отдельных типов документов, качеству и уровню сформированности документации специальности или дисциплины и т.д.

4. Модуль оценки документа предполагает программную реализацию алгоритмов оценивания каждого документа по критериям, установленных в результате работы модуля настройки значений весовых критериев.

В результате использования автоматизированной системы обеспечивается деятельность образовательной организации по подготовке, осуществлению и сопровождению образовательного процесса. Модульная архитектура позволяет контролировать отдельные компоненты, характерные для деятельности образовательной организации.

Подобная система является локальной для образовательной организации, учитывая ее специфику. Причем отдельные модули этой системы могут являться частью распределенной системы. На основании этого необходима интеграция всех данных из модулей и подсистем.

Для функционирования такой системы должна использоваться клиент-серверная архитектура, которая является трехуровневой: клиент – сервер приложений – сервер баз данных. Объем данных, подвергающейся обработке зависит от программ, по которым осуществляется подготовка в образовательной организации (если система локальная) или регионе (если система распределенная). Для качественного функционирования необходимо рациональное распределение нагрузки на систему масштабирования. Взаимодействие между автоматизированной системой и пользователем происходит с помощью web-браузера. Пользователями системы могут являться обучающиеся, преподаватели, сотрудники кафе-

дры, деканата, учебного отдела и т.д., которые получают данные из системы через тонкие клиенты, установленные в образовательной организации. При этом доступ и функциональные возможности у каждой категории пользователей ограничен. Так например, обучающийся может пользоваться электронным журналом или модулем балльно-рейтинговой системы для получения информации без внесения каких-либо изменений, а педагогический работник, напротив, может не только ознакамливаться с имеющейся информацией, но и изменять ее согласно своей нагрузке.

Для функционирования отдельных модулей необходимо наличие специально обученного специалиста, осу-

ществляющего полное сопровождение модуля.

В результате создания и внедрения автоматизированной системы контроля и управления образовательным процессом осуществляется централизация всех процессов, быстрая их обработка и доступ к полученным результатам [5]. При этом осуществляется сокращение различных барьеров между структурными подразделениями одной образовательной организации, устранение необоснованного дублирования работ, выполняемых разными сотрудниками, устранение субъективных или некомпетентных решений со стороны отдельных сотрудников или руководителей, сокращение времени на принятие решений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Булдаев А.А., Дугаров А.А. Информационная система учета и хранения учебных дисциплин: сборник трудов конференции "Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий (Улан-Удэ, 11–18 августа 2015 г.). – Улан-Удэ: ВСГУТУ, 2015. – С. 10–15.
2. Иванов И.В. Автоматизированная система определения квалификации специалистов (на примере полиграфического производства): автореферат ... канд. техн. наук: 05.13.06. – М., 2012. – 20 с.
3. Коджешау М.А. Влияние новых информационных технологий на повышение эффективности управления качеством образования // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2006. – №1. – С. 245–246.
4. Логачёв М.С. Подготовка экспертного опроса для определения значимости элементов рабочей программы учебных дисциплин // Профессиональное образование и общество. – 2016. – №1(17). – С. 66–73.
5. Миронова Л.И. Необходимые условия эффективного функционирования инновационного вуза // Известия УрГЭУ. – 2010. – №3(29). – С. 145–152.
6. Немцев А.Н. Проектирование автоматизированной информационной системы мониторинга деятельности образовательных учреждений и предоставления "Электронных услуг" в сфере образования / А.Н. Немцев, А.И. Штифанов, В.А. Беленко [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2011. – №13–1 (108). – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-avtomatizirovannoy-informatsionnoy-sistemy-monitoringa-deyatelnosti-obrazovatelnyh-uchrezhdeniy-i-predostavleniya>. – Дата обращения: 17.05.2016.
7. Тигина М.С. Автоматизированная система оценки уровня сформированности компетенций у студентов на протяжении всего обучения: диссертация ... канд. техн. наук: 05.13.06. – М., 2015. – 148 с.
8. Швецова С.В. Автоматизация систем управления образования [Электронный ресурс]. – [http://vestnik.yspu.org/releases/novosti\\_i\\_problemy/13\\_4](http://vestnik.yspu.org/releases/novosti_i_problemy/13_4). – Дата обращения: 13.05.2016.

© М.С. Логачёв, (logachevmaxim@gmail.com), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,





## ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ ДОКУМЕНТА-ЭТАЛОНА ДЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ

### DESCRIPTION OF THE STRUCTURE STANDART FILE OF THE AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING QUALITY OF EDUCATIONAL DOCUMENTS

*M. Logachyov*

#### Annotation

The structure of the file necessary for functioning of the automated system of monitoring of quality of educational documents is presented in article. On the basis of the presented structure the file including the Federal state educational standard of specialty for secondary professional education is created. The detailed description of each element of this file is provided.

**Keywords:** automated system, monitoring, working program, structure, xml-file.

*Логачёв Максим Сергеевич*

*Аспирант, ГБПОУ г Москвы "Колледж  
Современных технологий им. Героя  
Советского Союза М.Ф. Панова"*

#### Аннотация

В статье представлена структура файла, необходимого для функционирования автоматизированной системы мониторинга качества образовательных документов. На основании представленной структуры создается файл, включающий в себя Федеральный государственный образовательный стандарт специальности для среднего профессионального образования. Приводится подробное описание каждого элемента данного файла.

#### Ключевые слова:

Автоматизированная система, мониторинг, рабочая программа, структура, xml-документ.

**В** настоящий момент, чтобы приступить к ведению образовательного процесса любому педагогическому работнику необходимо иметь полностью укомплектованный учебно-методический комплекс к каждой образовательной дисциплине. Перед этим любой документ должен быть проверен на соответствие ФГОС разными структурными подразделениями образовательной организации (например кафедрой, методической и учебной службой). В любой образовательной организации вследствие объединения площадок возрастает количество реализуемых образовательных программ, а следовательно увеличивается количество нормативных документов и возрастает нагрузка на сотрудников из проверяющих отделов. Помимо этого надзорные органы осуществляют систематическую проверку на соответствие имеющихся документов ФГОС. При этом проверка каждого документа осуществляется "вручную" специалистами из соответствующих предметных областей. При этом результат проверки является субъективным и основывается на опыте проверяющего специалиста.

Для обеспечения такого процесса необходимы специализированные технические средства, позволяющие обеспечить непрерывный контроль за ведением учебно-методической документацией. В качестве такого средства предлагается использовать автоматизированную

систему мониторинга качества образовательных документов.

Для функционирования такой системы необходимо наличие двух типов файлов: эталона и проверяемого. Файлы-эталоны содержат в себе всю необходимую и верно составленную информацию о специальности в целом или отдельным дисциплинам. В образовательной организации к файлам-эталонам могут быть отнесены такие документы, как ФГОС, учебный план, образовательная программа, примерная (рекомендуемая) рабочая программа, шаблоны документов учебно-методических комплексов и т.д. Проверяемыми файлами являются файлы, формирующие учебно-методический комплекс по специальности. Как показал опрос работы методиста, что такая документация имеется как в бумажном, так и в электронном варианте. В электронном варианте все документы, в основном создаются в редакторах Microsoft Word (разные версии), реже в Writer OpenOffice. В некоторых случаях такие документы хранятся в формате pdf.

Так как все файлы могут быть созданы в разных редакторах и даже в разных версиях одного редактора, то для функционирования автоматизированной системы их необходимо представить в одном виде без потери информации о содержании и оформлении.

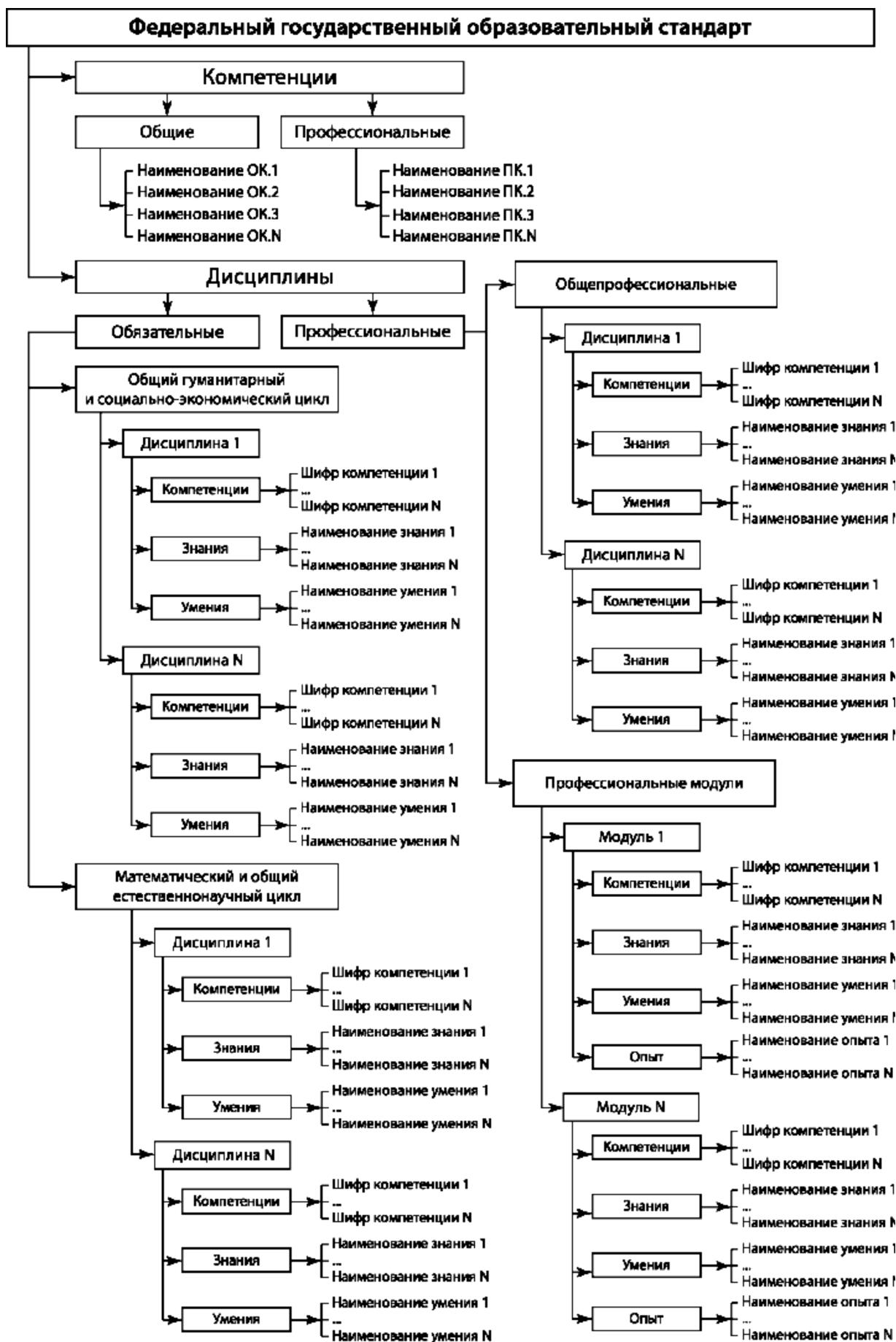


Рисунок 1. Структура xml-файла для организации хранения данных ФГОС

Наиболее подходящим форматом для хранения таких файлов является xml. В таком же формате должны храниться и файлы-эталоны.

Выбор такого формата хранения данных обосновывается наличием древовидной структуры всех файлов, позволяет представить сложные иерархические объекты в простом текстовом формате, обеспечивая уменьшение время поиска необходимой информации в документе. При необходимости может игнорироваться стиливое оформление эталонного или проверяемого документа, что позволит однозначно разделить содержание от оформления.

*Технология XML предоставляет возможность универсального доступа к данным и используется для обмена информацией:*

- ◆ обмена данными между различными бизнес-приложениями;
- ◆ обмена данными с удаленными организациями;
- ◆ обмена данными между разными организациями;
- ◆ обмена данными между базой данных и интернет-приложением.

XML позволяет перевести разнородные данные в единую форму и совершать операции над ними автоматически.

Для хранения информации о содержании ФГОС по специальности предлагается следующая структура xml-документа, представленная на рис. 1.

Условно такой документ можно разделить на две части: формальную и содержательную. К формальной части относится описание всех компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся при освоении образовательной программы специальности. Для среднего профессионального образования характерно наличие описание общих компетенций и профессиональных для каждого вида подготовки (базовое или углубленное освоение дисциплины).

На рис. 2 представлен фрагмент xml-файла, показывающий организацию формальной части документа.

В качестве корневого элемента используется тег <FGOS> с двумя идентификаторами, определяющими шифр (shifr) и наименование специальности (name).

Далее идет описание формального раздела, начинающегося с тега <КОМП>, в который входят блок профессиональных (тег <ПК>) и общих (тег <ОК>) компетенций.

Для описания каждой компетенции используется тег <NAME\_КОМП> с обязательным идентификатором id\_komp, однозначно определяющим шифр каждой компетенции.

```

1 <?xml version="1.0"?>
2
3 <FGOS shifr="230401", name="Информационные системы (по отраслям)">
4 <КОМП>
5 <ПК>
6 <NAME_КОМП id_komp="ПК 1.1">Собирать данные для анализа использования и функционирования информационной системы, участвовать в составлении отчетной
7 документации, принимать участие в разработке проектной документации на модификацию информационной системы</NAME_КОМП>
8 <NAME_КОМП id_komp="ПК 1.2">Взаимодействовать со специалистами смежного профиля при разработке методов, средств и технологий применения объектов
9 профессиональной деятельности</NAME_КОМП>
10 <NAME_КОМП id_komp="ПК 1.3">Производить модификацию отдельных модулей информационной системы в соответствии с рабочим заданием, документировать
11 произведенные изменения</NAME_КОМП>
12 <NAME_КОМП id_komp="ПК 1.4">Участвовать в экспериментальном тестировании информационной системы на этапе Опытной эксплуатации, фиксировать выявленные
13 ошибки кодирования в разрабатываемых модулях информационной системы</NAME_КОМП>
14 <NAME_КОМП id_komp="ПК 1.5">Разрабатывать фрагменты документации по эксплуатации информационной системы</NAME_КОМП>
15 <NAME_КОМП id_komp="ПК 1.6">Участвовать в оценке качества и экономической эффективности информационной системы</NAME_КОМП>
16 <NAME_КОМП id_komp="ПК 1.7">Приводить установку и настройку информационной системы в рамках своей компетенции, документировать результаты работ
17 </NAME_КОМП>
18 <NAME_КОМП id_komp="ПК 1.8">Консультировать пользователей информационной системы и разрабатывать фрагменты методики обучения пользователей
19 информационной системы</NAME_КОМП>
20 </ПК>
21 <ОК>
22 <NAME_КОМП id_komp="ОК 1">Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес</NAME_КОМП>
23 <NAME_КОМП id_komp="ОК 2">Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их
24 эффективность и качество</NAME_КОМП>
25 <NAME_КОМП id_komp="ОК 3">Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность</NAME_КОМП>
26 <NAME_КОМП id_komp="ОК 4">Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач,
27 профессионального и личного развития</NAME_КОМП>
28 <NAME_КОМП id_komp="ОК 5">Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности</NAME_КОМП>
29 <NAME_КОМП id_komp="ОК 6">Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями</NAME_КОМП>
30 <NAME_КОМП id_komp="ОК 7">Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий</NAME_КОМП>
31 <NAME_КОМП id_komp="ОК 8">Самостоятельно определять задачи профессионального и личного развития, заниматься самообразованием, осознанно
32 планировать повышение квалификации</NAME_КОМП>
33 <NAME_КОМП id_komp="ОК 9">Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности</NAME_КОМП>
34 <NAME_КОМП id_komp="ОК 10">Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей)</NAME_КОМП>
35 </ОК>
36 </КОМП>

```

Рисунок 2. Фрагмент xml-файла ФГОС с описанием компетенций.

```

30 <<CONTENT>
31 <<MANDATORY>
32 <BLOCK name="Общий гуманитарный и социально-экономический цикл">
33 <DISCIPLINA name="ОГСЭ.02. История">
34 <ID_KOMP>OK 1, OK 2, OK 3, OK 4, OK 5, OK 6, OK 7, OK 8, OK 9, OK 10</ID_KOMP>
35 <ZKAN>
36 <NAME_ZKAN id="1">Основные направления развития ключевых регионов мира на рубеже веков (XX и XXI вв.)</NAME_ZKAN>
37 <NAME_ZKAN id="2">Сущность и причины локальных, региональных, межгосударственных конфликтов в конце XX – начале XXI в.</NAME_ZKAN>
38 <NAME_ZKAN id="3">Основные процессы (интеграционные, поликультурные, миграционные и иные) политического и экономического развития ведущих государств и регионов мира</NAME_ZKAN>
39 <NAME_ZKAN id="4">Назначение ООН, НАТО, ЕС и других организаций основные направления их деятельности</NAME_ZKAN>
40 <NAME_ZKAN id="5">О роли науки, культуры и религии в сохранении и укреплении национальных и государственных традиций</NAME_ZKAN>
41 <NAME_ZKAN id="6">Содержание и назначение важнейших правовых и законодательных актов мирового и регионального значения</NAME_ZKAN>
42 </ZKAN>
43 <UMEN>
44 <NAME_UMEN id="1">Ориентироваться в современной экономической, политической и культурной ситуации в России и мире</NAME_UMEN>
45 <NAME_UMEN id="2">Выявлять взаимосвязь отечественных, региональных, мировых социально-экономических, политических и культурных проблем</NAME_UMEN>
46 </UMEN>
47 </DISCIPLINA>
48 </BLOCK>
49 </MANDATORY>
50
51 <<PROFESSIONAL>
52 <BLOCK name="Общепрофессиональный">
53 <DISCIPLINA name="ОП.02. Технологии физического уровня передачи данных">
54 <ID_KOMP>OK 1, OK 2, OK 4, OK 8, OK 9, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 3.1, ПК 3.2</ID_KOMP>
55 <ZKAN>
56 <NAME_ZKAN id="1">Физические среды передачи данных</NAME_ZKAN>
57 <NAME_ZKAN id="2">Типы линий связи</NAME_ZKAN>
58 <NAME_ZKAN id="3">Характеристики линий связи передачи данных</NAME_ZKAN>
59 <NAME_ZKAN id="4">Современные методы передачи дискретной информации в сетях</NAME_ZKAN>
60 <NAME_ZKAN id="5">Принципы построения систем передачи информации</NAME_ZKAN>
61 <NAME_ZKAN id="6">Особенности протоколов канального уровня</NAME_ZKAN>
62 <NAME_ZKAN id="7">Беспроводные каналы связи, системы мобильной связи</NAME_ZKAN>
63 </ZKAN>
64 <UMEN>
65 <NAME_UMEN id="1">Осуществлять необходимые измерения параметров сигналов</NAME_UMEN>
66 <NAME_UMEN id="2">Расчислять пропускную способность линии связи</NAME_UMEN>

```

Рисунок 3. Фрагмент xml-документа с описанием содержательной части ФГОС.

Содержимым каждого такого контейнера является наименование компетенции.

К содержательной части относится вся информация, описывающая каждую дисциплину с обязательным указанием используемых компетенций, знаний, умений и практического опыта. На рис. 3 представлен фрагмент xml-документа, описывающий содержательную часть ФГОС.

Содержательная часть описывается тегом <CONTENT>, который включает в себя обязательную (контейнер <MANDATORY>) и профессиональную (контейнер <PROFESSIONAL>) части. Каждый из этих контейнеров состоит из блоков, позволяющих определить принадлежность дисциплины к образовательному циклу. Наименование образовательного цикла хранится в идентификаторе name контейнера <BLOCK>.

На рис. 3 представлен контейнер, содержащий в себе обязательную часть. Он состоит из одного блока общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин. Помимо этого хранится информация и о профессиональной части, которая включает в себя общепрофессиональный блок.

Каждая дисциплина в ФГОС описывается набором компетенций, которыми должен овладеть обучающийся, а

также те знания, умения и практический опыт, формирующие эти компетенции. Соответственно при формировании xml-файла необходимо хранить эту информацию.

Для этого используются следующие контейнеры:

1. <DISCIPLINA> хранит информацию о дисциплине, имеет идентификатор name с описанием шифра и наименования учебной дисциплины.

2. <ID\_KOMP> содержит все шифры компетенций, формируемые при освоении дисциплины. Шифры компетенций должны соответствовать id\_komp, указанных в контейнере <KOMP>.

3. <ZKAN> включает в себя перечень всех знаний, необходимых для формирования компетенций. Описание каждого знания осуществляется с помощью тега <NAME\_ZKAN> с обязательным идентификатором id. Ограничений на формат идентификатора нет, так как в ФГОС перечень знаний не нумеруется и не имеет шифров.

4. <UMEN> включает в себя перечень всех умений, необходимых для формирования компетенций. Описание каждого знания осуществляется с помощью тега <NAME\_UMEN> с обязательным идентификатором id. Ограничений на формат идентификатора нет, так как в ФГОС перечень умений не нумеруется и не имеет шифров.

5. <PRAKT> включает в себя перечень практического

опыта, получаемого при освоении дисциплины. Наличие такого контейнера характерно для профессиональных модулей. Описание каждого значения практического опыта осуществляется с помощью тега <PRAKT\_ZNAN> с обязательным идентификатором id. Ограничений на формат идентификатора нет, так как в ФГОС перечень практического опыта не нумеруется и не имеет шифров.

Для формирования xml-файла ФГОС необходимо использовать дополнительное программное обеспечение, позволяющее корректно преобразовать исходный доку-

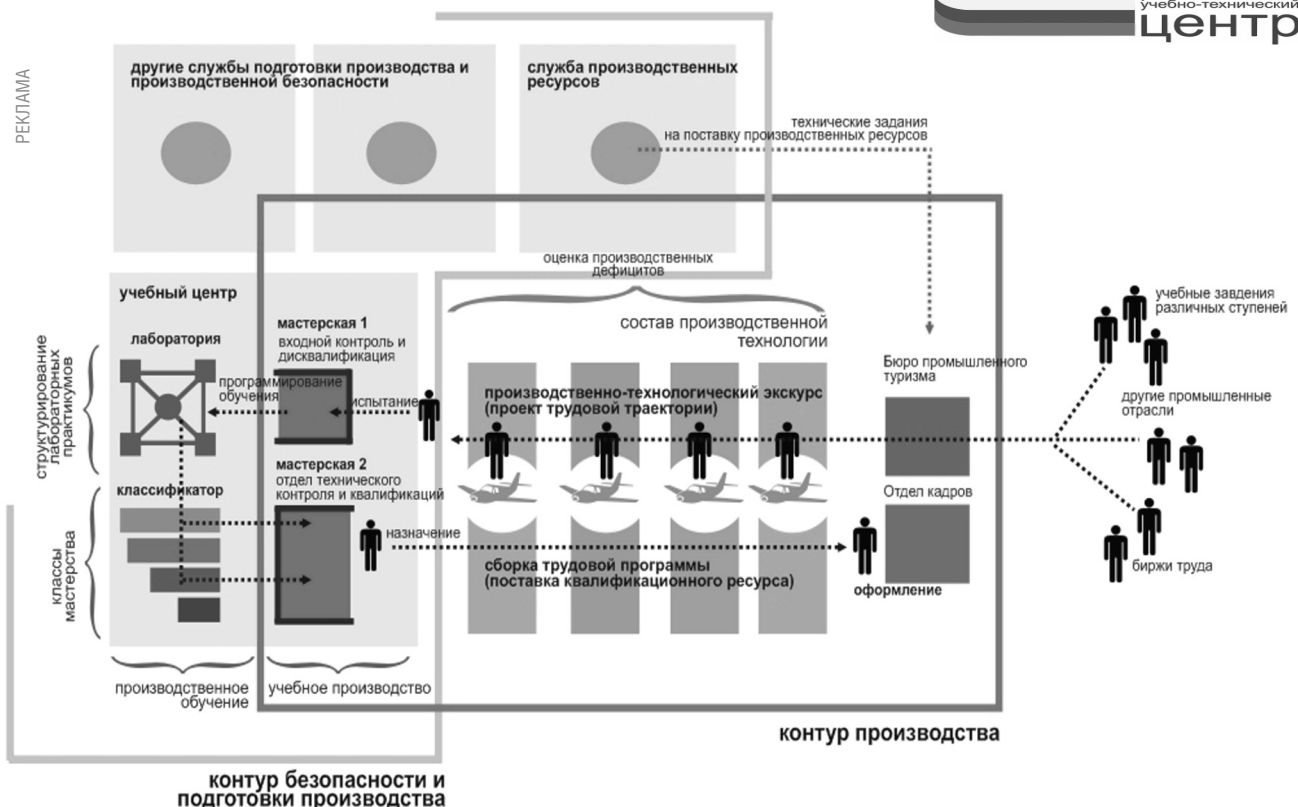
мент стандарта, или приложение, формирующее документ при взаимодействии с наборщиком. Такое характерно при создании других файлов-эталонов.

Дополнительно возможно вручную не преобразовывать документы образовательной организации. Такое достигается при наличии программного обеспечения, при запуске которого единожды документы либо преобразуются к требуемому виду, либо определяются контрольные точки, с помощью которых устанавливается соответствия при последующей оценке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Язык XML eXtensible Markup Language Расширяемый язык разметки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uic.unn.ru/~chep/html/poxml.htm>. – Дата обращения: 10.05.2016.

© М.С. Логачёв, (logachevmaxim@gmail.com), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



# ПОДГОТОВКА ДАННЫХ СТАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО МЕЗОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Иркутского государственного университета в форме гранта за счёт средств темы 091-15-236 (в соответствии с приказом № 701 от 13.11.2015 г. "О результатах конкурса грантов ИГУ для аспирантов и молодых сотрудников").

## METHODS OF PREPARING THE DATA OF STATION OBSERVATIONS FOR NUMERICAL EXPERIMENTS ON THE MESOSCALE MODES

*P. Naidenov*

### Annotation

The results of development of special software that allows automated using of hydrometeorological information archive TMS-84 for verification of mesometeorological models. Proprietary software used by the author to verify the simulation results mesometeorological trials of Lake Baikal using non-hydrostatic numerical model WRF.

**Keywords:** verification of the non-hydrostatic models, archive TMS-84, an array of data, automated using methods.

*Найденов Павел Андреевич*  
Аспирант, Иркутский  
государственный университет

### Аннотация

Представлены результаты разработки специального программного обеспечения, позволяющего автоматизировано использовать гидрометеорологическую информацию архива ТМС-84 для верификации мезомасштабных моделей атмосферы. Собственное программное обеспечение используется автором для верификации результатов моделирования мезометеорологических процессов над озером Байкал с использованием численной негидростатической модели WRF.

### Ключевые слова:

Данные для верификации мезометеорологических моделей, архив ТМС-84, массив данных, методика автоматизированного использования.

## Введение

В настоящее время использование сетевых метеорологических данных является неотъемлемой частью большинства исследовательских работ в области верификации моделей мезометеорологических процессов. Например, в наших исследованиях планируется оценить качество детализации мезометеорологических полей над озером Байкал, полученных в результате динамической интерполяции с помощью математической модели атмосферы WRF, разработанной Национальным Центром Атмосферных Исследований США [1]. Планируется также провести такую оценку путем сравнения с данными наблюдений на метеорологических станциях и постах, расположенных по периметру озера Байкал.

Эта задача требует использования данных из электронного архива таблиц метеорологических наблюдений ТМС-84 Иркутского УГМС и Забайкальского УГМС. Данные архивы насчитывают несколько десятков тысяч текстовых файлов, каждый из которых содержит основные метеорологические параметры (температура, давление, ветер, облачность, характеристики влажности и др.) для

определенной станции по восьми срокам наблюдения за один календарный месяц. Вся информация проходит многоступенчатый числовой контроль, прежде чем попасть в ТМС-84.

Таблицы архивов ТМС-84 существуют только в виде текстовых файлов, так как программы ЭВМ на сети метеорологических станций генерируют их именно в таком формате. Работая с текстовыми файлами, невозможно оперативно производить различные выборки необходимой информации. Попытка сделать подобные манипуляции вручную при таком значительном объеме архива неизбежно приведет к нерациональной трате времени и накоплению ошибок.

## Цель работы

Цель данной работы заключается в том, чтобы создать специальное программное обеспечение, позволяющее оперативно переносить данные архивов ТМС-84, принадлежащих территориальным УГМС России, в электронные таблицы Microsoft Excel. При этом для удобства использования вместо множества отдельных текстовых

файлов целесообразно было создать 8 электронных таблиц. Эти таблицы используются для верификации модели WRF. Преимущество электронных таблиц по отношению к текстовым файлам заключается в возможности оперативно производить любые выборки нужной информации. Для решения этой задачи используется программное обеспечение Microsoft Visual Basic и Microsoft Excel. Кроме того, используются образцы таблиц архива ТМС-84 Иркутского УГМС.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Разработать необходимые алгоритмы и написать программу распознавания текстовых файлов архивов ТМС-84 и перевода метеорологической информации в электронные таблицы Microsoft Excel.
2. Оценить точность и корректность разработанной методики на примере тестовых образцов.

Краткое описание модели WRF

Модель WRF негидростатическая, основана на системе уравнений гидротермодинамики, записанных в системе координат. В модели применяется параметризация процессов подсеточного масштаба: конвекции в кучевых облаках, крупномасштабной конденсации, микрофизических процессов, параметризация радиации, планетарного пограничного слоя, процессов на подстилающей поверхности [1].

В WRF используются картографические проекции земной поверхности: стереографическая полярная, ламбертовская конформная и меркаторовская. Необходимость использования картографических проекций возникает в связи с тем, что земную поверхность невозможно спроектировать на плоскость без искажения [1].

В качестве начальных полей метеозлементов в моде-

ли используются данные реанализа (NCEP/NCAR Reanalysis). Метеорологические поля Реанализа записаны в коде GRIB, применяемом для хранения гидрометеорологической информации и читаемом большинством зарубежных атмосферных моделей, в том числе и WRF. Существуют также программы для перехода от кода GRIB к обычному текстовому формату [1].

Для того чтобы оценить качество модельных данных результаты моделирования должны сопоставляться с данными станционных наблюдений.

Проблемы алгоритмизации чтения текстовых файлов архива ТМС-84

Для успешного выполнения поставленных задач необходимо было разработать подходящий алгоритм автоматизированного чтения текстовых файлов и одновременного извлечения необходимой информации в память компьютера.

При этом основные сложности были связаны со следующим:

1. Большой объем информации был рассредоточен более чем по 16000 отдельных текстовых файлов.
2. Каждый из этих файлов следовало проверять на кодировку, так как некоторые из них кодировались по таблице DOS (IBM CP 866), а другие по таблице WIN1251.
3. Некоторые из файлов были испорчены вследствие технического сбоя, поэтому их нужно было исключить.

На рис. 1 представлен фрагмент типичного текстового файла из архива ТМС-84. Из этого фрагмента видно, что таблицы текстовых файлов содержат основную метеорологическую информацию (температура воздуха, характеристики влажности, облачность, ветер и др.).

станция Белозиминская		N станции 5360051		Год 1999		Месяц 5		Гринвич. время (поясное ) 15		,18		(22		,01 )		стр. 2						
число	Температура, град.			парц. давл. вод. п гпа	отн. вл. , проц	Дефицит насыщ гпа	Атм. давление, гпа		Бар. тенд вид вел. гпа	Види м-сть, шифр	О б л а ч н о с т ь						погода, шифр		Ветер		Осадки мм	
	воздуха	пов. почвы	точки росы				на ур. станции	на ур. моря			кол-во баллов	Сi	формы	NS	высо-та, м	ни-же ст.	шифр	напр град	ск, м/с			
1	-0.9	-6	-8.7	3.17	55	2.55	919.5	1011.5	2	1.6	10	0	5	0	0	0	0	2	2	0	0	
2	2.4	-2	2.4	7.26	100	0.00	926.2	1017.6	8	0.3	10	10	8	8	0	0	2	*600	6	65	0	0
3	4.9	-2	1.6	6.87	79	1.79	931.0	1022.0	1	1.0	10	0	5	1	0	0	0		2	2	0	0
4	1.9	-3	-3.5	4.72	67	2.28	930.2	1022.2	3	1.2	6	0	5	0	0	0	0		2	2	0	0
5	1.9	-2	-7.9	3.38	48	3.62	928.1	1020.0	2	1.0	0	0	0	0	0	0	0		0	2	0	0
6	1.9	-0	-7.9	3.38	48	3.62	927.2	1019.0	1	0.6	10	0	3	0	0	0	0		2	2	0	0
7	3.5	-0	-5.0	4.20	54	3.65	923.8	1014.6	1	0.2	6	0	3	0	0	0	0		2	2	0	0
8	5.9	3	-4.6	4.34	47	4.94	921.2	1011.0	2	1.3	6	3	5	0	0	2	0	*800	2	2	0	0
9	5.5	3	2.6	7.34	81	1.69	927.9	1018.4	1	0.5	10	5	5	0	0	2	0	*800	2	2	0	0
10	-0.6	-2	-0.6	5.85	100	0.00	929.5	1022.2	1	0.3	10	10	8	8	2	0	3	*500	8	86	0	0
11	-2.7	-4	-3.0	4.88	97	0.13	932.9	1026.8	5	0.0	6	0	5	0	0	0	0		2	2	0	0
12	1.5	-0	-5.1	4.18	61	2.63	923.4	1015.3	4	0.0	8	6	0	1	0	2	0	*800	2	2	0	0
13	4.4	3	-0.7	5.80	69	2.56	925.1	1015.7	3	3.7	10	6	0	1	0	2	0	*800	2	2	360	2
14	4.2	2	-5.6	4.02	49	4.22	928.2	1019.3	4	0.0	3	0	1	0	0	0	0		0	2	0	0
15	7.9	7	4.5	8.4	79	2.2	925.4	1014.8	3	0.8	10	6	1	0	0	2	0	*800	2	2	0	0
16	3.2	-0	-2.2	5.20	68	2.48	932.1	1023.9	2	2.1	5	0	1	0	0	0	0		0	2	0	0

Рисунок 1. Фрагмент текстового файла из архива ТМС-84.

Однако, поскольку это текстовый файл, у пользователя возникают трудности при выборке информации. Например, если необходимо извлечь из представленной таблицы информацию об атмосферном давлении на уровне моря за период с 1 по 5 число, понадобится 5 раз провести операции копирования и вставки.

**Обоснование выбора типа электронных таблиц**

Перед началом работы нужно было выбрать программное обеспечение для создания будущей базы данных. Выбор был между Microsoft Access и Microsoft Excel. В случае затруднений в выборе между программами Excel и Access нужно ответить на важный вопрос: данные должны быть организованы в виде реляционной структуры или в виде плоской структуры? Дело в том, что программа Access предназначена для работы с реляционными данными, а приложение Excel лучше подходит для работы с данными в виде плоской структуры [2]. В реляционной структуре данные логически разделены на части, каждая из которых помещена в отдельную таблицу. В отличие от реляционной структуры данных плоская структура представляет собой таблицу, поля которой не связаны с другими данными.

Данные архива ТМС-84 было решено привести к плоской структуре для использования в программе Excel. Однако для этого потребовалось в начале каждой строки с метеорологической информацией помещать соответствующие данные о метеостанции, дату и срок наблюдения.

Электронная таблица Excel, фрагмент которой представлен на рис. 2, позволяет оперативно производить выборку информации, перенесенной из архива текстовых файлов ТМС-84. Оперативность достигается за счет возможности применения фильтров отдельно для каждого столбца таблицы.

**Обоснование разделения архива на несколько электронных таблиц**

Прежде всего был оценен объем будущей электронной таблицы. Оказалось, что в случае помещения всей накопленной информации в одну электронную таблицу, последняя содержала бы более 4 000 000 строк. Такая таблица занимала бы более 1 гигабайта дискового пространства и ее невозможно было бы открыть с помощью программы Microsoft Excel, так как даже ее современная версия позволяет создавать и читать файлы с количеством строк не более 1 000 000.

Поэтому было решено создать 8 электронных таблиц, каждая из которых должна была содержать информацию по всем станциям за весь период наблюдений, но только за один срок наблюдения, например, 00, 03 и так далее. Такой подход обеспечивает приемлемое количество строк в каждой из восьми электронных таблиц (около 500000) и в то же время позволяет достаточно оперативно работать с существующими данными и добавлять вновь поступающие.

**Способ добавления исходной информации в начало каждой строки с метеорологическими данными электронной таблицы**

Все текстовые файлы архива ТМС-84 содержат информацию о названии станции, ее номере и времени проведения наблюдений. Однако, локализация этой информации меняется от одного файла к другому. Следовательно, в алгоритме невозможно указать конкретный номер строки с которой эту информацию можно считать. Поэтому был разработан алгоритм поиска нужной строки при помощи определенного шаблона которому удовлетворяет только нужная строка с исходной информацией.

Таким образом, при чтении каждого файла, программа сначала находит строку с исходной информацией, заносит ее в память компьютера и затем, уже при чтении и

Станция	Номер	Год	Месяц	Срок (поясное)	Срок (Принвич)	Число	Темп воздуха	Темп почвы	Точка росы	Парци давление	Отн влажность	Деф. Насыщения	Облачность						
													Бальность общая	Нижний ярус	Сi Cc Cs	Ac As	Cu Cb	St Sc	Ns Ft-rb
Альг джер	5339830	1999	март	15	22	1	-6.1	-12	-17.4	1.57	40	2.31	10	0	5	0	0	0	0
Альг джер	5339830	1999	март	15	22	2	-8.8	-10	-12.6	2.32	74	0.83	10	0	8	4	0	0	0
Альг джер	5339830	1999	март	15	22	3	-13.0	-14	-17.3	1.58	69	0.68	10	0	8	4	0	0	0
Альг джер	5339830	1999	март	15	22	4	-12.9	-16	-17.2	1.59	71	0.68	10	0	8	4	0	0	0

Рисунок 2. Фрагмент электронной таблицы Excel с данными из архива ТМС-84.



помещении метеорологической информации в электронные таблицы, добавляет ее в начало каждой строки. Затем при переходе к следующему файлу, исходная информация изменяется.

#### Метод определения кодировки читаемого текстового файла

Различия в кодировке текстовых файлов архива ТМС-84 представляли определенную трудность при разработке алгоритма переноса информации из текстовых файлов в электронные таблицы. Каждый из этих файлов следовало проверять на кодировку, так как некоторые из них кодировались по таблице DOS (IBMCP 866), а другие по таблице WIN1251. Потому был разработан простой и надежный способ проверки кодировки текста. Блок-схема этого алгоритма [3] представлена на рис. 3.

Представленная блок-схема иллюстрирует работу отдельного участка разработанного автором программного обеспечения. На данном этапе программы выполняется предварительное чтение текстового файла из архива ТМС-84. При этом используется кодировка DOS (IBMCP 866). Далее программа сравнивает результат предварительного чтения контрольной строки файла с эталонным шаблоном, заложенным в нее заранее. В случае совпадения результата чтения с образцом, программа записывает в память компьютера информацию о том, что при чтении текущего текстового файла нужно использовать

кодировку DOS. В случае несовпадения результата чтения с образцом, программа изменяет используемую кодировку на WIN1251

#### Метод исключения испорченных текстовых файлов

Некоторые файлы архива ТМС-84 были испорчены. Всего в архиве ТМС-84 Иркутского УГМС оказалось три таких файла. Их пришлось исключать из формируемых электронных таблиц. Наиболее простым и надежным методом представлялось использование функции определения кодировки, поскольку испорченные файлы не поддавались чтению даже при использовании не только описанных выше, но и всех доступных автору кодировок.

В программе было задано следующее условие: если контрольная строка не соответствует шаблону при использовании кодировок DOS и WIN1251, то текущий файл следует считать испорченным и не переносить из него информацию в электронные таблицы.

Это позволило исключить испорченные файлы из итоговых электронных таблиц. Из-за утери части информации ряды метеорологических данных претерпели разрыв. Однако это не повлияет на оценку качества детализации мезометеорологических полей над озером Байкал, поскольку утерянные файлы относятся к метеорологическим станциям, находящимся в западной части Иркутской области.

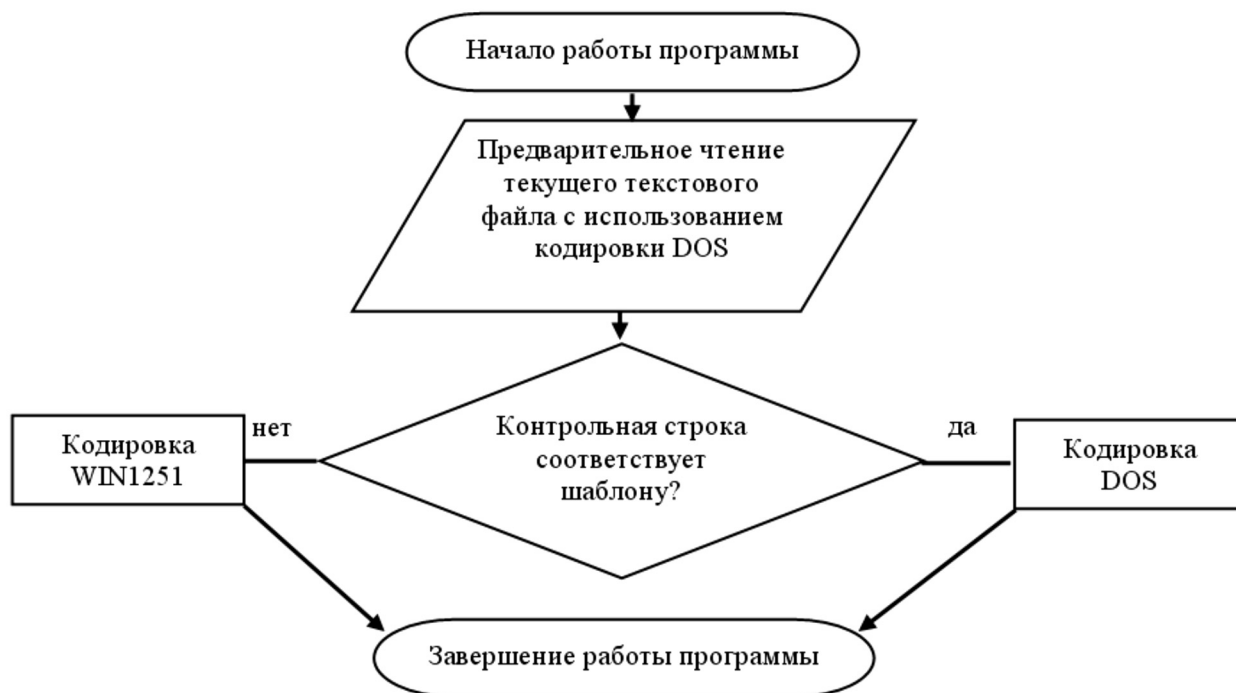


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма определения кодировки текущего текстового файла.



Рисунок 4. Блок-схема алгоритма разработанного программного обеспечения.

Общий алгоритм чтения текстовых файлов архива ТМС-84 и создания на их основе электронных таблиц Excel

В итоге был разработан алгоритм, представленный на рис. 4. На основе данного алгоритма была написана программа на языке VisualBasic 2010с использованием платформы NET.Framework 4.5 [4].

На представленной блок-схеме проиллюстрированы основные этапы работы разработанного автором программного обеспечения, позволяющего оперативно переносить метеорологическую информацию из текстовых файлов архива ТМС-84 в электронные таблицы Excel.

В начале работы программы происходит получение списка всех текстовых файлов, содержащихся в директории архива ТМС-84. Затем для каждого текстового файла производится проверка его кодировки.

После этого производится перенос информации в электронные таблицы. При этом в начало каждой строки помещается соответствующие данные о метеостанции, дате и сроке наблюдения. При достижении последней строки текущего текстового файла, программа приступает к работе со следующим.

При достижении конца списка файлов директории архива ТМС-84, программа завершается.

## Результаты работы

1. Данные архива ТМС-84 переведены в электронные таблицы с помощью разработанного автором программного обеспечения
2. Полученные электронные таблицы можно оперативно использовать в метеорологических исследованиях,

в том числе, для оценки качества модельных мезометеорологических полей для территории Иркутской области

3. Разработанное программное обеспечение будет внедряется в работу Иркутского гидрометцентра
4. Представленная методика может использоваться для архивов метеорологической информации из других регионов при условии сходной входной информации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. WRFmodel [Электронный ресурс] // The weather research and forecasting model URL: <http://www.wrf-model.org> (дата обращения: 10.10.2013).
2. Выбор между Accessи Excel [Электронный ресурс] // База знаний Microsoft. URL: <http://office.microsoft.com/ru-ru/training/RZ010253998.aspx?section=2> (дата обращения: 08.10.2013).
3. Блок-схема [Электронный ресурс] // Википедия URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Блок-схема> (дата обращения: 10.10.2013).
4. Массивы в Visual Basic [Электронный ресурс] // База знаний MSDN. URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/wak0wfyf.aspx> (дата обращения: 06.10.2013).

© П.А. Найденов, ( [pavelnaidenov@geogr.isu.ru](mailto:pavelnaidenov@geogr.isu.ru) ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



КАЗАНСКАЯ  
ЯРМАРКА

23-я международная специализированная выставка

# НЕФТЬ ⚡ ГАЗ ⚡ НЕФТЕХИМИЯ



16+

**7-9**  
**СЕНТЯБРЯ**  
Казань, 2016

Проектирование и строительство объектов для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности

При поддержке:  
Правительства Республики Татарстан и Президента Республики Татарстан



ТАТАРСТАНСКИЙ  
НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКИЙ  
ФОРУМ

деловая программа выставки - активная площадка, содействующая развитию науки и бизнеса

**www.oilexpo.ru**

РЕКЛАМА





Добыча нефти и газа




420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8  
ОАО «Казанская ярмарка»  
тел./факс: +7 (843) 570-51-14, 570-51-11  
e-mail: [d2@expokazan.ru](mailto:d2@expokazan.ru), [d3@expokazan.ru](mailto:d3@expokazan.ru)  
[www.expokazan.ru](http://www.expokazan.ru)

# РАСЧЕТ ПЛАСТИЧЕСКОГО РАЗДРОБЛЕНИЯ МАССИВА АНИЗОТРОПНОГО СТРОЕНИЯ ВОКРУГ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

## THE CALCULATION OF THE PLASTIC FRAGMENTATION OF THE ARRAY OF ANISOTROPIC STRUCTURE AROUND THE MINE WORKINGS

*A. Sejnasinova  
G. Rysbaeva  
S. Avdarsolkyzy  
R. Bajmahan*

### Annotation

Abstract: this article discusses the issues of research of laws of formation of locally scattered plastic zones around mining various deep Foundation in the ore bed, which itself is in turn in the mountain range obliquely layered anisotropic structure. In this paper we propose a generalized criterion for ductile failure Coulomb–Mohr, allowing to determine the beginning of the transition to plasticity and the direction of its further spread relative to the plane of isotropy inclined transtrome layered array structure. As a result of the multivariate calculations, for the first time established some regularities of formation of plastic zones around the excavation raspravleny depending on the depth of installation, which are vulnerable to brittle fracture.

**Keywords:** anisotropy, output, voltage, depth, array.

*Сейнасинова Асима Асылбеккызы*

*К.физ.–мат.н., ассоциированный профессор,  
Академия гражданской авиации, Казахстан*

*Рысбаева Гульшат Полатовна*

*К.физ.–мат.н., ассоциированный  
профессор, Академия пограничной службы  
комитета национальной безопасности,*

*Республики Казахстан*

*Авдарсолкызы Сайлаугул*

*Ст.преподаватель, Казахский*

*государственный женский педагогический  
университет, каф. информатики*

*и прикладной математики, Казахстан*

*Баймахан Рысбек Баймаханулы*

*Д.т.н., профессор, Казахский*

*государственный женский педагогический  
университет, каф. информатики*

*и прикладной математики, Казахстан*

### Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы исследования закономерности образования локально раздробленных пластических зон вокруг горной выработки различного глубокого заложения в рудном пласте, которая сама находится в свою очередь в горном массиве наклонно слоистого анизотропного строения. В работе предложен обобщенный критерий пластического разрушения Кулона–Мора, позволяющий определить начало перехода к пластичности и направление его дальнейшего распространения относительно плоскости изотропии наклонно слоистого массива транстропного строения. В результате проведения многовариантных расчетов, впервые устанавливаются некоторые закономерности образования зон пластических раздроблений вокруг выработки в зависимости от глубины заложения, которые уязвимы при хрупком разрушении.

### Ключевые слова:

Анизотропия, выработка, напряжение, глубина, массив.

## 1. Введение

Сколько бы не совершенствовались СНиП, разработки специальных инструкций и рекомендаций, ежегодно на шахтах и рудниках под землей погибают сотни шахтеров во время взрывов метанов, горных ударов и различного рода разрушений. В научном плане решения таких проблем все еще находятся далеко от практики. Доказательством этому служат непрерывно продолжающиеся гибели людей, работающих в подземных сооружениях различного назначения. Например, только в одном Казахстане в Карагандинских шахтах Казахстана погибли в 2006 году – 43 и в 2008 году 32 шахтера. Число жертв взры-

ва на шахте в Китае 30 ноября 2005г. достигло 161 человека. В результате взрыва на Шахте в Шаньси 9 декабря 2007 г. погибло 105 шахтеров, а 22-февраля 2009г погибли еще 74 человека.

В 2008г. из-за трех взрывов только на одной шахте им.Засядько погибло 106 человек, еще 156 шахтеров было ранено. Всего в Украине за 5 месяцев 2008г. погибло 200 горняков.

Аналогичные данные можно приводить бесконечное множество. Эти и другие факты, только за последние годы, показывают степень недостаточности предпринима-

емых практических мер по предотвращению человеческих жертв, трагических событий, в том числе и в научном плане необходимо развить новые методы решения таких проблем с целью выявления новых закономерностей образования концентрации напряжений вокруг контура подземных сооружений приводящие к разрушению массива вблизи контура и в самих элементах конструкций обделок с учетом наиболее реальных строений горных пород как анизотропия.

## 2. Задача исследования

Разработать численный алгоритм для определения напряженно-деформированного состояния горного массива горизонтального и наклонно-слоистого анизотропного строения вокруг незакрепленной и закрепленной упругой крепью горной выработки с разработкой критерия, позволяющего определить начало трещинообразования основанной на предельном переходе к пластичности. Разработка нового критерия пластичности позволяющего определить момент перехода зоны массива вокруг выработки от упругости к пластичности и направление ее дальнейшего развития относительно плоскости изотропии массива. С помощью этих разработок исследовать НДС массива вместе с выработкой и установить закономерности образования зоны пластического раздробления массива вокруг выработки в зависимости от глубины ее заложения от свободной земной поверхности на геостатическую нагрузку.

## 3. Модель и метод исследования

Для определения НДС и локальных критических зон массива вблизи выработки применяем модель наклонно-слоистого массива горных пород Ж.С. Ерманова, Ш.М. Айталиева, Ж.К. Масанова [1].

По этой работе запишем закона Гука для такой среды в компонентах напряжений  $\sigma_x$ ,  $\sigma_z$ ,  $\tau_{xz}$ , относительно компонент деформации  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_z$ ,  $\gamma_{xz}$ , при переходе от трехмерного случая к плоской задаче для горизонтальной слоистости:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= c_{11}\varepsilon_x + c_{13}\varepsilon_z + c_{15}\gamma_{xz} \\ \sigma_z &= A_{31}\varepsilon_x + A_{33}\varepsilon_z + A_{35}\gamma_{xz} \\ \tau_{xz} &= A_{51}\varepsilon_x + A_{53}\varepsilon_z + A_{55}\gamma_{xz} \end{aligned} \quad (1)$$

который содержит 5 независимых коэффициентов:

$$\begin{aligned} n &= E_1 / E_2 , \\ c_0 &= (1 + \nu_1)(n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2) , \\ c_{11} &= (E_1(n - \nu_2^2)) / c_0 , \\ c_{13} &= A_{31} = (E_1(\nu_2^2 + n\nu_1)) / c_0 , \\ c_{15} &= A_{51} = (\nu_2 E_1) / (n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2) , \end{aligned} \quad (2)$$

Закон Гука для грунтов наклонно слоистого строения:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= d_{11}\varepsilon_x + d_{12}\varepsilon_z + d_{13}\gamma_{xz} , \\ \sigma_z &= d_{21}\varepsilon_x + d_{22}\varepsilon_z + d_{23}\gamma_{xz} , \\ \tau_{xz} &= A_{31}\varepsilon_x + d_{32}\varepsilon_z + d_{33}\gamma_{xz} \end{aligned} \quad (3)$$

где коэффициенты упругости  $d_{ij}$  вычисляются выражениями

$$\begin{aligned} d_{11} &= c_{11}c_3 + 2(c_{13} + 2c_{55})c_6 + c_{33}c_4 , \\ d_{12} &= c_{13} + (c_{11} + c_{33} - 2c_{13} - 4c_{55})c_6 , \\ d_{13} &= [(c_{11} - c_{13})c_1 + (c_{13} - c_{33})c_2 - 2c_{55}c_6]c_5 , \\ d_{22} &= c_{11}c_4 + (2c_{13} + 4c_{55})c_6 + c_{33}c_3 , \\ d_{23} &= [(c_{11} - c_{13})c_2 + (c_{13} - c_{33})c_6 + 2c_{55}c_6]c_5 , \\ d_{33} &= c_{55} + [c_{11} + c_{33} - 2c_{13} - 4c_{55}] . \end{aligned} \quad (4)$$

В этих выражениях через  $c_1, c_2, \dots, c_6$ , – обозначены синусы и косинусы углов.

$$\begin{aligned} c_1 &= \cos^2 \phi , \\ c_2 &= \sin^2 \phi , \\ c_3 &= \cos^4 \phi , \\ c_4 &= \sin^4 \phi , \\ c_5 &= \sin \phi \cos \phi , \\ c_6 &= \sin^2 \phi \cos^2 \phi , \\ c_0 &= (1 + \nu_1)(n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2) , \\ c_{11} &= c_{22} = (E_1(n - \nu_2^2)) / c_0 , \\ c_{13} &= (\nu_2 E_1) / (n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2) , \\ c_{33} &= ((1 - \nu_1)E_1) / (n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2) , \\ c_{55} &= G_2 . \end{aligned} \quad (5)$$

Далее приведем краткий алгоритм решения задачи конечноэлементного моделирования.

Для областей рис. 2 составляем систему уравнений равновесия МКЭ в соответствии с методиками работ [2], [3] в виде

$$[R] \cdot \{U\} = \{P\} \quad (6)$$

где  $[R]$  – матрица жесткости системы;  $\{U\}$  – вектор перемещений;  $\{P\}^{leo}$  – вектор геостатической силы, которые действуют в полуплоскости от собственных весов вышележащих слоев горных пород. Для нахождения вектора неизвестных перемещений система уравнений (6) решается методом Гаусса-Зейделя. По найденному вектору  $\{U\}$  компоненты деформаций и напряжений последовательно вычисляются с помощью следующих матричных соотношений [4].

$$\{\varepsilon\} = [B]\{U\} \quad (7)$$

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} \quad (8)$$

где  $\{\varepsilon\}$  и  $\{\sigma\}$  – вектора компонент деформации и напряжений и  $[D]$  – матрица упругих характеристик, состоящая из упругих постоянных для массивов изотропного и анизотропного строения, которые вычисляются выражениями (2), (4) и (5)

#### 4. Разработка МКЭ схемы расчетной области

На рис. 1 показаны некоторые примеры наклонно слоистого строения горных пород в реальности. Рис. 2 содержит расчетную схему, разработанную для исследования НДС горной выработки заложенной в рудном пласте горизонтально слоистого строения, который имеет ограниченный размер по высоте и в свою очередь находится в наклоннослоистом горном массиве. Такие сложные структуры в природе образуются тектоническими сжатиями в геологическом времени.

Геометрические размеры исследуемой области: мощность пласта рудного тела -  $h_0=20$  м, толщина вышележащей горной породы до земной поверхности -  $h_1$  переменная, глубина заложения выработки -  $H=h_1+0,5h_0$ . Длина конечноэлементной расчетной области  $L=200$  м,

Глубина заложения варьируется от первых 3 м до 1000 м. Граничные условия задачи поставлены в напряжениях и перемещениях (смешанное граничное условие). Угол наклона плоскости изотропии  $\varphi_1$  меняются от 0 до  $90^\circ$ . Для данного варианта исследования угол наклона плоскости изотропии для рудного пласта взята  $\varphi_2=0$ .

Показанная на рис. 2 область разбита на 5832 восьмиузловые изопараметрические элементы с общим количеством узлов 17892, количество уравнений с вычетом закрепленных степеней свободы составляло 35329.

В качестве материала крепи принят бетон со следующими физико-механическими свойствами. Модуль Юнга -  $E=2.32$  Мпа коэффициент Пуассона -  $\nu=0.22$ , Объемный вес -  $\gamma=2.7$  т./м<sup>3</sup>.

Полные для проведения расчетов данные о свойствах среды приведены в табл. 1 по работе [5].

#### 5. Разработка критерия разрушения для массива трансстропного строения

Из экспериментальных данных снимаются критические значения максимальных  $\sigma_{1,} = \sigma_{\max,} = \sigma_{1c}$  и минимальных  $\sigma_{3,} = \sigma_{\min,} = \sigma_{3c}$  и по ним раздельно строим паспорта прочности для горных пород трансверсально-изотропно-го (трансстропного) строения кругами Мора.

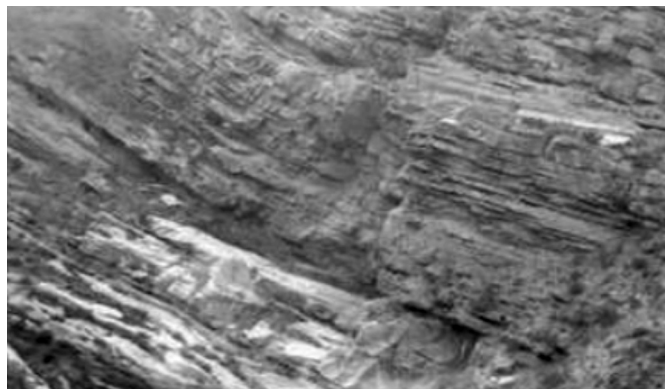


Рисунок 1. Наклонно слоистые строения горных пород.

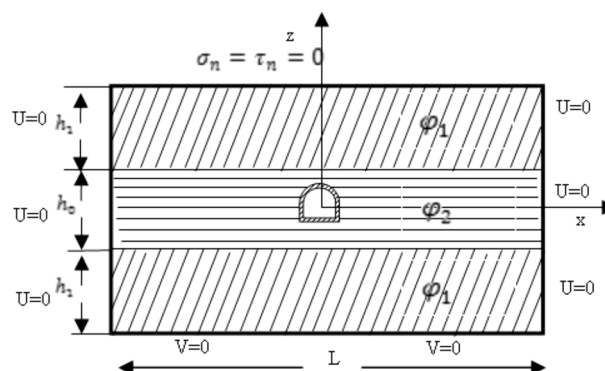


Рисунок 2. Расчетная схема задачи по определению НДС горной выработки и окружающей породы.

Значения  $\sigma_1 = \sigma_{1c}$  наносится на положительное направление оси напряжений, а минимальное напряжение наносится на отрицательное направление со знаком минус:  $-\sigma_3 = \sigma_{3c}$ .

На полученные круги проводим касательные. Точки пересечения по оси  $\tau$ , нам дадут значения сил сцепления вдоль слоев  $C_{||}$  и перпендикулярно слоям  $C_{\perp}$ . Также измеряем углы внутренних трений вдоль слоев  $\varphi_{||}$  и перпендикулярно слоям  $\varphi_{\perp}$ .

Таблица 1.

Физико-механические свойства горных пород.

Порода	Модуль упругости $E \cdot 10^4 \text{ МПа}$		Коэффициент Пуассона $\nu$		Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}, \text{ МПа}$		Предел прочности при растяжении $\sigma_{раст}, \text{ МПа}$		Объемный вес $\gamma$	Коэффициент сцепления		Угол внутреннего трения	
	$E_{\parallel}$	$E_{\perp}$	$\nu_{\parallel}$	$\nu_{\perp}$	$\sigma_{\text{сж}\parallel}$	$\sigma_{\text{сж}\perp}$	$\sigma_{\text{раст}\parallel}$	$\sigma_{\text{раст}\perp}$		$C_{\parallel}$	$C_{\perp}$	$\varphi_{\parallel}$	$\varphi_{\perp}$
Угольный пласт	0,54	0,32	0,34	0,36	16	12	5	5	2,3	45	0,4	31°	29°
Алеврит	3,2	1,6	0,32	0,38	9	8	10	6	2,58	47	0,25	172°	7°

Теперь на подобие подхода В. Витке [5] мы можем записать новое обобщенное условие разрушения (пластичности) Кулона–Мора для транслопного массива в следующем виде

$$\tau_{\perp C} = \sigma_{\perp C} \text{tg} \phi_{\perp} + C_{\perp} \quad (9)$$

$$\tau_{\parallel C} = \sigma_{\parallel C} \text{tg} \phi_{\parallel} + C_{\parallel} \quad (10)$$

#### 6. Оценка точности МКЭ схемы

Точность решения поставленной задачи по МКЭ определяется выполнением физических условий, под которым понимается условие выполнения равенства  $\sigma_0 = \gamma H$  в массиве за пределами области концентрации напряжений  $\sigma_z$ , вычисленный МКЭ. Где  $\sigma_0$  – геостатическое поле напряжений в нетронутым массиве;  $H$  – глубина заложения выработки;  $\gamma$  – объемный вес горной породы. Согласно этому критерию для нашей задачи получена следующая оценка точности конечноэлементной расчетной схемы.

На глубине  $H = -176,85 \text{ м}$  напряжение  $\sigma_z = -176,84$ , поскольку  $\gamma = 1 \text{ Т/м}^3$ , то  $\gamma H = -176,85$ . Разница составляет 0,01 МПа, что говорит практически о высокой точности разработанной расчетной схемы. Далее решена тестовая задача о транспортном тоннеле, заложенном на глубине 3м [2] по нахождению эпюр окружных нормальных тангенциальных напряжений в весомом массиве, которая была решена с применением треугольного элемента. На рисунке 3 показано решение этой же задачи теперь с применением восьмиузлового изопараметрического элемента.

Поскольку мы в данной работе рассматриваем выработку глубокого заложения, получены значения окружных напряжений и для глубины 300м. Эпюры этих напряжений на рис. 3 показаны линиями 1 и 2.

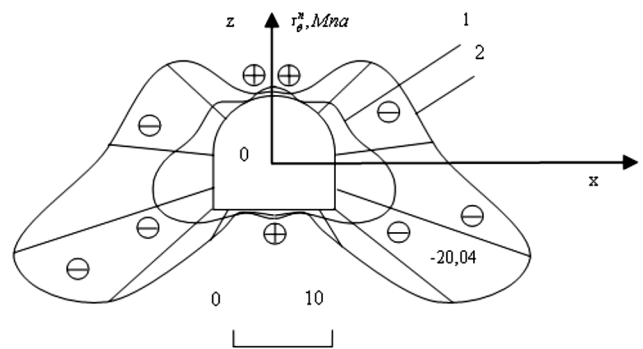


Рисунок 3. Эпюры нормальных тангенциальных сжимающих напряжений на контуре тоннельной выработки в весомом массиве. Линии соответствуют глубинам заложения: 1 - 3м.; 2- 300м.

#### 7. Некоторые результаты исследования

Для полного раскрытия величину давления на границах разнородных слоев и на контур выработки вычисляем найденных с помощью МКЭ компонентов напряжений  $\sigma_x, \sigma_z, \tau_{xz}$ , в нормальных для любой поверхности координатах с известными формулами теории упругости [6]:

$$\begin{aligned} \sigma_{n,\alpha} &= \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\alpha + \tau_{xy} \sin 2\alpha, \\ \sigma_{t,\alpha} &= \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) - \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\alpha - \tau_{xy} \sin 2\alpha, \\ \tau_{nt,\alpha} &= -\frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y) \sin 2\alpha + \tau_{xy} \cos 2\alpha. \end{aligned} \quad (11)$$

где  $\alpha$  угол между нормалью  $n$  и горизонтальной осью прямоугольной декартовой системы координат.

С помощью разработанных алгоритмов описанные выражениями (1)–(11) проведены многовариантные расчеты по определению НДС массива и обделок выработки.

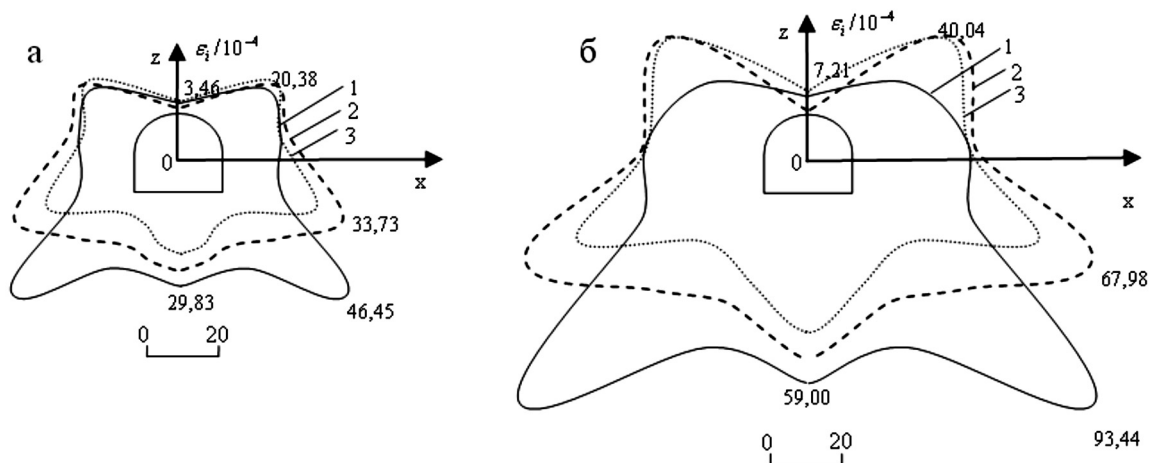


Рисунок 4. Эпюры интенсивности деформации  $\epsilon_i$  от геостатической нагрузки вдали от контура незакрепленной выработки при глубинах заложения: а -  $h=500\text{ м}$  ; б -  $h=900\text{ м}$  .

Линии соответствуют различным расстояниям  $r$  от центра контура: 1 -  $r=2,50\text{ м}$  (контур); 2 -  $r=2,56\text{ м}$ ; 3 -  $r=2,62\text{ м}$  .

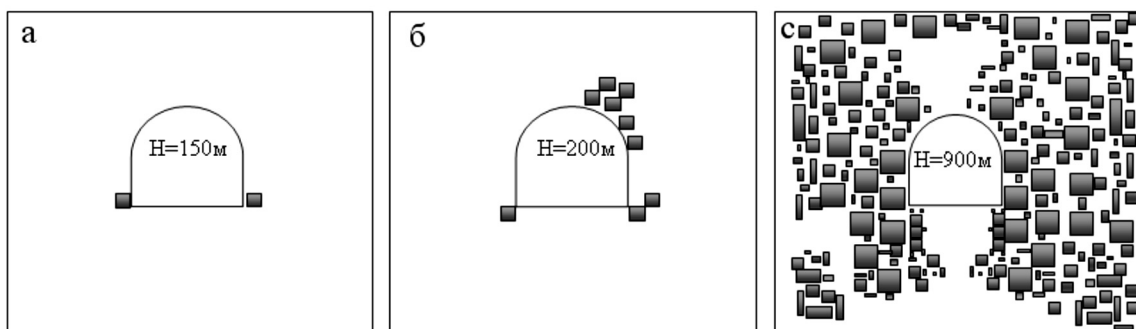


Рисунок 5. Пластические зоны вокруг незакрепленной выработки на различных глубинах заложения  $H$ , от геостатической нагрузки при  $\varphi_1=0, \varphi_2=0$  : а- 150м; б- 200м; с- 900м.

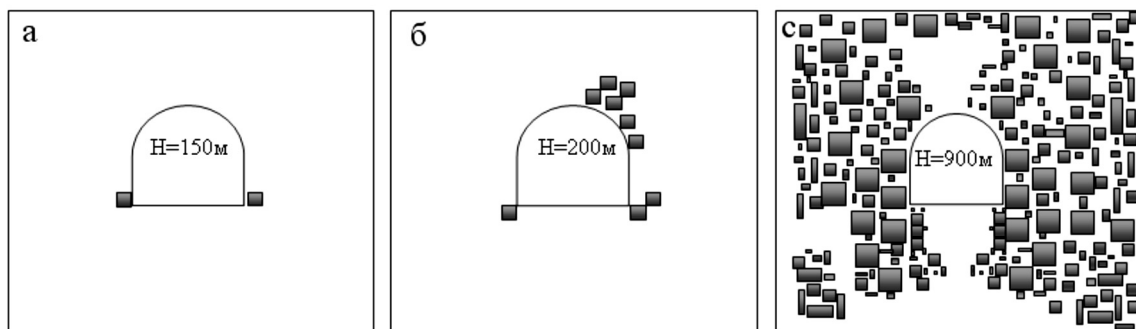


Рисунок 6. Пластические зоны вокруг незакрепленной выработки на различных глубинах заложения  $H$ , от геостатической нагрузки при  $\varphi_1=30, \varphi_2=0$  : а- 150м; б- 200м; с- 900м.

На рис. 4 показаны эпюры интенсивности деформации  $\epsilon_i$  от различных расстояниях от контура незакрепленной выработки для случая  $\varphi_1=0$ .

Сравнивая вычисленных значений напряжений  $\{\sigma_n\}$  по (11) с их критическими значениями таблицы 1, опреде-

лим области разрушений –раздробления массива.

Найденные таким подходом закономерности появления зон пластичности уязвимые раздроблению массива вокруг выработки для различных вариантов угла наклона плоскости изотропии, силовых воздействия и глубин за-



ложения показаны на рис. 5 и 6. Зоны пластических микро разрушений показаны "кирпичиками".

Анализируя пластические зоны, показанные на этих рисунках, заметим, что,

*Во-первых*, площади пластических зон увеличиваются от контура выработки с ростом глубины заложения от  $H=100\text{ м}$  до  $H=900\text{ м}$ .

*Во-вторых*, появления пластических зон имеет дискретный характер. Это означает, что некоторые зоны между пластическими остаются в упругом состоянии.

*В-третьих*, как и в закономерностях концентрации напряжений вокруг контура выработки относительно наибольшее количество пластических зон наблюдается в варианте когда рудные и скальные слои имеют одинаково горизонтально слоистости, т.е. при  $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ .

При фиксированном значении  $\varphi_2 = 0$  (скальные массивы, расположенные выше и ниже рудного слоя, имеют горизонтально слоистую структуру) с увеличением значения угла наклона плоскости изотропии вокруг выработки от  $\varphi_1 = 0$  до  $\varphi_2 = 30^\circ$  количества пластических зон незначительно уменьшается. Появления локальных зон пластичности преимущественно с правой стороны объясняется влиянием угла наклона плоскости изотропии. Таким образом, на основе теоретических разработок, проведением многовариантных расчетов, установлены

закономерности образования области пластического раздробления массива вокруг выработки в зависимости от глубины заложения.

## 8. Заключение

Следует отметить, что переход, определенных зон от упругого к пластическому состоянию, не означает, что именно в этих зонах произойдет разрушение. Такие области горных пород особенно при глубоких заложениях, при переходе к пластичности могут оставаться не разрушенными. Вопрос о разрушении и распространении трещин, и их направлениях необходимо исследовать специально обобщениями методов механики разрушения.

В данной работе с разработкой обобщенного критерия пластического разрушения наклонно слоистого анизотропного массива, которая позволяет определить начало перехода массива к пластическому состоянию и направление его дальнейшего развития относительно плоскости изотропии, проведением многовариантных расчетов по определению НДС массива вокруг горной выработки с применением предложенного критерия, установлены закономерности образования локальных зон пластического раздробления массива в зависимости от глубины ее заложения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ержанов Ж.С., Айтиалиев Ш.М., Масанов Ж.К. Устойчивость горизонтальных выработок в наклонно-слоистом массиве. – Алма-Ата:1971:–160 с.
2. Баймахан Р.Б. Расчет сейсмонапряженного состояния подземных сооружений в неоднородной толще методом конечных элементов. Монография (Под ред. академика Ш.М. Айтиалиева. – Алматы, 2002. – С. 232).
3. Баймахан Р.Б., Кожамкулова Ж.Ж. Упругопластическое состояние выработки в неоднородном массиве со специальным условием пластичности. Алматы, 2014. 170с.
4. Рысбаева А.К. Разработка анизотропной модели строения селезащитных грунтовых плотин и обоснование инновационной технологии ее возведения Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Бишкек 2014, 22с
5. Рысбаева Г.П. Баймахан Р.Б. Закономерности трещинообразования в массиве вблизи контура подземного сооружения в анизотропном массиве: Алматы, 2016, – 177 с
6. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости.– М.:Наука, 1975. – 576 с.

© А.А. Сейнасинова, Г.П. Рысбаева, С. Авдарсолкызы, Р.Б. Баймахан, ( asim10@yandex.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



"Ни о чем не думает лишь тот,  
кто ничего не читает."  
Д.Дидро

Реклама

# ИНТЕГРАЦИОННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНО РАЗВЕРТЫВАЕМЫХ ВЕБ-СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ВЫКЛАДОК

## INTEGRATION TESTING OF CONTINUOUSLY DELIVERED WEB-SYSTEMS USING EXPERIMENTAL DEPLOYMENT

*I. Skorokhodov  
A. Tikhomirova*

### Annotation

Continuous integration, delivery and deployment of web systems becomes more and more popular nowadays, because it makes company more flexible and lets it react on changes more rapidly. While using such a practice system testing, especially integration testing becomes much more important. The classic ways to test web-systems are manual testing and writing automated tests. Both approaches are too time-consuming and have great limitations in scaling. So in these latter days experimental deployment gains popularity in system integration testing. It is a procedure of distributing company's product on a separate share of users and analyzing their behavior to make conclusions about quality of the new product version. Despite of popularity of this kind of approach its theoretical reasoning is almost completely absent. In this paper there are developed a model to determine an experiment which a user should be distributed in and a criteria of experiment termination.

**Keywords:** integration testing, continuous deployment, continuous integration, experimental deployment.

*Скорыходов Иван Сергеевич*

*Магистрант, ФГАОУ ВО*

*"Национальный исследовательский  
ядерный университет "МИФИ"*

*Тихомирова Анна Николаевна*

*К.т.н., доцент, ФГАОУ ВО*

*"Национальный исследовательский  
ядерный университет "МИФИ"*

### Аннотация

Непрерывная интеграция, доставка и развертывание веб-систем становится все более популярной, так как она позволяет компании быть максимально гибкой и быстрее реагировать на изменения. При данном подходе важную роль начинает играть тестирование компонентов системы, особенно интеграционное. Классическими способами проведения данной процедуры являются ручное тестирование и написание интеграционных тестов. Оба этих подхода несут существенные временные затраты и имеют ограничения в масштабировании. Поэтому в последнее время все больше компаний прибегают к экспериментальной проверке изменений, суть которой заключается в выкладки новой версии приложения на определенную долю пользователей, отслеживание их поведенческих метрик и выявлении на их анализе качества внесенных изменений. При этом сегодня практически отсутствуют теоретические обоснования данного подхода, особенно выявление баланса между продолжительностью эксперимента и рисками потерь от недоброкачественных изменений. В данной работе предложена модель определения экспериментальной выборки для пользователя, а также критерий терминации эксперимента.

### Ключевые слова:

Интеграционное тестирование, непрерывная интеграция, непрерывное развертывание, экспериментальное развертывание.

### Введение

Непрерывное развертывание по своей сути заключается в максимальном сокращении релизных циклов продукта [1]. Тестирование продукта при этом становится особенно затратным: так как необходимо проверять каждый релиз, то тестирование становится крайне узким местом масштабирования бизнеса. Поэтому компании стараются максимально упростить и ускорить данную процедуру.

*Традиционно существует два основных подхода проведения тестирования системы:*

- ◆ ручное тестирование мануальными QA-специа-

листами [2];

- ◆ автоматизированное тестирование с помощью интеграционных и юнит-тестов [3].

Ручное тестирование является крайне затратным по времени, поэтому плохо масштабируется. Написание интеграционных тестов, в свою очередь, также требует существенных временных затрат на их создание, что также несет большие издержки для компаний. Таким образом, существует необходимость каким-либо способом удешевить данную процедуру.

Поэтому в последнее время все популярнее становится подход, заключающийся в развертывание новой вер-

сии системы в экспериментальном режиме и последующем определении ее качества на основе анализа изменений различных пользовательских метрик [4].

*Ключевыми вопросами при этом являются следующие:*

- ◆ выбор нужных метрик для отслеживания;
- ◆ определение времени прекращения эксперимента.

Несмотря на огромную важность и актуальность данной темы теоретические обоснования поставленных вопросов сегодня практически отсутствуют. Каждая компания вынуждена самостоятельно выбирать метрики для отслеживания и критерий терминации, как правило, без какой-либо заранее определенной методологии.

### ***Современные подходы к проведению экспериментального развертывания***

Существует два типа проведения экспериментов: параллельные эксперименты (сплит-тесты) и последовательные (А/В-тестирование).

Параллельные эксперименты, которые также называют сплит-тестами, заключаются в развертывании двух версий системы одновременно: эталонной и экспериментальной. Как правило, их могут позволить себе только крупные компании, так как необходима достаточно большая база пользователей, чтобы выделить из них достаточно большую репрезентативную долю. Кроме того, инфраструктура для проведения сплит-тестов достаточно сложна: необходима специальная прослойка (например, L7-балансер [5]), который будет распределять пользователей по экспериментальным сплитам, а также возможность запуска нескольких версий системы одновременно.

Последовательные эксперименты, которые иногда называют А/В-тестированием, предполагает выкладку эксперимента на 100% пользователей и отслеживании на них изменений. Данная процедура является более рискованной, чем сплит-тесты: неудачные эксперименты повлияют сразу на всех пользователей сервиса. Инфраструктура для А/В-тестирования значительно проще, что дает возможность проводить его небольшим компаниям.

В настоящее время существуют предприятия, которые поставляют систему экспериментального развертывания (как параллельного, так и последовательного) на аутсорсинг, и все больше компаний прибегают к их услугам [6]. При этом данные аутсорс-организации оставляют на усмотрение клиента решение по определению критерия терминации эксперимента. Также они оставляют закрытой методологию распределения пользователей по экспериментальным сплитам.

### ***Технические аспекты работы непрерывно развертываемых веб-систем***

По своей сути, непрерывное развертывание заключается в частых релизных циклах продукта: каждая небольшая задача (или несколько задач), выполненная разработчиком, собирается в отдельный релиз. Данная практика используется для любого типа ПО, а не только веб-систем, но у последних есть существенное преимущество: они могут форсировать обновление клиентской части сервиса [1].

При проведении экспериментов ключевым является сохранении информации на клиентской части об экспериментальном сплите. Это необходимо для того, чтобы отслеживать пользовательские данные, правильно распределять их по экспериментальным сплитам, а также направлять пользователя в эксперимент, если он зашел на сайт повторно.

*Для веб-систем существует два основных способа сохранять информацию на клиенте:*

- ◆ в клиентском хранилище localStorage [7];
- ◆ в cookie-заголовках запросов [8].

Клиентское хранилище localStorage имеет больший, чем cookie-заголовки, объем, но менее надежно и доступно только для клиентских скриптов, поэтому больше подходит для хранения больших и не очень важных объектов. Cookie-заголовки доступны в запросе клиента, поэтому намного более предпочтительны для хранения ключевых данных пользователя.

Взаимодействие с существующими веб-системами осуществляется в основном по протоколу HTTP [9]. Он предполагает наличие на сервере определенных ресурсов, которые запрашивает клиент. Данные ресурсы могут быть как статическими, так и динамическими. В последнем случае сервер имеет возможность модифицировать ресурс в зависимости от различных параметров запроса, которые хранятся в заголовках, теле и адресе. Именно это и позволяет удобно делить пользователей по экспериментам в веб-системах.

### ***Определение пользователя в экспериментальный сплит***

При получении запроса сервер должен направить пользователя в определенный тест-сплит.

В общем виде схема обработки сервером запроса представлена на **рис. 1**.

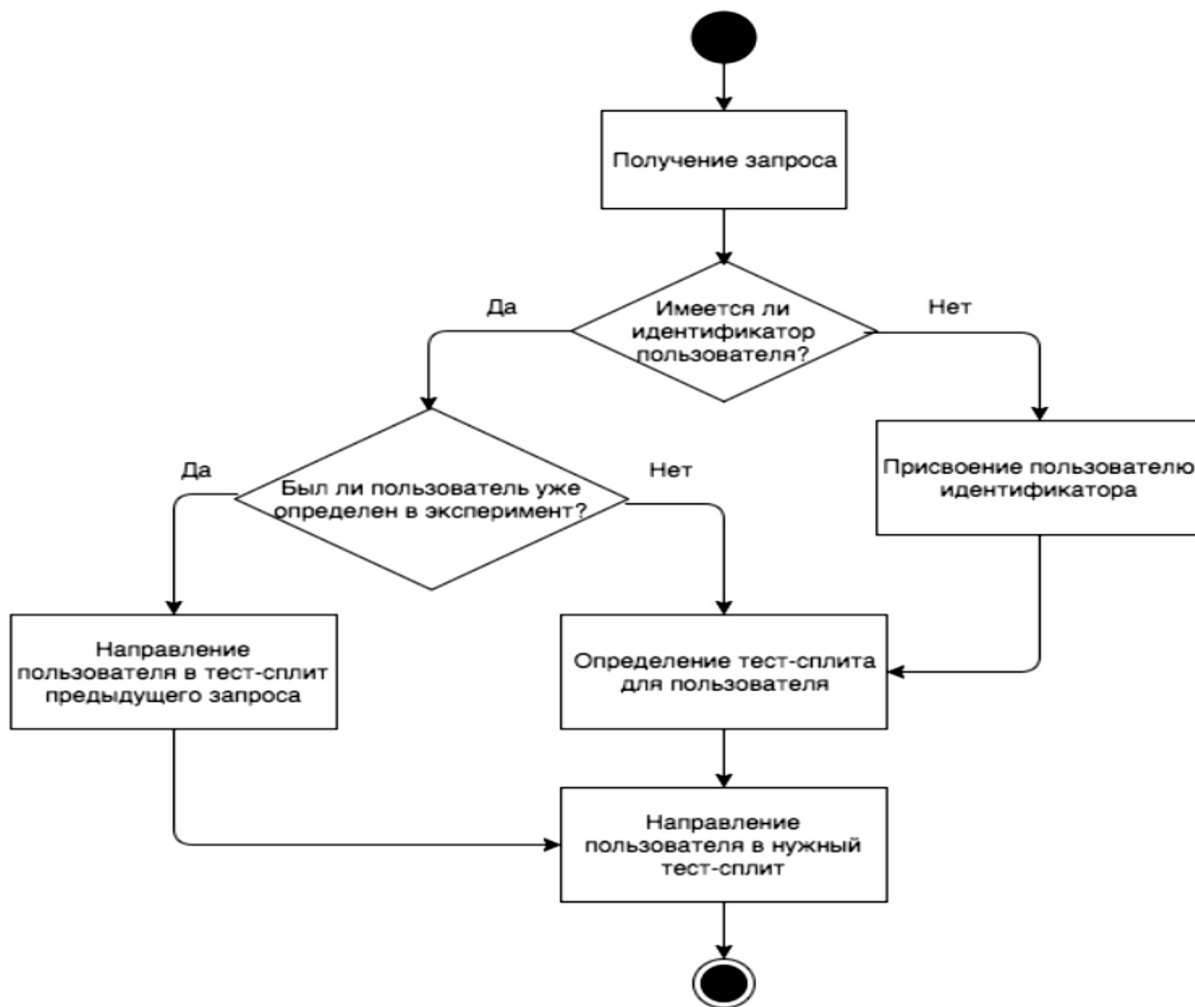


Рисунок 1. Схема обработки пользовательского запроса.

Выбор экспериментального сплита определяется на основе существующего распределения пользователей по экспериментам и того факта, был ли данный пользователь уже распределен при его предыдущих запросах. Для определения экспериментального сплита для пользователя необходимо основываться на существующем распределении пользователей по экспериментам.

Распределение значений признаков запросов в эксперименте должно совпадать с распределением аналогичных значений в эталонном сплите. То есть, функции распределения признаков в различных сплитах должны максимально точно друг друга приближать:

$$F_{s_i} \sim F_{s_k} \text{ для } i, k = 1, 2 \dots n,$$

где:  $F_{s_i}$  – распределение случайной величины в  $i$ -ом экспериментальном сплите;  
 $n$  – количество экспериментальных сплитов.

Таким образом, можно сформулировать задачу опре-

деления экспериментального сплита для запроса.

Пусть:

$$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$$

– множество пользователей;

$$\mathcal{S} = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$$

– множество экспериментальных сплитов;

$$\mathcal{F} = \{F_{s_1}, F_{s_2}, \dots, F_{s_n}\}$$

– существующее семейство распределений в экспериментальных сплитах;

$$\Psi: \Omega \rightarrow \mathcal{S}$$

– Сюръективное отображение определяет пользователя в нужный экспериментальный сплит. (Об)

Тогда выбор экспериментального сплита должен основываться на том, насколько похожими станут распре-

деления признаков в сплитах:

$$\Psi(\omega) = \operatorname{argmax}_{S \in \mathcal{S}} \frac{\sum_{S \in \mathcal{S}} r(\mathcal{F}_S, \mathcal{F}_S)}{|S|}, \quad (1)$$

где  $r$  – это определенная функция корреляции, выбор которой зависит от априорных предположениях о шуме в признаках: например, для гауссовского шума можно использовать коэффициент корреляции Пирсона.

Важно отметить, что признаки пользователя должны быть "устойчивыми" по отношению к функционалу сервиса, т.е. должны сохранять одинаковое распределение для любой его версии. К таким признакам можно отнести следующие наиболее популярные:

- ◆ случайно генерируемые идентификаторы пользователей, если произвести их хеширование в равномерно распределенный массив чисел на заданном дискретном диапазоне;

- ◆ IP-адреса пользователей, если произвести их хеширование в категориальную переменную, характеризующую регион пользователя.

Таким образом, можно правильно определять пользователей в экспериментальные сплиты вне зависимости от их размера.

#### **Определение критерия терминации эксперимента**

Открытым вопросом при этом остается критерий терминации эксперимента, то есть определения момента, когда необходимо его прервать.

*Можно выделить два типа критерия терминации:*

- ◆ Критерий терминации первого рода: была собрана вся необходимая статистика о качестве сплита;

- ◆ Критерий терминации второго рода: были выявлены отклонения, и эксперимент несет убытки для компании.

Определение первого критерия является достаточно нетривиальным: необходимо быть уверенным, что в каждом сплите находится одинаковое количество целевых пользователей – то есть, пользователей, которые осуществляют целевые для компании действия (например, покупку). Для этого требуется отслеживать суммарное количество целевых действий и сходимость функционалов в каждом сплите. Пусть  $D_{S_i}(t)$  – суммарное количество целевых действий в сплите  $S_i$  за временной промежуток  $t$ .

*Утверждение*

При правильном распределении пользователя по сплитам (выполнено условие из формулы (1)) и одинаковых версий системы в сплитах  $S_i$  и  $S_k$  выполнено:

$$\frac{D_{S_i}(t)}{D_{S_k}(t)} \rightarrow 1 \text{ при } t \rightarrow \infty.$$

*Доказательство*

По условию (1) пользовательские признаки в сплитах  $S_i$ ,  $S_k$  являются независимыми одинаково распределенными случайными величинами (многофакторными). При одинаковой версии системы в сплитах, они имеют одинаковые условия для распределения поведенческих факторов. Тогда данная ситуация ложится в условия леммы центральной предельной теоремы, и сумма их целевых действий имеет нормальное распределение. Следовательно, функционалы имеют сходимость по распределению [10].

Таким образом, если система работает без отклонений, то она будет порождать одинаковые условия для формирования действий пользователей, и будет наблюдаться сходимость функционалов. При этом период сходимости является уникальным для каждой компании и должен подбираться самостоятельно.

Критерий терминации второго рода будет обуславливать расходимость функционалов  $D_{S_i}$  и  $D_{S_k}(t)$ .

При этом, если

$$\frac{D_{S_i}(t)}{D_{S_k}(t)} > 1$$

то  $S_i$  является более прибыльным, чем  $S_k$ .

В случае, если

$$\frac{D_{S_i}(t)}{D_{S_k}(t)} < 1$$

то  $S_i$  является более убыточным.

#### **Заключение**

Существующие подходы интеграционного тестирования являются крайне затратными по времени и плохо масштабируются. Особенно остро встает подобная проблема для компаний, разрабатывающих свои веб-системы по практике непрерывного развертывания.

Это обуславливает тот факт, что все больше компаний в последнее время прибегают к выкладке новых версий системы в экспериментальном режиме и анализе качества изменений на основе поведения пользователей в экспериментальном сплите.

В данной работе была предложена модель определения пользователя в экспериментальный сплит вне зави-

симости от типа эксперимента.

Также был предложен подход определения качества

новой версии системы, который позволяет определить момент, когда необходимо свернуть эксперимент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джек Хамбл and Дэвид Фарли. Непрерывное развертывание ПО. Автоматизация процессов сборки, тестирования и внедрения новых версий? программ. Вильямс, 2011.
2. Rick David Craig and Stefan P. Jaskiel. Systematic Software Testing. Artech House, 2002.
3. Elfriede Dustin, Jeff Rashka, and John Paul. Automated Software Testing: Introduction, Management, and Performance. Addison-Wesley, 1999.
4. Dan Siroker and Pete Koomen. A/B Testing: The Most Powerful Way to Turn Clicks Into Customers. Wiley, 2013.
5. Tony Bourke. Server Load Balancing. O'Reilly Media, 2001.
6. Optimizely – главная страница. <https://www.optimizely.com/>, 2016.
7. Ian Hickson. Web storage. <https://www.w3.org/TR/webstorage/>, 2016.
8. Http state management mechanism. Technical report, Internet Engineering Task Force (IETF), 2011.
9. David Gourley, Brian Totty, Marjorie Sayer, Anshu Aggarwal, and Sailu Reddy. HTTP: The Definitive Guide. O'Reilly Media, 2002.
10. Севастьянов Борис Александрович. Курс теории вероятностей? и математики? статистики. Наука, 1982.

© И.С. Скороходов, А.Н. Тихомирова, (iskorokhodov@gmail.com), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».

# 12-й ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

## 4-6 октября 2016, Москва, Россия



Москва

Наталья Тарасова

Тел /Факс: +7 495 249 49 03  
moscow@minexforum.com

Лондон

Ирина Юхтина

Тел : +44 (0)207 520 9341  
admin@minexforum.com

Реклама

# АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ КОРОТКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

\* Исследование выполнено в рамках реализации научного проекта по теме "Разработка кроссплатформенной технологии построения мобильных приложений с заданными контурами интеграции для повышения функциональной и ресурсной эффективности корпоративных информационных систем" в рамках ФЦПР 2014-2020 (уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57614X0066) при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

## ADAPTIVE METHOD FOR PREDICTING SHORT TIME SERIES OF NATURAL PROCESSES

*F. Tebueva  
N. Streblianskaia*

### Annotation

The article deals with the time series of natural processes which have the property of persistence. The study is aimed at the selection and adaptation of mathematical apparatus for prediction of persistent time series. It is proposed in the method of Brown smoothing factor correlated with the fractal dimension of the time series.

**Keywords:** Hurst exponent, fractal dimension, prediction.

*Тебueva Фариза Биляловна  
Северо-Кавказский федеральный  
университет, г. Ставрополь  
Стреблянская Наталья Васильевна  
Северо-Кавказский федеральный  
университет, г. Ставрополь*

### Аннотация

В статье рассматриваются временные ряды природных процессов, обладающих свойством персистентности. Исследование направлено на выбор и адаптацию математического аппарата для прогнозирования персистентных временных рядов. Предлагается в методе Брауна коэффициент сглаживания соотносить с фрактальной размерностью временного ряда.

### Ключевые слова:

Показатель Херста, фрактальная размерность, прогнозирование.

## Введение

Многие прикладные задачи прогнозирования содержат выборки слишком малой длины [1] для возможности получения статистически достоверных прогнозов. Поэтому прогнозирование коротких временных рядов [2] является очень актуальной проблемой, для решения которой необходимо иметь представление об особенностях описываемого временным рядом процесса. Для большинства природных временных рядов статистика не может быть смоделирована на длительный период.

Основными формализованными методами прогнозирования коротких временных рядов являются адаптивные модели прогнозирования [3], способные быстро приспособлять свою структуру и параметры к изменению условий. Адаптивные модели прогнозирования основаны на двух схемах – скользящего среднего (СС–модели) и авторегрессии (АР–модели) [4]. Природные временные ряды в большинстве случаев представляют собой нестационарные эволюционные процессы, для их прогнози-

рования рассматриваем СС–модели. В статистическом прогнозировании наиболее часто используются две базовые СС–модели – Брауна и Хольта, первая из них является частным случаем второй и представляет наибольший интерес.

Как известно, в методе Брауна

$$\dot{x}_{n+1} = \alpha \cdot x_n + (1 - \alpha) \cdot x_{n-1} \quad (1)$$

прогнозное значение

$\dot{x}_{n+1}$  находится с учетом среднего взвешенного коэффициента сглаживания  $\alpha$ , значение которого находится в интервале  $\alpha \in [0, 1]$ . При этом выбор оптимального значения необходимо осуществлять экспериментально, перебирая все возможные значения в рассматриваемом интервале. Данная процедура может стать трудоемкой, если рассматривать значения  $\alpha$  в рассматриваемом интервале с различной точностью. В работе [5] коэффициент сглаживания  $\alpha$  выбирается эмпирическим методом в интервале  $\alpha \in [1, 2]$ . Такое предположение нуждается в теоретическом обосновании.

В настоящей работе предлагается метод прогнозирования, новизна которого состоит, во-первых, в получении теоретически точного расчетного значения коэффициента сглаживания вместо экспериментального подбора, во-вторых, в решении проблемы отставания прогнозных значений от фактических значений.

**Описание адаптивного метода прогнозирования коротких персистентных временных рядов**

Предлагаемый адаптивный метод прогнозирования на основе фрактальной размерности порождающего временного ряда (сокращенно метод ФРПВР) предназначен для персистентных [6, 7] временных рядов, т.е. для рядов, у которых значение показателя Херста находится в интервале [0,7; 1]. Фрактальная размерность [8] представляет собой величину, которая описывает заполнение объектом пространства, и является дробным числом в отличие от топологической размерности (которая всегда является целой). Фрактальная размерность  $D$  временного ряда связана с показателем Херста  $H$  соотношением

$$D = 2 - H \tag{2}$$

где  $H$  – показатель Херста [7], являющийся мерой смещения в частично броуновском движении.

Рассчитать показатель Херста  $H$  можно алгоритмом  $R/S$  – анализа или нормированного размаха Херста, описание которого приведено в [7, 9]. Согласно этому алгоритму заданный временной ряд

$$Z = \langle z_i \rangle, \quad i = \overline{1, n}$$

разбивается на начальные отрезки

$$z_\tau, \quad \text{где } \tau = \overline{1, n}$$

Для этих отрезков вычисляется размах

$$R = R(\tau) = \max_{1 \leq i \leq \tau} Z_{\tau, i} - \min_{1 \leq i \leq \tau} Z_{\tau, i}$$

который нормируется на стандартное отклонение  $S(\tau)$ . Показатель Херста составляет величину

$$H(\tau) = \frac{(\log(R(\tau)/S(\tau)))}{\log(\tau/2)}$$

В результате работы этого алгоритма получим значения показателя Херста  $H(\tau)$  для начальных отрезков

$$\tau = \overline{3, n}$$

Найдем усредненное по всем начальным отрезкам

$$\tau = \overline{3, n}$$

значение показателя Херста

$$\tilde{H} = \frac{\sum_{\tau=3}^n H(\tau)}{n-2} \tag{3}$$

В настоящей работе предлагается коэффициенту сглаживания  $D$  присвоить значение фрактальной размерности временного ряда

$$\alpha = D = 2 - \tilde{H} \tag{4}$$

При подстановке значения  $\alpha$  из (4) в (2), получим расчетную формулу уточненного метода Брауна с использованием фрактальной размерности

$$\dot{x}_{n+1} = D \cdot x_n + (1 - D) \cdot x_{n-1} \tag{5}$$

Для решения проблемы запаздывания прогнозных значений от соответствующих им фактических значений предлагается прогноз получать по формуле

$$\dot{x}_{n+1} = D \cdot \dot{x}_n + (1 - D) \cdot x_{n-2} \tag{6}$$

Оценить погрешности прогнозирования можно путем вычисления относительных отклонений получаемых прогнозных значений от фактических значений в процентном соотношении

$$\delta_i = \frac{|\dot{x}_i - x_i|}{x_i} \cdot 100\% \tag{7}$$

Общая ошибка прогнозирования составит среднюю величину  $\tilde{\delta}$  всех относительных отклонений [7].

**Экспериментальная часть**

Для прогнозирования предлагаемым методом рассмотрим два коротких природных временных ряда:

1)  $X = \langle x_i \rangle, \quad i = \overline{1, 20}$

– ежегодные уровни паводков на реке Амур за период наблюдений с 1942 года по 2001 год в створе г. Хабаровска;

2)  $Y = \langle y_i \rangle, \quad i = \overline{1, 20}$

– ежемесячный объем выпавших осадков в бассейне реки Кубань.

В табл. 1 приведены временные ряды  $X, Y$  и рассчитанные значения показателя Херста

$$H^X(\tau), \quad H^Y(\tau)$$

(с точностью до пятого знака после запятой).

Таким образом, имеем усредненные значения показателя Херста  $\tilde{H}$  и фрактальные размерности  $D$  временных рядов  $X, Y$ :

$$\tilde{H}(X) = 0,782789; \quad D(X) = 1,217211;$$

$$\tilde{H}(Y) = 0,793467; \quad D(Y) = 1,206533.$$

Имеем прогнозные модели для рассматриваемых временных рядов:

$$\dot{x}_{n+1} = 1,217211 \cdot x_n - 0,217211 \cdot x_{n-1} \tag{8}$$

$$\dot{y}_{n+1} = 1,206533 \cdot y_n - 0,206533 \cdot y_{n-1} \tag{9}$$



Таблица 1.

Временные ряды  $X$ ,  $Y$  и соответствующие ему значения показателя Херста  $H^X(\tau)$ ,  $H^Y(\tau)$  всех начальных отрезков.

Порядковый номер измерения	$X$	$H^X(\tau)$	$H^Y(\tau)$	$Y$
1	371	0,000000	10,8	0,000000
2	384	0,000000	3,8	0,000000
3	620	0,852101	7,7	0,5868518
4	550	0,958741	5,2	0,5601179
5	349	0,948800	5,5	0,5910172
6	426	0,902023	3	0,5569510
7	435	0,863851	9,1	0,7791134
8	497	0,783358	11,3	0,8846190
9	446	0,765363	8,6	0,8991020
10	564	0,642878	12	0,9176919
11	330	0,643416	17,4	0,8698170
12	419	0,676938	9,9	0,8664152
13	408	0,709194	11,5	0,8708231
14	337	0,764158	7,9	0,8457520
15	414	0,770403	13,6	0,8485274
16	366	0,792782	10,5	0,8473956
17	523	0,719430	15,1	0,8478133
18	294	0,748185	10,6	0,8444585
19	322	0,767617	17,7	0,8356396
20	261	0,780971	10,4	0,8303050

В табл. 2 для каждого из рассматриваемых временных рядов приведены его исходные значения, прогнозные значения и относительные отклонения прогнозных значений от фактических значений в процентном выражении.

В целях обоснования эффективности предлагаемого метода ФРПВР выполним прогнозирование рассматриваемых временных рядов  $X$  и  $Y$  базовым методом Брауна

и сравним результаты.

В процессе прогнозирования по методу Брауна экспериментально получены коэффициенты сглаживания:

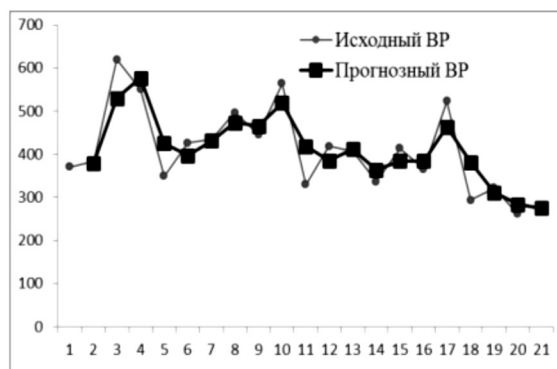
$\alpha=0,62$  для временного ряда  $X$ ;

$\alpha=0,36$  для временного ряда  $Y$ .

На рисунках 1 и 2 приведены результаты прогнозирования временных рядов  $X$  и  $Y$  методами ФРПВР и Брауна.



а) Метод ФРПВР



б) Метод Брауна

Рисунок 1. Прогнозирование временного ряда  $X$  методами ФРПВР и Брауна.

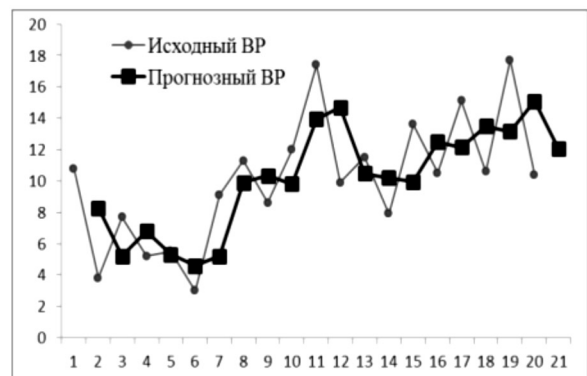
Таблица 2.

Результаты прогнозирования временных рядов X, Y методом ФРПВР.

Порядковый номер ВР	X			Y		
	Фактическое значение	Прогнозное значение	Относительные отклонения	Фактическое значение	Прогнозное значение	Относительные отклонения
1	371	-	-	10,8	-	-
2	384	386,7	0,70	3,8	2,4	38,05
3	620	668,7	7,86	7,7	8,5	10,46
4	550	535,5	2,63	5,2	4,7	9,93
5	349	307,5	11,89	5,5	5,6	1,13
6	426	441,9	3,73	3	2,5	17,21
7	435	436,9	0,43	9,1	10,4	13,84
8	497	509,8	2,58	11,3	11,8	4,02
9	446	435,5	2,36	8,6	8,0	6,48
10	564	588,4	4,32	12	12,7	5,85
11	330	281,7	14,65	17,4	18,5	6,41
12	419	437,4	4,39	9,9	8,4	15,65
13	408	405,7	0,56	11,5	11,8	2,87
14	337	322,3	4,35	7,9	7,2	9,41
15	414	429,9	3,84	13,6	14,8	8,66
16	366	356,1	2,71	10,5	9,9	6,10
17	523	555,4	6,20	15,1	16,1	6,29
18	294	246,7	16,09	10,6	9,7	8,77
19	322	327,8	1,80	17,7	19,2	8,28
20	261	248,4	4,83	10,4	8,9	14,50
Прогноз		245,8			8,6	
Погрешность			5,05%			10,21%



а) Метод ФРПВР



б) Метод Брауна

Рисунок 2. Прогнозирование временного ряда Y методами ФРПВР и Брауна.

Таблица 3.

Результаты прогнозирования временных рядов  $X$ ,  $Y$ .

Временные ряды	Метод ФРПВР		Метод Брауна	
	Прогноз	Погрешность	Прогноз	Погрешность
$X$	245,8	5,05%	275,4	9,29%
$Y$	8,6	10,21%	12,1	31,63%

Как видно из табл. 3, метод ФРПВР дает меньшую погрешность прогнозирования по сравнению с методом Брауна в каждом временном ряде. Основным выводом является следующий: метод ФРПВР обеспечивает меньшую погрешность прогнозирования при высокой конечной точности подбора коэффициента сглаживания по сравнению с методом Брауна. В рамках данной работы приведено прогнозирование персистентных коротких временных рядов на примере ежегодных уровней паводков на реке Амур и ежемесячных уровней выпавших осадков в бассейне реки Кубань.

#### Рекомендации

Следует отметить применимость адаптивного метода прогнозирования на основе фрактальной размерности

порождающего временного ряда для коротких временных рядов произвольной природы: социально-экономических, технических. Главным условием является наличие свойства персистентности у временного ряда, которое является предпосылкой успешного прогнозирования.

Предложенный в статье механизм вычисления коэффициента сглаживания по методу Брауна, на основе прямого вычисления усредненного показателя Херста для персистентных временных рядов обладает меньшей вычислительной сложностью и позволяет достичь большей точности прогнозирования модифицированного метода по сравнению с базовой моделью Брауна. Это связано с тем, что точность прогнозирования в классической модели прогнозирования определяется конечной точностью подбора коэффициента сглаживания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаскаров Д.В., Шаповалов В.И. Малая выборка. – М.: Статистика, 1978. – 248 с.
2. Копытов В.В., Тебуева Ф.Б. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций техногенного характера по коротким временным рядам// Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – №2. – 2009. – С. 33–36.
3. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
4. Сигел Э. Практическая бизнес-статистика. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2008. – 1052 с.
5. Светульников С.Г., Бутухунов А.В., Светульников И.С. Исследование запредельных случаев метода Брауна применительно к малым выборкам: Препринт. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2005. – 24 с.
6. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Нелинейность. Новые проблемы, новые возможности. В кн. Новое в синергетике. Загадки неравновесных структур. – М.: Наука, 1996. (Серия "Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения"). – С.165–190.
7. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. – М.: Мир, 2000. – 333 с.
8. Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. – М.: Радиотехника, 2003. – 480 с.
9. Тебуева Ф.Б. Два подхода к реализации фрактального анализа временных рядов// Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – Т2. – №4, 2007. – С. 105–112.

# СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ СИТУАЦИОННОЙ ВИДЕОАНАЛИТИКИ

*Токарев Вячеслав Леонидович*

*Д.т.н., профессор,  
ТулГУ, Россия, Тула*

*Абрамов Дмитрий Александрович*

*Аспирант,  
ТулГУ, Россия, Тула*

## SYSTEM OF DECISION SUPPORT OF TASKS OF SITUATIONAL VIDEO ANALYTICS

*V. Tokarev  
A. Abramov*

### Annotation

This articles about is approaches to creation of video analytics information-measuring systems and presented own method of creation of system of automatic identification of emergency situations, on the basis of an assessment of a vector of the measured parameters by means of fuzzy models. The main stages of processing of video sequence by means of the offered method are presented. In this articles presented moving object detection methods. The method of representation of life cycle of mobile object consisting of consecutive transition of object from the phase "emergence" in the phase "maintenance" with the subsequent exit of object from an observed zone – the phase "disappearance" is offered.

The method of obtaining parameters of a situation consisting in consecutive allocation from a set of mobile objects, a set of the interesting objects, identification of the interesting objects, definition of a trajectory of the received objects and determination of parameters on trajectories of their movement is offered. The method of the interesting objects detection based on use of a vector of signs which components possess low computing complexity is presented. The method of creation of the vector of signs used for identification of the interesting objects is offered.

The method of allocation and classification of the emergency situations based on use of fuzzy logic and creation of the indistinct models constructed for an assessment of the measured parameters characterizing a situation is offered. It is presented a vector of the parameters used for an assessment of situations, and classification a component of a vector of parameters on scales of measurements is also given.

The method of construction and updating, the used models is offered. Criteria for evaluation of accuracy, classification of the found emergency situation are offered. The method of a defuzzification of decisions on type supernumerary the situations received as a result of work of the offered models is offered. Methods of classification of an emergency situation as services which can be used for elimination of this situation are offered.

Presented advantages of use of the offered approach to creation of information and measuring system of classification of a situation in an observed zone are presented and results of experiments are given.

**Keywords:** video analytics, anomaly detection, information-measuring systems, emergency situation detection, fuzzy models, decision theory.

### Аннотация

В статье представлены основные подходы к построению информационно-измерительных систем видеоналитики и предложен собственный метод построения системы автоматического выявления нештатных ситуаций, на основе оценки вектора измеряемых параметров при помощи нечётких моделей. Представлены основные этапы обработки видеопоследовательности при помощи предложенного метода. Представлены методы выделения подвижных объектов. Предложен метод представления жизненного цикла подвижного объекта состоящий из последовательного перехода объекта из фазы "появления" в фазу "сопровождение" с последующим выходом объекта из наблюдаемой зоны – фаза "исчезновение".

Предложен метод получения параметров ситуации, заключающийся в последовательном выделении из множества подвижных объектов, множества интересующих объектов, идентификации интересующих объектов, определении траектории полученных объектов и определении параметров по траекториям их движения. Представлен метод идентификации интересующих объектов, основанный на использовании вектора признаков, компоненты которого обладают низкой вычислительной сложностью. Предложен метод построения вектора признаков, используемого для идентификации интересующих объектов.

Предложен метод выделения и классификации нештатных ситуаций, основанных на использовании нечёткой логики и построении нечётких моделей, построенных для оценки измеренных параметров, характеризующих ситуацию. Представлен вектора параметров, используемых для оценки ситуаций, а так же приведена классификация компонент вектора параметров по шкалам измерений.

Предложен метод построения и актуализации, используемых моделей. Предложены критерии оценки точности, классификации обнаруженной нештатной ситуации. Предложен метод дефаззификации решений о типе нештатной ситуаций, полученных в результате работы предложенных моделей. Предложены методы классификации нештатной ситуации по типу служб, которые могут быть использованы для ликвидации данной ситуации.

Представлены достоинства использования предложенного подхода к построению информационно-измерительной системы классификации ситуации в наблюдаемой зоне и приведены результаты экспериментов.

### Ключевые слова:

Видеоаналитика, обнаружение нештатных ситуаций, информационно-измерительные системы, классификация нештатных ситуаций, нечёткие модели, теория принятия решений.

Ситуационная видеоаналитика (situation video analytics) обычно применяется для распознавания тревожных ситуаций, связанных с поведением людей, с движением транспортных средств, с возникновением пожара и т.п.

Различают следующие способы настройки видеоаналитики для автоматического распознавания тревожных ситуаций:

1. на основе правил (rule-based video analytics), в котором пользователь заранее определяет правила, определяющих тревожные события. Например, пользователь может задать запретную зону, где не разрешено находиться людям или запретную зону для парковки автомобилей. Система Kipod [1] является примером реализации этого способа;

2. на основе статистического обучения (statistical learning video analytics), в котором система накапливает статистические данные о поведении объектов и формирует сигнал тревоги в случае нестандартного поведения. Комплекс CasRetail [2] и видеосервер CasNVR [3] являются примером реализации этого способа.

В статье предлагается третий способ, заключающийся в использовании нечетких моделей для поддержки решения задач ситуационной видеоаналитики.

Общую задачу ситуационной видеоаналитики можно сформулировать следующим образом.

С помощью подсистемы видеонаблюдения формируется последовательность кадров

$$\Omega_k = \{\omega_i, i = k, k-1, k-2, \dots, k-p\}$$

(временной срез видеопотока, в котором  $p$  – длина последовательности, достаточная, для оценки признаков ситуации  $\{x(k)\}_j$ , составляющих сигнатуру\*  $X_j(k)$  с изображениями контролируемой зоны, которая поступает на вход подсистемы видеоаналитики (ПВА).

\* Совокупность характерных признаков ситуаций, используемых для их классификации.

Первой задачей ПВА является быстрое обнаружение в последовательности  $\Omega_k$  подвижных объектов  $g_k \in G_k$ , находящихся в момент времени  $k$  в наблюдаемой зоне:

$$\Pi_1(\omega_k) : \omega_k \rightarrow g_k \in G_k$$

Второй задачей ПВА является распознавание во множестве  $G_k$  подмножества интересующих объектов

$$H_k = \{h_i, i = 1, 2, \dots, n\} \subseteq A_k$$

мощности  $n$

$$\Pi_2(G_k) : G_k \rightarrow H_k \subseteq G_k$$

При этом

$$H_k \subseteq H,$$

где  $H$  – заданное множество типов интересующих объектов.

Третьей задачей ПВА является идентификация интересующих объектов, то есть назначение каждому  $b_j \in B_k$  идентификатора, например, индекса  $j$ .

$$\Pi_3(H_k) : H_k \rightarrow h_{j,k} \in H_k$$

Это наиболее сложный компонент систем видеоаналитики\*, поэтому для обеспечения распознавания ситуаций в автоматическом режиме, требуется выбрать такой метод идентификации, которой обладал бы минимальной временной сложностью.

\* Современные системы позволяют идентифицировать людей по биометрическим признакам лица или транспортные средства – по номерным знакам.

Четвертой задачей ПВА является слежение за интересующими объектами, которое позволяет получить частную траекторию движения объекта как в поле зрения одной камеры, так и обобщенную траекторию по данным сразу нескольких камер\*:

$$\Pi_4(\omega_k, h_{i,k}) : \omega_k, h_{i,k} \rightarrow t(h_{i,k}), i = 1, \dots, m_k$$

\* Такое слежение (tracking) необходимо, чтобы проанализировать поведение объекта по его траектории, например, определить движение с повышенной скоростью.

Пятой задачей ПВА является определение сигнатуры  $X_j(k)$  (характерные признаки ситуаций):

$$\Pi_5(T_k) : T_k \rightarrow X_j(k)$$

и оценка ситуации  $\sigma_j(k) \in \Sigma$  по сигнатуре  $X_j(k)$ :

$$\Pi_6(X_j(k)) : X_j(k) \rightarrow \sigma_j(k) \in \Sigma$$

причем множество  $\Sigma$  задано априори.

Основным критерием качества получаемой оценки является достоверность, которую можно выразить как минимум ошибки классификации ситуаций

$$q(X_j(k)) = \rho(\hat{\sigma}(k), \sigma_j(k)) \rightarrow \min_{\forall \sigma_j(k) \in \Sigma} \quad (1)$$

где  $\rho(\cdot)$  – метрика, позволяющая сравнивать оценку ситуации

$$\hat{\sigma}(k) \in \Sigma_0,$$

со значением реальной ситуации

$$\sigma(k) \in \Sigma_0,$$

и отвечающее условию

$$\rho(\hat{\sigma}(k), \sigma(k)) = \begin{cases} 0, & \text{если } \hat{\sigma}(k) = \sigma(k) \\ d, & \text{иначе.} \end{cases},$$

в котором  $d$  – ошибка – "расстояние" между

$$\sigma(k) \text{ и } \sigma(k) \text{ в метрике } \rho(\cdot).$$

Первая задача решается в режиме инициализации СПР межкадровой обработкой, в которой формируется начальная модель фона наблюдаемой сцены

$$B_0 = \bigcap_{j=1}^n I_j \quad (2)$$

где  $I_j$  –  $j$ -е множество пикселей изображения наблюдаемой сцены,  $n$  – размер окна фильтрации изображений.

Затем на фон накладывается маска, т.е. делается разметка наблюдаемой зоны, разграничивающая отдельные участки, различающиеся правилами поведения в них подвижных объектов:  $C=M(B_0)$ , координаты  $M(B_0)$  сохраняются в памяти базы данных системы поддержки решения (СПР).

В рабочем режиме для каждого интересующего объекта  $h_i(S_i, p_i) \in H_k$  различаются три фазы: 1) появление (рождение) объекта в наблюдаемой зоне; 2) сопровождение объекта; 3) исчезновение (уход) объекта.

В фазе "появление" матрица фона периодически обновляется

$$B_k = B_{k-1} \cap F \left( \bigcap_{j=k}^{k-n} I_j \right) \quad (3)$$

где  $k$  – текущий момент дискретного времени,  $F$  – оператор медианной фильтрации.

Множество  $G_k$  подвижных объектов определяется вычитанием фона  $B_k$ .

$$G_k = \bar{I}_k \setminus B_k, \text{ где } \bar{I}_k \text{ – отфильтрованный образ наблюдаемой сцены.}$$

где  $\bar{I}_k$  – отфильтрованный образ наблюдаемой сцены.

Множество  $H_k$  интересующих объектов (решение второй задачи) выделяется из множества  $G_k$  следующим способом.

В каждой полученной матрице  $\Omega_k$  методом сегментации выделяются объекты  $\omega_i(S_i) \in G_k$ , основной характеристикой которых является относительная площадь, которую занимает объект  $\omega_i(S_i)$  на наблюдаемой сцене  $\Omega_k$ . В базе правил СПР хранятся шаблоны

$$\varpi_i(\bar{s}_i) \in \Omega'$$

и правила выделения интересующих объектов:

$$\begin{aligned} |s_i \nabla \bar{s}_i| \leq \delta \rightarrow \omega(s_i) = h_i \in H_k, \\ \omega_i(s_i) \in \Omega_k, \varpi_i(\bar{s}_i) \in \Omega' \end{aligned} \quad (4)$$

где знак  $\nabla$  означает симметрическую разность двух множеств пикселей, одно  $S_i$  – сегментированная область изображения, второе

$S_i$  – область шаблона

$$\varpi_i(\bar{s}_i) \in \Omega'$$

Третью задачу, эффективность решения которой напрямую зависит от временной сложности используемого алгоритма, предлагается решить следующим образом.

При наличии в матрице  $H_k$  нескольких образов  $h_i(S_i)$  интересующих объектов, принадлежащих одному классу, т.е. которым соответствует один и тот же шаблон

$$\varpi_i(\bar{s}_i) \in \Omega'$$

выполняется идентификация таких образов, для того чтобы различать их поведение в наблюдаемой зоне. Для этого для каждой пары схожих образов, определяются и последовательно сравниваются одни и те же параметры:  $p_1$  – форма сегментированных областей,  $p_2$  – цвет,  $p_3$  – яркость,  $p_4$  – направление движения и др.

После нахождения параметра различия

$$p_i \mid \pi(p_i, p_j) > \varepsilon,$$

сравнение прекращается и каждому образу присваивается свой идентификатор  $h_i(S_i, p_i)$ :

$$\begin{aligned} \Pi_3(H_k) : (h_i(s_i), h_j(s_j) \mid s_i \cong s_j) \xrightarrow{\Pi(p_i \neq p_j \in P)} \\ \rightarrow h_i(s_i, p_i), h_j(s_i, p_j) \in H_k \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\Pi(p_i \neq p_j \in P)$

– процедура поиска различных параметров образа объектов  $h_i(S_i), h_j(S_j)$ .

Если же в матрице  $H_k$  нет схожих образов

$$h_i(s_i), h_j(s_j) \mid s_i \cong s_j,$$

этот этап опускается. Оба правила (3) и (4) выполняются до тех пор, пока в множестве  $\Omega_k$  не обнаружится ни одного нового объекта.

Для решения в фазе "сопровождение" четвертой задачи предлагается следующий алгоритм.

1. На построение траектории накладывается ограничение – поиск образа проводится в ограниченной области – полукруге в направлении движения объекта, диаметр которого определяется максимальной возможной скоростью движения.

2. Выбор образа  $h_i(S_i, p_i)_{k+1}$  на следующем кадре производится на основе совпадения параметров в метрике

$$\rho((s_i, p_i)_k, (s_i, p_i)_{k+1}) :$$

$$c(h_i(s_i, p_i)_{k+1}) = \arg \min_{h_i(s_i, p_i)_{k+1} \in H_{k+1}} \rho((s_i, p_i)_k, (s_i, p_i)_{k+1}) \quad (6)$$

где  $c(h_i(s_i, p_i)_{k+1})$  – координаты центра ограничивающей образ  $h_i(s_i, p_i)_{k+1}$  фигуры (шаблона).

Для учета изменения параметра  $(S_i)_{k+1}$  по мере удаления от границы зоны, с которой образ  $h_i(s_i, p_i)_0$  появился, предусмотрено соответствующее изменение параметра

$$(\bar{s}_i)_{k+1} \text{ шаблона.}$$

3. Центр  $c(h_i(s_i, p_i)_{k+1})$   $i$ -го образа перемещается в точку  $c(h_i(s_i, p_i)_{k+1})$ . После этого процедура повторяется при фиксировании в памяти нового кадра.

Для решения пятой задачи вычисляется сигнатура. Например, в задачах, в которых контролируемой зоной является автодорога, признаками ситуаций могут быть:  $x_1$  – расстояние между объектами;  $x_2$  – кратковременное ускорение транспортного средства;  $x_3$  – составляющая скорости движения транспортного средства в поперечном основному движению направлении;  $x_4$  – скорость движения транспортного средства, значения логических переменны ( $x_5$  – пресечение транспортным средством осевой разметки дороги,  $x_6$  – наличие пешехода на переходе "зебра",  $x_7$  – наезд на разметку перехода,  $x_8$  – наличие красного сигнала светофора впереди направления движения транспортного средства;  $x_9$  – превышение  $x_4$  допустимого значения;  $x_{11}$  – стоянка транспортного средства в неположенном месте), значения качественных переменных ( $x_{12}$  – появление составляющей скорости движения, в направлении траектории движения другого транспортного средства;  $x_{13}$  – сокращение расстояния между двумя транспортными средствами по оси, перпендикулярной движению этих средств,  $x_{14}$  – отсутствие отрицательного значения  $x_2$  при приближении к переходу) и др.

Для оценки значений ряда переменных (например  $x_1, x_3, x_5, x_7, x_{12}$  и др.) требуется для каждого  $h_i(s_i, p_i)$  построение образа его траектории, удовлетворяющее требованию

$$\gamma(c(h_i(s_i, p_i)_{k+1}), \dot{c}(h_i(s_i, p_i)_{k+1})) \rightarrow \min, \quad (7)$$

где  $\gamma(\cdot)$  – метрика, определяющая разность центров описывающих образы  $(h_i(s_i, p_i)_{k+1})$  фигур в пространстве прямоугольных координат матрицы изображения сцены, фактических  $c(h_i(s_i, p_i)_{k+1})$  и определенных процедурой трекинга

$$\dot{c}(h_i(s_i, p_i)_{k+1})$$

В фазе "исчезновение" (уход объекта из наблюдаемой зоны), которая наступает с момента, когда в ходе выполнения трекинга, параметр  $(S_i)_{k+1}$  образа, попавшего в по-

граничную область, уменьшается до заданного предела  $h(S_i)$ , удаляется идентификатор и параметры образа  $\sigma(S_i, p_i)$  из множества  $Hk$ .

Учитывая, что из-за разнотипности признаков

$$\{x_j, j = 1, 2, \dots\}$$

и различных погрешностей их измерения, они представлены нечеткими множествами, классификатор нештатных ситуаций построен в виде нечеткой модели

$$X_j(k) \rightarrow \sigma_j(k) :$$

$$\bigcup_{q=1}^h \bigcap_{i=1}^m \mu_{A_{ij}}(x_i(k)) \rightarrow \pi(a_q), \quad (8)$$

где  $c_{ij}$  – обозначение нечеткого множества  $i$ -ой лингвистической переменной,  $j$  – индекс термина  $i$ -ой лингвистической переменной ( $j \in [1, 2, 3]$ ),  $h$  – число нештатных ситуаций,  $m$  – общее число признаков (лингвистических переменных).

Каждая  $q$ -я нечеткая импликация представляет собой нечеткую модель нештатной ситуации, где операция

$$\bigcap_{i=1}^m \mu_{A_{ij}}(x_i(k))$$

реализуется операцией

$$\min_{i,j} \{ \mu_{A_{ij}}(x_i(k)), i = 1, \dots, m \} = \lambda_q,$$

а операция

$$\bigcup_{q=1}^h \lambda_q$$

реализуется операцией

$$\max_q \{ \lambda_q, q = 1, \dots, h \} = \pi(a_q)$$

Дефаззификация получаемого нечеткого вывода выполняется следующим образом. В шкале  $[0, 1]$  значений функции принадлежности

$$\mu_{\sigma(k)}(X_i)$$

определяется уровень неопределенности  $\lambda(\nabla x)$ , исходя из суммарной погрешности  $\nabla x$  измерения значений  $x(k)$ . Максимальные значения

$$\mu_{\sigma(k)}(X_i)$$

указывают на активацию тех признаков  $x_i(k)$ , для которых они получены. Полученный набор  $\{x_i(k)\}$  указывает на наличие соответствующей аномалии  $\alpha_j$  с уверенностью  $\pi$ .

Основное требование, которой должна удовлетворять нечеткая модель

$$X_j(k) \rightarrow \sigma_j(k),$$

как и любая модель, это требование адекватности.

Предложен метод построения и актуализации таких моделей, который заключается в следующем.

1. Получение границ интервалов значений каждого из параметров  $x(k)$ , характеризующих каждую нештатную ситуацию.

2. Упорядочить интервалы значений по возрастанию значений.

3. Перевести данные интервалы значений в качественные шкалы, последовательным присвоением букв в порядке возрастания.

4. Пересекающиеся интервалы значений учесть при помощи функций принадлежности.

Построение классификатора ситуаций, основанного на предложенном методе, включает следующие шаги.

1. Множество возможных последовательностей значений оператора в режиме обучения ИИС разбивается на  $q$  классов (по числу нештатных ситуаций, требующих вызова спецслужб, для их ликвидации).

2. Каждый класс

$$D_l, l = 1, \dots, q,$$

включает некоторый набор ситуаций. Например,  $D_1$  – ситуации ( $\sigma_2$  или  $\sigma_3$ ), требующая вмешательства полиции,

$D_2$  – ситуация ( $\sigma_3$  или  $\sigma_4$ ), требующая вызова скорой медицинской помощи,  $D_3$  – ситуация ( $\sigma_5$  или  $\sigma_6$ ), требующая вызова службы МЧС,  $D_4$  – ситуация ( $\sigma_7$  или  $\sigma_8$ ), требующая вызова охраны.

3. Строится нечеткая модель (8), например, по алгоритмам, предложенным в [5].

4. Определить вид и форму сообщений о наступлении распознанной нештатной ситуации в соответствующую службу.

Построенная таким образом система поддержки принятия решений задач ситуационной видеоаналитики отличается от известных следующими особенностями:

1. способна выполнять распознавание в автоматическом режиме нештатных ситуаций широкого состава,

2. способна выдавать сообщения о наступлении конкретной нештатной ситуации в реальном времени,

3. легко настраивается на наблюдение конкретной зоны и на конкретные нештатные ситуации.

Экспериментальные исследования одной из таких систем показали, что достоверность распознавания ситуаций, складывающихся на автодороге, составляет не меньше 95%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. [www.synesis.ru/products/sistema-intellektualnogo-videonablyudeniya-kipod](http://www.synesis.ru/products/sistema-intellektualnogo-videonablyudeniya-kipod) – Электронный ресурс.
2. [www.casretail.ru](http://www.casretail.ru) – Электронный ресурс.
3. [www.casnvr.ru](http://www.casnvr.ru) – Электронный ресурс
4. Абрамов Д.А. Трекинг в задачах обеспечения безопасности / В.Л. Токарев, Д.А. Абрамов // Известия ТулГУ. Серия: Технические науки. Вып.9, часть 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. с. 215–223.
5. Токарев В.Л. Компьютерная поддержка принятия решений / В.Л. Токарев – Москва, Изд-во СГУ, 2007 – 162 с.

© В.Л. Токарев, Д.А. Абрамов, (tokarev22@yandex.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



Тульский государственный университет



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОГРУЖНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ С БИОАКТИВНЫМ ПОКРЫТИЕМ ИЗ ПРИРОДНОГО НАНОСТРУКТУРНОГО КАЛЬЦИЙ ФОСФАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЧРЕСКОСТНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF EFFECTIVENESS OF APPLYING SUBMERSIBLE RODS WITH HYDROXYAPATITE COATING FOR TRANSOSSEOUS OSTEOSYNTHESIS OF PELVIC BONES

*V. Arkhipenko  
K. Sergeev  
A. Grin  
A. Markov  
M. Rabchenyuk  
V. Ignatov  
S. Tverdohlebov*

## Annotation

The goal was to determine the effectiveness of using submersible elements coated with calcium phosphate complex at transosseous osteosynthesis model unstable pelvis damage in experimental animals. Surgical treatment subjected to 12 mongrel dogs who underwent model vertically unstable pelvic lesions followed by osteosynthesis with external fixation. Animals are divided into two groups. In the first group as the internal elements used needles with a dusting of natural nanostructured calcium phosphate complex made based gadroksiapatita, the second is usually used needles. For the comparative assessment of the application of the various spokes applied clinical and morphological, radiological, histological and molecular genetic methods. During the experiment determined that using the spokes coated natural nanostructured calcium phosphate complex made based gadroksiapatita not revealed inflammatory response in soft tissue, there were no episodes of device instability. Histological examination revealed that the processes of reparative regeneration and the formation of mature bone tissue occur earlier in the case of needles coated.

**Keywords:** unstable injury of pelvic bones, hydroxyapatite coating, experiment.

*Архипенко Виталий Игоревич*

*Врач травматолог–ортопед,  
ГБУЗ ТОКБ №2*

*Сергеев Константин Сергеевич*

*Д.м.н., профессор, зав. каф., Тюменский  
государственный мед. университет*

*Гринь Алексей Алексеевич*

*К.м.н., доцент, Тюменский  
государственный мед. университет*

*Марков Александр Анатольевич*

*К.м.н., доцент, Тюменский  
государственный мед. университет*

*Рабченко Максим Анатольевич*

*К.м.н., врач, травматолог–ортопед,  
ГБУЗ ТОКБ №2*

*Игнатов Виктор Павлович*

*К.ф–м.н., зав. лаб. Института Физики  
Высоких Технологий, ФГАОУ ВО*

*Твердохлебов Сергей Иванович*

*К.ф–м.н., доцент, ФГАОУ ВО "Нац. иссл.  
Томский политехнический университет"*

## Аннотация

Целью работы явилось изучения эффективности использования имплантатов из титанового сплава (ВТ6) с покрытием содержащим природный кальций–фосфатный комплекс (аналог гидроксиапатита), при чрескостном остеосинтезе модели нестабильного повреждения костей таза у экспериментальных животных. Хирургическому лечению подвергнуты 12 беспородных собак, которым выполнялась модель вертикально–нестабильного повреждения таза с последующим остеосинтезом аппаратом наружной фиксации. Животные разделены на две группы. В первой группе в качестве внутренних элементов использовались спицы с напылением из природного наноструктурного кальций–фосфатного комплекса (ПНКФК), во второй применялись обычные спицы. Для сравнительной оценки применения различных спиц применены клинко–морфологический, рентгенологический, гистологический и молекулярно–генетический методы исследования. В процессе эксперимента определено, что при использовании спиц с покрытием из ПНКФК не выявлено воспалительной реакции в мягких тканях, не наблюдалось эпизодов нестабильности аппарата. При гистологическом исследовании выявлено, то что процессы репаративной регенерации и образование зрелой костной ткани происходят раньше в случаях использования спиц с покрытием.

## Ключевые слова:

Природное наноструктурное кальций–фосфатное покрытие, биоактивное покрытие, эксперимент.

## Введение

Нестабильные повреждения таза относятся к одним из самых тяжелых повреждений опорно-двигательного аппарата [3, 13]. Общепризнанным методом патогенетической терапии при травме таза является остеосинтез аппаратом наружной фиксации (АНФ) [1,2,4,14]. Данный метод лечения малоинвазивен, позволяет выполнить репозицию смещения и надежную фиксацию, а так же создает оптимальные условия для сращения переломов [5]. Недостатком данного метода является связь внешней части погружных элементов аппарата (спицы, стержни) с внешней средой. В результате этого могут возникать осложнения в виде воспаления мягких тканей (в 5,7 – 30% случаев) вокруг этих элементов [1,2,3,14] и развития их нестабильности [4, 6]. Воспалительная реакция зачастую развивается в результате отсутствия плотного контакта мягких тканей с поверхностью погружного элемента, слабой его интеграции в кости. В настоящее время, для профилактики подобных осложнений поверхность погружных элементов покрывают различными биоактивными материалами [7, 8, 9,10,14]. Целью работы являлось выявить эффективность использования погружных элементов с покрытием из природного наноструктурного кальций-фосфатного покрытия при чрескостном остеосинтезе модели нестабильного повреждения костей таза у экспериментальных животных.

## Материал и методы

Экспериментальное исследование проведено на 12 беспородных собаках обоего пола, в возрасте от одного года до четырех лет, без патологии в области костей и сочленений таза. Всем животным моделировали идентичное вертикально-нестабильное повреждение таза, для получения которого выполняли остеотомию в области крестцово-подвздошного сочленения на толщину внутренней кортикальной пластинки заднего отдела крыла подвздошной кости, и остеотомию в области лонного сочленения на толщину кортикальной пластинки вертикальной ветви лонной кости с этой же стороны, после чего добивались вертикального смещения половины таза.

После репозиции половины таза выполняли остеосинтез аппаратом наружной фиксации, путем проведения 3 взаимоперекрещивающихся спиц через крылья подвздошных костей и тело VII поясничного позвонка [10]. Концы спиц фиксировали на полукольце аппарата Илизарова необходимого диаметра. После остеосинтеза проводили рентгенографию в прямой и боковой проекциях.

Для остеосинтеза таза в первой группе экспериментальных животных применяли спицы с ПНКФК покрытием, разработанным в лаборатории нанопокровов при Национальном исследовательском Томском политехни-

ческом университете электрохимическим способом. Во второй группе использовали обычные спицы без покрытия. Диаметр спиц в обеих группах составил 2 мм.

Выведение животных из опыта выполняли через 14, 30 и 60 суток (по 2 животных основной и контрольной группы в каждый срок).

При проведении исследований использовали экспериментально-клинический, рентгенографический, гистологический и молекулярно-генетический методы.

В процессе наблюдения за экспериментальными животными отмечали наличие воспалительной реакции в области погружных элементов аппарата и определяли его стабильность. Рентгенограммы таза выполняли в передне-задней и боковой проекциях перед операцией, после остеосинтеза и перед выведением животного из эксперимента. Для гистологического исследования производили забор фрагментов костной и мышечной тканей из области контакта их с имплантатами. Срезы изготавливали из блоков декальцинированной кости и мышечной ткани на санном микротоме. Для светоптических исследований материал фиксировали в 10,0% водном растворе нейтрального формалина, проводили декальцинацию костных объектов в 4,0% растворе ЭДТА (трилон В) в течение 10 суток, дофиксировали в 10,0% нейтральном формалине, после обезвоживания в спиртах заливали в парафин. Серийные срезы 6 мкм приготавливали на микротоме МПС – 2, окрашивали гематоксилином и эозином и по Ван – Гизону. Подсчет клеточных элементов выполняли в десяти полях зрения, в 28 препаратах на каждый срок эксперимента. Гистологические препараты исследовали с использованием фотомикроскопа фирмы "Opton" (Германия).

Молекулярно-генетическое изучение проводили в ООО "Центр молекулярно – генетической диагностики" (г.Тюмень). Экспрессию рецепторов сосудисто-эндотелиального фактора роста (VEGFR) определяли реактивами BioscienceVEFF-A(Австрия) в пг/мл сыворотки крови, взятой натощак. Экспрессию рецепторов эпидермального фактора роста (EGFR) выявляли по парафиновым срезам при помощи аллель – специфической ПЦР. Количественные параметры обрабатывались на ПК Pentium – IV 2,1 ГГц ОЗУ 2 ГБ в ОС Windows 7 с использованием пакета прикладных программ "PrimerofBiotatistics. Version 4.03 byStationA. Glants" и представлены в виде:  $M \pm m$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $m$  – ошибка среднего арифметического. Сравнение между группами в зависимости от распределения проводили критерием Стьюдента для независимых групп и непараметрическим критерием Манна-Уитни. Статистически значимыми считались отличия при  $p \leq 0,05$ . Количественные данные проверяли на нормальность распределения критерием Колмагорова-Смирнова.

При выполнении исследования были соблюдены требования приказа МЗ СССР № 775 от 12.08.1977 г. "О мерах по дальнейшему улучшению организационных форм работы с использованием экспериментальных животных", приложение к приказу №775 от 12.08.1977 г. И Федерального закона от 01.12.1999 г. "О защите животных от жестокого обращения", а так же Европейская конвенция по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей [4].

**Результаты**

Макроскопически после 14 суток эксперимента у животных, которым выполняли чрескостный остеосинтез таза с использованием спиц без покрытия, в области устьев спиц наблюдали локальное расплавление мягких тканей с серозно-гнойным отделяемым, а также отмечали нестабильность аппарата в виде его подвижности относительно таза животного.

У животных, чрескостный остеосинтез которым выполнялся спицами с покрытием, кожа вокруг спиц во все сроки наблюдения не имела признаков воспаления, аппарат в костях таза был фиксирован стабильно, признаков расшатывания спиц не отмечалось.

Необходимо отметить, что при удалении спиц с покрытием приходилось применять большее физическое усилие, чем при удалении спиц у животных контрольной группы, у которых спицы удалялись свободно. При этом часть покрытия, в местах контакта с костями, отсутствовала.

Рентгенологически у животных из контрольной группы через 14 суток не определяется значимых изменений в области расположения спиц АНФ. У собак из основной группы в этот же период в области расположения спиц отмечали гиперостификацию подвздошной кости по наружному и внутреннему кортикальному слоям.

На рентгенограммах животных оперированных с использованием спиц без покрытия, выведенных на 30 и 60 сутки в боковой проекции четко определялись зоны склероза в области прохождения спиц, что косвенно подтверждает наличие воспаления и нестабильности аппарата. У животных, оперированных с использованием спиц с покрытием, зон склероза не отмечалось, кость в местах прохождения спиц была обычной структуры. Нарушение архитектоники костной ткани в данной группе не выявлялось.

При гистологическом исследовании процессы регенерации повреждений костей в основной и контрольной группах животных принципиально не отличалась, протекали стадийно, по закономерностям репаративного процесса в костной ткани.

В начальном периоде эксперимента у животных контрольной группы происходит формирование остеобластического пула и микроциркуляторной сети сосудов, вдоль которых образуются костные балки, характерные для ретикулофиброзной костной ткани. Трабекулы тканевых структур включают в состав клеточные элементы: остеобласты –  $7,85 \pm 0,37\%$ , остеоциты –  $5,03 \pm 0,68\%$ , остеокласты –  $3,73 \pm 0,43\%$ .

В основной группе выявлен идентичный клеточный состав, заметно отличающийся количественными характеристиками: остеобласты –  $12,63 \pm 0,44\%$ , остеоциты –  $7,13 \pm 0,38\%$ , остеокласты  $4,88 \pm 0,63\%$ .

Кроме того, отмечается выраженная микроциркуляторная сеть с пролиферирующим эндотелием сосудов. В отдельных участках выявляются мелкие очаги органического костного матрикса, пролиферация клеток-предшественников и остеобластов. Размеры пролиферирующих элементов с базофильным ядром по длиннику составляют  $42,77 \pm 8,13 \text{ Pиx}$ , в поперечнике –  $21,77 \pm 8,13 \text{ Pиx}$ . (табл.)

**Таблица.**

Долевой состав и размеры основных клеточных элементов при регенерации костей таза у экспериментальных животных основной и контрольной групп.

Группа	Клеточное содержание регенерата			Размеры остебластических элементов (Pиx)	
	Остеобласты n=250	Остеоциты n=250	Остеокласты n=250	По длиннику	По поперечнику
Контрольная	$12,63 \pm 0,44$	$5,03 \pm 0,68$	$3,77 \pm 0,43$	$36,01 \pm 4,18$	$18,29 \pm 1,92$
Основная	$7,85 \pm 0,37$	$7,13 \pm 0,38$	$4,88 \pm 0,63$	$42,77 \pm 8,13$	$21,77 \pm 8,13$
Вероятность ошибки	$p < 0,001$	$p < 0,01$	$p < 0,145$	$p > 0,464$	$p = 0,675$

n - число измерений

В более поздних сроках опытов у животных основной группы происходили выраженные процессы остеогенеза, т.е. опережение по количественному составу остеобластов и остеоцитов и относительного снижения активности элементов остеокластического дифферона. Кроме того, элементы остеобластического дифферона отличались большими размерами по длиннику и поперечнику соответственно на 18,8% и 16,2% по сравнению с таковыми в контрольной группе.

Другой отличительной особенностью является то, что у животных в контрольной группе выявлялись участки гиалиновой хрящевой ткани со слабо выраженными очагами энхондрального окостенения (рис. 1), в то время, как в основной группе наблюдалась активная пролиферация клеток остеобластического дифферона и остеокластов (рис. 2), при этом в регенераторном процессе формирования хряща не наблюдалось.

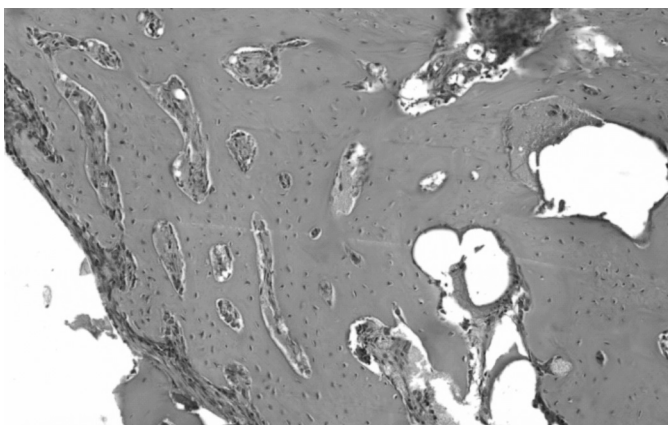


Рисунок 1.

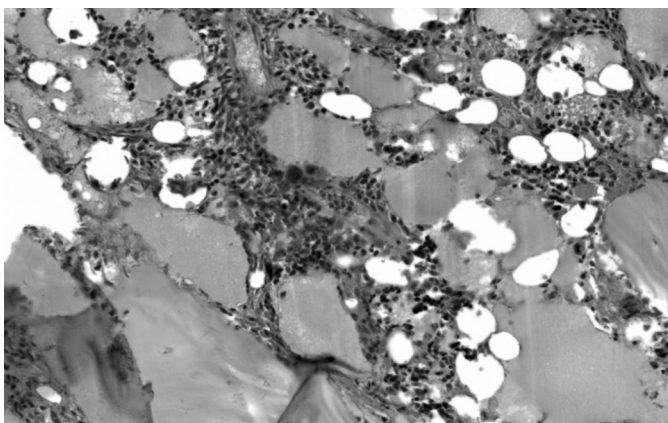


Рисунок 2.

Формирование новообразованных сосудов осуществлялось вследствие активной пролиферации эндотелиоцитов резистивных сосудов и *de novo* – из адвентициальных элементов.

В контрольной группе ангиогенез наблюдается по аналогичному тренду, но процесс протекает более медленными темпами, отмечены единичные тромбы, чего не обнаружено в основной группе.

При изучении мезенхимального компонента (мышцы, сосуды) в основной группе отмечается активное формирование сосудов достаточно больших размеров по толщине волокна, с гипертрофированными ядрами, полнокровие резистивных сосудистых резервуаров, оптимальные межмышечные прослойки жировой ткани. В группе сравнения по окончании эксперимента определяются скопления адипоцитов в виде очагов липоматоза интерстициальной ткани, при этом наблюдалось скопление клеток воспалительного инфильтрата и интерстициальный отек.

При проведении молекулярно-генетического исследования у животных основной группы выявлена экспрессия генов VEGFR и EGFR. Показатели экспрессии рецепторов сосудисто-эндотелиального и эпидермального фактора 2,2–2,8 раза выше по сравнению с контрольной группой (102,3±36,4 пг/мл, 40,71±14,71 пг/мл, соответственно).

#### Обсуждение

Аппараты наружной фиксации являются неотъемлемой частью современной травматологии и ортопедии. Но, при их применении возникают типичные осложнения: воспаление мягких тканей вокруг них и их расшатывание в кости. [1,2,3,14].

Перспективным направлением в решении этих проблем является использование погружных элементов аппаратов с биологически активным покрытием с ПНКФК [8,9,12,15]. Полученные нами данные гистологического исследования подтверждают стимулирующий эффект регенерации костной ткани, описанный в работах Жлусова И.А. с соавт. и Шевцова В.И. с соавт. [8,9]. Так активные процессы регенерации костной ткани нами выявлены уже на 14 день после начала эксперимента, а на 30-е и 60-е сутки отмечена сформированная губчатая костная ткань, при этом необходимо отметить на полное отсутствие хрящевой ткани в месте консолидации.

При изучении процессов регенерации костей таза у экспериментальных животных в контрольной группе на 14-е сутки отмечали полное отсутствие сращения переломов. С 28-х по 42 сутки после фиксации в аппарате в данной группе отмечается волокнисто-соединительно-канно-костно-хрящевое сращение перелома [5].

Выявленная нами гипероссификация в области спиц с покрытием мы расцениваем как проявление эктопичес-

кого костеобразования обнаруженного при исследованиях Yuan H. с соавт.[11], где они имплантировали в мышцы собак содержащие гидроксиапатит материалы.

По всей видимости выраженность этого эффекта обусловлена большим мышечным массивом области проведения спиц (ягодичные мышцы, разгибатель спины), соответственно мощным кровоснабжением и как следствие более активным действием морфогенных белков. В пользу этого предположения свидетельствует повышенная экспрессия сосудисто-эндотелиального и эпидермального факторов. Гиперэкспрессия генов VEGFR и EGFR, по всей видимости, индуцирует пролиферативный эффект всех элементов остеогенеза. Таким образом, вследствие ускоренного ангиогенеза провизорной структуры репарации и обеспечения оптимальной трофики определяется остеоиндуктивный эффект ПНКФК.

## Заключение

Экспериментально установлено отсутствие характерных для лечения при помощи аппарата наружной фиксации осложнений (воспаление мягких тканей, нестабильность аппарата) при их использовании с погружными элементами покрытыми ПНКФК. Рентгенологически обнаружен выраженный остеогенез подвздошных костей в области контакта спиц с покрытием с сохранением нормальной балочной костной структуры, в то время, как при использовании обычных спиц подобной реакции кости не наблюдалось, напротив, отмечено ее склерозирование в месте контакта со спицами. Гистологическое исследование показало выраженный остеоиндуктивный эффект ПНКФК покрытия, который, вероятно, обеспечивается экспрессией генов VEGFR и EGFR. Дальнейшее исследование в этом направлении позволит выявить новые данные о роли ПНКФК в регенераторном остеогенезе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко А.В., Смазнев К.В. Чрескостный остеосинтез в реабилитации пациентов с повреждениями таза и вертлужной впадины при политравме. Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2006; (4):18–23.
2. Гудзь Ю.В., Хомутов В.П. Остеосинтез переломов тазовых костей. Травматология и ортопедия России. 2006; 40(2):90.
3. Грицук А.Н., Пусева М.Э., Тишков Н.В., Ткаченко А.В., Васильев В.Ю., Бушманов А.В. Лечение нестабильных повреждений таза – история и перспективы. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2008; (4):11–18.
4. Европейская конвенция по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей. Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2003; (4): 34–36.
5. Кирсанов К.П., Краснов В.В., Силантьева Т.А., Чиркова А.М. Репаративная регенерация костей и соединений таза в условиях управляемого чрескостного остеосинтеза. Гений Ортопедии. 2008; (4):32–38.
6. Лобанов Г.В. Морфо-биомеханический выбор вида связи "кость-аппарат" в лечении тяжелой травмы таза. В кн.: Кутепов С.М., ред. Диагностика, лечение и реабилитация больных с повреждениями костей таза. Екб.; 1996. с. 42–48.
7. Никурадзе В.К. Применение гидроксиапатит-содержащего материала в хирургии шейного отдела позвоночника [дис. ... док. мед. наук]. М.: Первый ГМУ. им. И.М. Сеченова Минздравсоцразвития; 2013.
8. Хлусов И.А., Карлов А.В., Суходоло И.В. Генез костной ткани на поверхности имплантатов для остеосинтеза. Гений Ортопедии. 2003; (3):16–26.
9. Шевцов В.И., Волокитина Е.А., Лулева С.Н., Гребнева О.Л., Ковинька М.А., Талашова И.А., Стогов М.В., Накоскин А.Н., Силантьева Т.А., Кононович Н.А., Петровская Н.В., Ткачук Е.А., Гасанова А.Г., Еманов А.А., Гайдышев А.И. О перспективах использования наноматериалов в лечении повреждений и заболеваний тканей опорно-двигательной системы. Гений Ортопедии. 2008; (4):26–31.
10. Шевцов В.И., Кирсанов К.П., Меньщикова И.А., Мельников Н.М. Топографо-анатомическое обоснование внешней аппаратной фиксации таза и крестца экспериментальных животных. Гений Ортопедии. 1999; (2):43–46.
11. Yuan H., Yang Z., Li Y. Osteoinduction by calcium phosphate biomaterials. J. Mater. Sci. Mater. Med. 1998; (9):723–726.
12. Saithna A. The influence of hydroxyapatite coating of external fixator pins on pin loosening and pin track infection: A systematic review. Injury, Int. J. Care Injured 2010; (41):128–132.
13. Smith W.R., Ziran B.H., Morgan S.J. Fractures of the pelvis and acetabulum. New York: Informa Healthcare USA; 2007. 135 p.
14. Solomon L.B., Pohl A.P., Sukthankar A., Chehade J. The Subcrystal Pelvic External Fixator: Technique, Results, and Rationale. J. Orthop. Trauma. 2009; 23(5):365–369.
15. Пат. 100392 РФ, МПК А61В17/60 Погружной стержень для аппаратов внешней фиксации таза. Гринь А.А., Сергеев К.С., Рабченко М.А., Козлов Л.Б. Заявитель и потенциальный обладатель ГБОУ ВПО ТюмГМА. № 2010126106/14; заявл. 28.06.2010; опубл. 20.12.2010. Бюл. № 35.

## "ОСТРЫЕ ТРАВМАТИЧЕСКИЕ СУБДУРАЛЬНЫЕ ГИДРОМЫ". ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ СУБДУРАЛЬНЫЕ?

### "THE ACUTE TRAUMATIC SUBDURAL HYDROMA". REALLY SUBDURAL?

*B. Belimgotov  
Ch. Benia  
S. Ibrahim  
B. Liybashevskaja  
O. Abushash  
M. Kadirov*

#### Annotation

Objective – To studying of pathogenesis and localization so-called "traumatic subdural hydroma".

Material and methods – The analysis of 30 supervision with a traumatic compression of a brain is carried out. Reaction of CSF to a brain compression were studied by means of CT-monitoring before and after surgical treatment. In the absence of contraindications after elimination of a factor of brain compression established a catheter in Subarachnoid space of a spinal cord for a drainage of excess congestions of CSF from a convex of hemispheres of a big brain.

Results and discussion – It is well known that the Brain compression in the closed intracranial space according to Monro-Kelli s doctrine is impossible without replacement of a Cerebrospinal fluid (CSF) on subarachnoid space. At neurovisualization of a compression and dislocation syndrome in 25 supervision(n=30) replacement of a Cerebrospinal fluid (CSF) took place on subarachnoid space with formation of its excess congestion on a convex a hemisphere of a big brain wich are diagnosed as a subdural hygroma. The character and the direction of the movement which is forced out on subarachnoid space of a Cerebrospinal fluid is defined by localization, brain compression factor volume, and also a stage of a compression-dislocation syndrome.

Conclusion – Result of our research is drainage a congestion of the CSF which is forced out at a brain compression from a convex a hemisphere of a big brain on a catheter in spinal subarachnoid space. During more than 120 years it is considered that these congestions os subdural localization are complication of a craniocerebral trauma under the name "traumatic subdural hydroma". The drainage facts a CSF on a convex of a hemisphere (hydroma) through a catheter in spinal subarachnoid space is new scientific result of our researc and the undoubted proof of subarachnoid localization so-called "traumatic subdural hydroma".

**Keywords:** brain compression, traumatic subdural hydroma, replacement of a CSF on subarachnoid space., subarachnoid localization, lumbar drainage.

*Белимготов Борис Хусенович*

*Д.м.н., проф., ГБОУ Кабардино-Балкарский  
государственный университет им. Х.М. Бербекова*

*Бения Кристина Руслановна*

*Аспирант, ФГБОУ Кабардино-Балкарский  
государственный университет им. Х.М. Бербекова*

*Ибрагим Саид Галев*

*К.м.н., врач-нейрохирург, зав. отделением  
нейрохирургии ГБУЗ РКБ МЗ КБР*

*Любашевская Элла Арамаздовна*

*Врач-рентгенолог, зав. отделением лучевой  
диагностики, ГБУЗ РКБ МЗ КБР*

*Абушаш Оддай*

*Аспирант, ФГБОУ Кабардино-Балкарский  
государственный университет им. Х.М. Бербекова*

*Кадиров Мурат Пашаевич*

*Врач-нейрохирург, отделение  
нейрохирургии ГБУЗ РКБ МЗ КБР*

#### Аннотация

Цель исследования – Изучение патогенеза и локализации так называемых "травматических субдуральных гидром". Материал и методы – Проведен анализ 30 наблюдений с травматическим сдавлением головного мозга. Реакции ликворной системы на сдавление головного мозга изучались с помощью КТ-мониторинга до и после хирургического лечения. По устранении градиентообразующего фактора сдавления устанавливали катетер в спинальное субарахноидальное пространство для дренажа избыточных скоплений ликвора с конвекса полушарий большого мозга. Результаты – Известно, что сдавление головного мозга в замкнутом внутримозговом пространстве в соответствии с доктриной Монро – Келли невозможно без вытеснения ликвора по субарахноидальному пространству. При нейровизуализации компрессионно-дислокационного синдрома в 25 наблюдениях (n=30) имело место вытеснение ликвора по субарахноидальному пространству с образованием избыточного его скопления на конвексе полушарий большого мозга, которое до настоящего времени диагностируется как "субдуральная гидрома". Характер и направление перемещения, вытесняемого по субарахноидальному пространству ликвора, определяется локализацией, объемом фактора сдавления, а также стадией компрессионно-дислокационного синдрома. Заключение – Результатом нашего исследования является дренирование скоплений вытесняемого при сдавлении головного мозга ликвора с конвекса полушарий большого мозга по катетеру в спинальном субарахноидальном пространстве. В течение более 120 лет считается, что эти скопления субдуральной локализации и являются осложнением черепно-мозговой травмы под названием "травматические субдуральные гидромы". Факт дренирования скоплений ликвора на конвексе полушарий головного мозга ("гидромы") через катетер в спинальном субарахноидальном пространстве является новым научным результатом нашего исследования и несомненным доказательством субарахноидальной локализации так называемых "травматических субдуральных гидром".

*Ключевые слова:* Сдавление головного мозга, "травматическая субдуральная гидрома", вытеснение ликвора по субарахноидальному пространству, субарахноидальная локализация, люмбальный дренаж.

## Введение

История возникновения и развития учения о так называемых травматических субдуральных гидромах характеризуется множеством различных версий для объяснения патогенеза этого, в основном мифического, "осложнения" черепно-мозговой травмы. Известно, что никем и никогда недоказанный травматический разрыв арахноидальной оболочки (H.Naffziger 1924;) [12] лежит в основе все еще доминирующей клапанной теории формирования субдуральной гидромы. Ее не поколебало даже исследование, результаты которого свидетельствовали об отсутствии градиента давления между субдуральным и субарахноидальным пространствами (Langfitt T. et al., 1964) [9,10]. Фактически эти данные лишили теоретической основы клапанную теорию формирования субдуральных гидром. Другие исследования, доказавшие отсутствие как такового субдурального пространства (Г.Ф. Иванов, 1960)[6], ничего не изменили во взглядах как отечественных, так и зарубежных авторов: нозологическая самостоятельность субдуральных гидром сохраняется неизменной и по сей день.[1, 4, 8,11, 12,13].

Впервые в отечественной нейрохирургии в нашей клинике был выдвинут новый взгляд на сущность так называемых травматических субдуральных гидром (Б.Х.Белимготов, 1992) [2], которые явились поводом для диссертационного исследования на степень кандидата медицинских наук Ибрагим С.Г. [5]. Выводы из этой работы свидетельствовали о том, что так называемые субдуральные гидромы – это вытесняемый по субарахноидальному пространству в процессе сдавления головного мозга ликвор с формированием его избыточных скоплений на конвексе полушарий большого мозга и в других отделах ликворной системы.

Цель исследования: изучение патогенеза и анатомической локализации так называемых "острых травматических субдуральных гидром".

## Материал и методы

Проведен анализ результатов клинко-инструментальных исследований, хирургического и консервативного лечения 30 пациентов со сдавлением головного мозга (часть материала), находившихся на лечении на клинической базе курса нейрохирургии КБГУ с сентября 2013 г. по декабрь 2014 г. Возраст больных составил от 2 до 76 лет. Средний возраст – 35,2 года.

Всем пациентам проводили клинко-неврологическое обследование, КТ исследование головного мозга при поступлении и КТ-мониторинг до и после хирургического лечения на мультиспиральном компьютерном томографе GE "LightSpeed VCT" 64.

Из 30 наблюдений по 10 больных приходилось на группы с острыми субдуральными, эпидуральными гематомами и с множественными повреждениями головного мозга (сочетание очагов геморрагического ушиба-размозжения мозга, оболочечных и внутримозговых гематом). Объем оболочечных гематом и гидром рассчитывали по формуле, предложенной В.В. Щедренком [7]. Объем внутримозговых гематом определялся по формуле  $(AxVxС)/2$ . Объем гематом достигал от 10 до 200 мл. (рис.1)

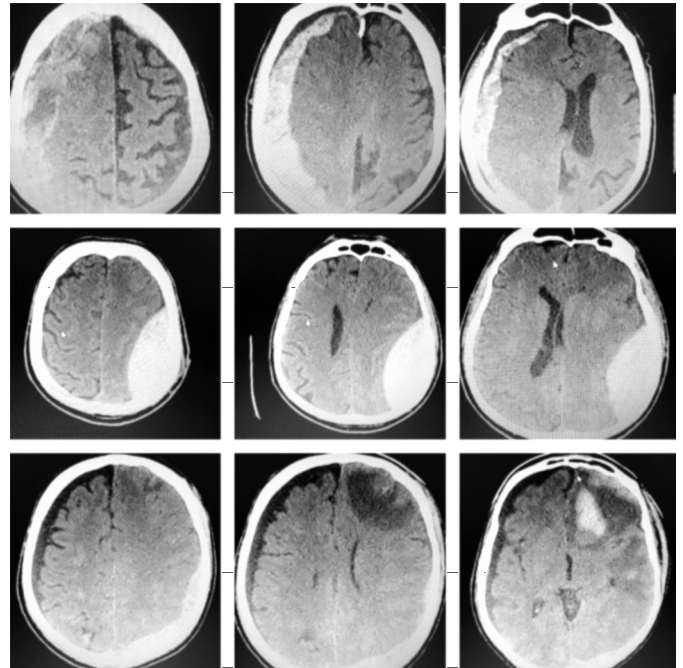


Рисунок 1. Идентичность механизмов перемещения вытесняемого ликвора по субарахноидальному пространству при сдавлении головного мозга СГ, ЭГ, и при геморрагических ушибах головного мозга.

Уровень сознания оценивался по шкале комы Глазго: в ясном сознании находилось 10 больных, в умеренном оглушении – 4, в глубоком оглушении – 2, в сопоре – 4, в коме 1 – 10 больных.

Латеральная дислокация срединных структур по прозрачной перегородке составила от 0 до 25 мм.

Аксиальная дислокация определялась по выраженности компрессии базальных цистерн (по С.Б. Вавилову и соавт., 1986 г.)[3]: у 7 пациентов соответствовала 1-й степени, у 11 – 2-й степени, 8 – 3-й степени, у 2 – 4-й степени и отсутствовала у 2 больных.

Из 30 больных 23 оперированы по поводу сдавления головного мозга с последующим КТ-мониторингом послеоперационной внутричерепной ситуации.

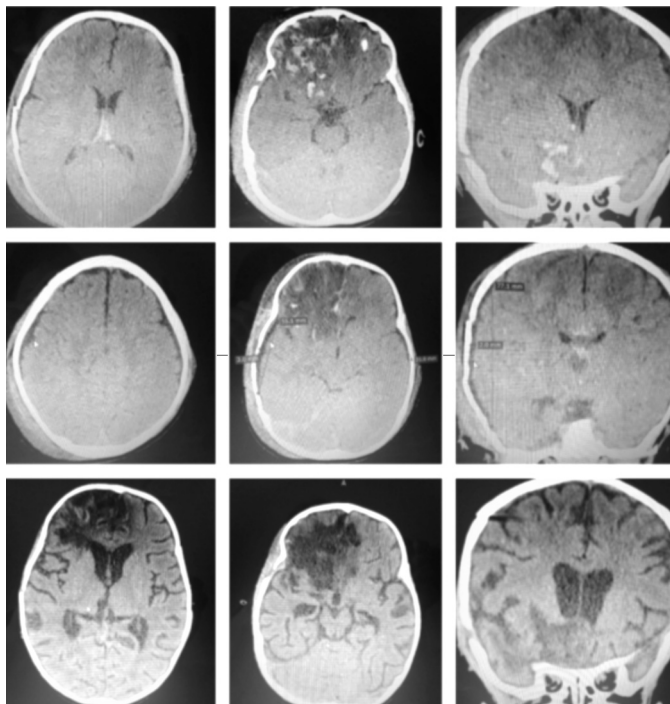


Рисунок 2.

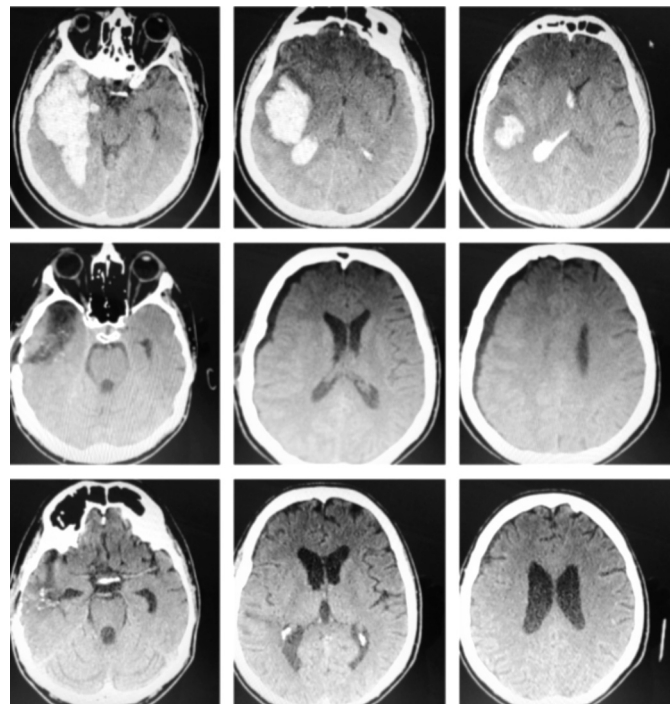


Рисунок 3.

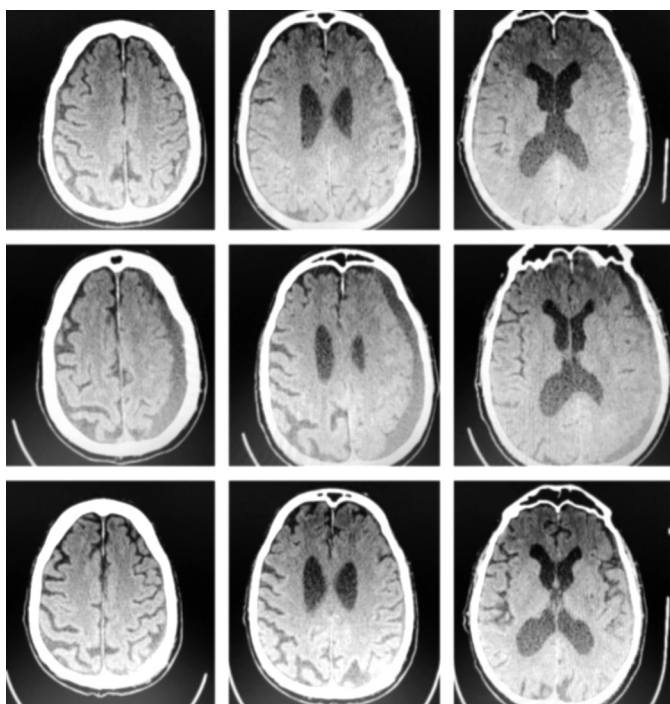


Рисунок 4.

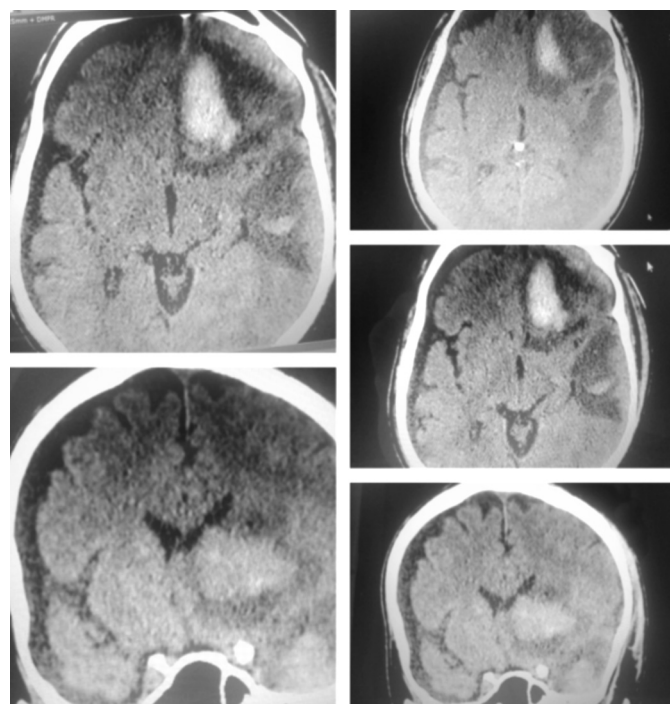


Рисунок 5.

Ни в одном из наблюдении "субдуральные гидромы" не являлись объектом хирургического вмешательства.

У 7 пациентов проводилось консервативное лечение.

3-м больным с назальной ликвореей и верифицированными скоплениями ликвора на конвексе полушарий большого мозга, объемом 8-50 мл. люмбальный дренаж был установлен на 2-3 сутки после травмы.



Измеряли ликворное давление, создавали градиент давления для контролируемого люмбального дренажа ликвора.

На фоне люмбального дренажа при КТ-мониторинге визуализировалось исчезновение этих скоплений ликвора, т. е. они были дренированы по катетеру в спинальном субарахноидальном пространстве (Рис.2)!

Пациент Б., 3 года (Рис.2), с множественными повреждениями головного мозга, переломами свода и основания черепа, травматической ликвореей. При КТ-мониторинге через 2 дня с момента получения травмы 2-й горизонтальный ряд.) визуализируются скопления ликвора – "гидромы" в теменно-височных областях, которые регрессировали после люмбального дренирования (3-й горизонтальный ряд.)

Получив такой долгожданный и радостный результат, остальным 3-м больным с избыточными скоплениями ликвора на конвексе полушарий большого мозга ("гидромами") был установлен люмбальный дренаж с другой, специальной, целью – с целью дренирования скоплений ликвора ("гидром") с конвекса полушарий большого мозга. Цель достигнута: "гидромы" исчезли, что подтверждено КТ-мониторингом (Рис.3). Среднее время функционирования люмбального дренажа составило 9 суток.

Пациент Т., 38 лет (Рис.3). Травматическая внутримозговая гематома височной доли. Травматическое ВЖК (1-й горизонтальный ряд), КТ-мониторинг через 3 недели после хирургического удаления градиентообразующего фактора. Визуализируется "гидрома" правой лобно-височной области (2-й горизонтальный ряд). Пациенту был установлен люмбальный дренаж в течение 8 дней. КТ-мониторинг через 10 дней после удаления люмбального дренажа (3-1 горизонтальный ряд). Скопления ликвора на конвексе правого полушария дренированы!

При появлении ожидаемого расчетного дренирования скоплений ликвора на конвексе полушарий большого мозга (исчезновение или значительное уменьшение – до 1/3 объема и больше от начального объема) люмбальный дренаж прекращался.

#### Результаты и обсуждение

Известно, что сдавление головного мозга в замкнутой черепной коробке невозможно без вытеснения ликвора по субарахноидальному пространству в соответствии с доктриной Монро-Келли. Характер и направление перемещения вытесняемого ликвора зависит от объема, локализации фактора сдавления (градиентообразующего фактора) и стадии компрессионно-дислокационного синдрома. Чем больше объем фактора сдавления, тем

больше градиент давления и тем в более отдаленные отдели субарахноидального пространства перемещается вытесняемый от сдавления головного мозга ликвор (рис.4).

Пациент К., 70 лет (Рис.4). КТ мониторинг внутричерепной ситуации при нарастании объема градиентообразующего фактора: первый горизонтальный ряд – первое КТ – исследование – ОСГ малого объема в левой теменно-височной области. Второй горизонтальный ряд – КТ-мониторинг через 2 недели, переход ОСГ в ХСГ, нарастание объема градиентообразующего фактора. Ликвор, вытесняемый по субарахноидальному пространству в направлении от градиентообразующего фактора, визуализируется в субарахноидальном пространстве контрлатерального полушария ("расширение" субарахноидального пространства), появились признаки дислокационной гидроцефалии. Третий горизонтальный ряд – КТ контроль после операции – малоинвазивного вмешательства, закрытого дренирования ХСГ через фрезевое отверстие. Визуализируются признаки нормализации ликвородинамики.

В литературе описывают наблюдения, в которых локализация субдуральных гидром менялась в связи с нарастанием объема очагов ушиба-размозжения, перифокального отека вокруг них. Этот вывод, к сожалению, основывался на неадекватной и малодоказательной методике как ЭЭГ! [1]. Некоторые авторы указывают, что "субдуральные гидромы" иногда распространяются в боковую щель мозга". Это невозможно: в боковой щели мозга расположена одноименная цистерна, составная часть субарахноидального пространства (Рис. 5) куда невозможно "распространение" субдуральной гидром" по многим причинам.

Пациент Ф., 37 лет (Рис.5), На КТ-изображениях четко визуализируется сообщение субарахноидального пространства конвекса с цистерной Сильвиевой щели справа.

Анатомическая локализация градиентообразующего фактора является определяющим направлением вытесняемого по субарахноидальному пространству ликвора. Особенно демонстративна эта закономерность при облопочечных гематомах.

Стадия компрессионно-дислокационного синдрома один из важнейших факторов, определяющий особенности перемещения вытесняемого по субарахноидальному пространству ликвора. При аксиальной дислокации 4 степени (по С.Б. Вавилову и соавт.) [3] у 5 пациентов при нейровизуализации визуализировалось резкое сужение конвексального субарахноидального пространства и базальных цистерн. В такой ситуации перемещение ликвора по субарахноидальному пространству не столь очевидно.

При множественных повреждениях головного мозга ( $n=10$ ) в 6 наблюдениях, в том числе у трех пациентов с травматической ликвореей, леченных люмбальным дренажом, при КТ исследовании головного мозга были выявлены избыточные скопления ликвора ("гидромы") различной протяженности, объемом от 6–до 60 мл. При КТ-мониторинге у одного больного из данной группы пациентов на фоне остаточного объема внутримозговой гематомы выявлена гидрома в правой лобно-височной области объемом до 40 мл. (рис.3).

У всех 6–и пациентов, у которых был установлен дренажный катетер в субарахноидальное пространство спинного мозга, при контрольных КТ-исследованиях отмечался полный или частичный (до 1/3 объема) регресс скоплений ликвора на конвексе полушарий в сроки 6–14 суток.

#### Выводы

1. При сдавлении головного мозга ликвор, вытесняемый по субарахноидальному пространству с форми-

рованием скоплений его на конвексе полушарий большого мозга и в других отделах ликворосодержащих пространств ошибочно диагностируется как "травматическая субдуральная гидрома".

2. Патогенез так называемых "острых травматических субдуральных гидром" обусловлен закономерным вытеснением ликвора по субарахноидальному пространству с формированием избыточных его скоплений как на конвексе, так и в базальных цистернах.

3. В процессе люмбального дренажа при КТ-мониторинге визуализируется исчезновение или значительное уменьшение избыточных скоплений ликвора в субарахноидальном пространстве на конвексе полушарий большого мозга.

4. Факт дренирования скоплений ликвора с конвекса полушарий большого мозга по катетеру, установленному в спинальное субарахноидальное пространство, является несомненным доказательством субарахноидальной локализации так называемых "острых травматических субдуральных гидром".

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабчин А.И., Зотов Ю.В., Кондаков Е.Н. Травматические субдуральные гидромы. Санкт-Петербург; 1995 с.123
2. Белимготов Б.Х. Патогенез травматической субдуральной гидромы. Материалы конференции, Ростов-на-Дону; 1991 . с.79–81.
3. Верещагин Н.В., Брагина Л.К., Вавилов С.Б., Левина Г.Я., Компьютерная томография мозга. М. : Медицина, 1986
4. Зотов Ю.В., Бабчин А.И., Березин В.Н. О патогенезе травматических субдуральных гидром. Журнал Вопр. Нейрохирургии. Москва, 1986 ; Выпуск 6, .стр. 33–37.
5. Ибрагим С.Г. Клиническое значение и патогенез острой травматической субдуральной гидромы. Автореф. дис. канд. мед.наук. Санкт-Петербург, 2002. 22 с.
6. Иванов Г.Ф. Оболочки мозга и его специальные циркуляционные системы. Многотомное руководство по неврологии. Москва., 1960 Т.1. Кн.2. стр. 200–311.
7. Щедренок В.В., Потемкина Е.Г., Захматов И.Г., Могучая О.В., Себелев К.И., Возможности лучевых методов исследования в определении объема оболочечных внутричерепных образований. Вестник Российского научного центра рентгенологии, Выпуск №13, 2013
8. Da Costa D.G., Adson A.W. Subdural hydroma. Arch.Surg. Chicago., 1941; Volume 43., Pages: 559–567.
9. Langfitt Th., Weinstein J., Kassel N. et al. Transmission of increased intracranial pressure. I. Within the craniospinal axis / Journal of Neurosurgery, 1964 Vol.21, N11. Pages 989–997.
10. Langfitt Th., Weinstein J., Kassel N. et al. Transmission of increased intracranial pressure. II. Within the supratentorial space / Journal of Neurosurgery, 1964 Vol.21, N11. Pages 989–1005
11. Lee K. S. The pathogenesis and clinical significance of traumatic subdural hygroma. Brain Injury 1998, 12(7), Pages: 595–603
12. Naffziger H.C. Subdural fluid accumulations following head injury. JAMA 1924; 82:1751–1752.
13. Zanini M.A., De Lima resende L.A et al. Traumatic subdural hydromas: proposed pathogenesis based classification. J Trauma. 2008; 64(3):705–13

# ИЗМЕНЕНИЯ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ДЕСНЫ НА ЗАВЕРШАЮЩИХ ЭТАПАХ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ И В РЕТЕНЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

## CHANGES IN THE MUCOUS MEMBRANE GUMS IN THE FINAL STAGES OF ORTHODONTIC TREATMENT AND RETENTION PERIOD

*S. Kulakov  
Y. Petrov  
G. Suvorova  
O. Kulakova*

### Annotation

The article investigates the mucous membrane of the gums and lower the upper jaw using biopsy material. In addition, of course, the positive effects of cosmetic and general health dentoalveolar apparatus, wearing braces is accompanied by a number of undesirable effects, including the development of inflammation in the periodontal tissues – quite common.

**Keywords:** orthodontic treatment, pericision, histological preparations, microscopic examination of morphological changes.

### Аннотация

Статья посвящена исследованию слизистой оболочки десны верхней и нижней челюстей с использованием биопсионного материала. Кроме, несомненно, положительного косметического эффекта и общего оздоровления зубочелюстного аппарата, ношение брекет-систем сопровождается рядом нежелательных эффектов, среди которых развитие воспалительного процесса в тканях пародонта – достаточно распространенное явление.

### Ключевые слова:

Ортодонтическое лечение, фибротомия, гистологические препараты, микроскопическое исследование, морфологические изменения.

*Кулаков Сергей Александрович*

*Аспирант каф. челюстно-лицевой  
хирургии и стоматологии СамГМУ*

*Петров Юрий Владимирович*

*К.мед.н. доцент каф. челюстно-лицевой  
хирургии и стоматологии СамГМУ*

*Суворова Галина Николаевна*

*Д.мед.н., профессор, зав. каф.  
гистологии и эмбриологии СамГМУ*

*Кулакова Олеся Викторовна*

*К.мед.н. ст. преподаватель каф.  
гистологии и эмбриологии СамГМУ*

**В** ортодонтии стабильность результатов лечения пациентов всегда являлась ключевой целью для достижения оптимальной функции и эстетики. Сохранение правильного положения зубов в постретенционном периоде у пациентов, имевших их скученное положение во фронтальном участке верхней и нижней челюстей, представляет серьезную клиническую проблему. Среди всего многообразия аномалий зубных рядов и окклюзии 35% составляют аномалии положения отдельных зубов [Аюпова Ф.С., Ажмегова О.А., 2000]. Среди них, скученное положение зубов, по данным ряда авторов, колеблется от 5,5% до 47,7% [Панкратова Н.В., Персин Л.С., 2016; Erdink A.E., Nanda R.S., 2008]. По данным S.J. Littlewood и D.T. Millett (2006) после проведенного ортодонтического лечения у 18, 9% взрослых и у 36, 8% детей развивается рецидив.

Лечение пациентов, проводимое нами, заключалось в устранении аномалии, сопровождающейся скученным положением зубов, нормализации положения зубов

фронтального отдела, коррекции формы и размеров зубных рядов, что обеспечило надежное удержания достигнутых результатов.

Нами за период с 2014г по 2016г наблюдали и проводили лечение у 62 пациентов в возрасте от 25 до 40 лет, с различными аномалиями положения зубов. Основным методом лечения было применение несъемной техники брекет – систем фирмы Damon, лечение длилось в течение 1,5 – 2 лет (рис.1,2).

После ортодонтического лечения натяжение циркулярной и межзубных связей является основной причиной рецидива скученного положения зубов. Коллагеновые и эластические волокна реконструируются медленнее, чем в периодонтальной связке. После исправления зубочелюстно – лицевых аномалий и перемещения зубов коллагеновые волокна растягиваются и приспособляются к новому положению, но после снятия брекет – системы они стремятся вернуться в прежнее положение и тянут

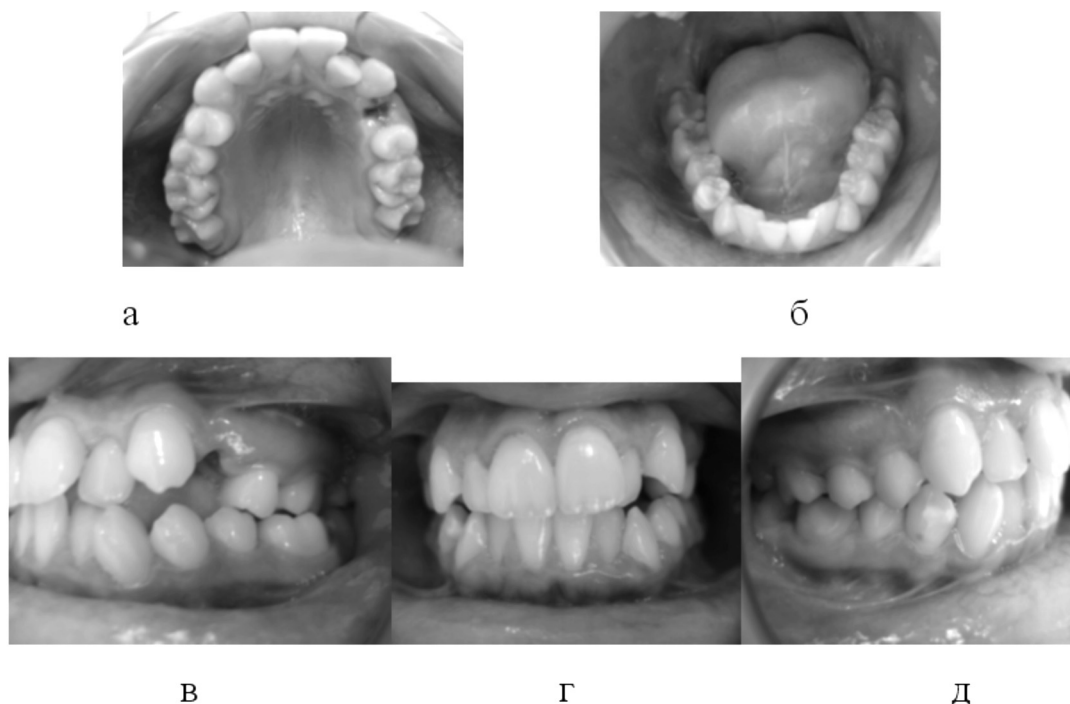


Рисунок 1. Зубные ряды верхней (а) и нижней (б) челюстей пациентки А., 23 лет (амбулаторная карта № 000143) с тесным положением резцов верхней и нижней челюстей II степени, вестибулярное положение 1.3, 2.3, 3.3, 4.3 зуба. Смыкание зубов - антагонистов (в - слева, г - передних зубов, д - справа).



Рисунок 2. Зубные ряды верхней и нижней челюстей пациентки А., 23 лет на завершающем этапе ортодонтического лечения (амбулаторная карта № 000143).

зубы за собой. Возникает рецидив. Учитывая сроки реорганизации волокнистых структур, а также их влияние на устойчивость зубов в новом положении. Для профилактики рецидива после ортодонтического лечения нами применялась методика фибротомия – рассечение волокон связочного аппарата зубов, изменивших свое положение в процессе ортодонтического лечения. Образовавшаяся в результате рубцовая ткань уменьшает эластические свойства волокон связки, что делает положение зуба более устойчивым и фиксируемым.

Проводимая нами методика фибротомия заключалась в производстве в область переходной складки инфльтрационной анестезии Sol. Ultrakaini 1:200 000 по 2мл на верхней и нижней челюстях.

Острый край лезвия скальпеля вводили в десневую борозду (рис 3). Производили вертикальные рассечения циркулярной связки зуба параллельно режущему краю резцов длиной 2 – 3 мм. Гемостаз проводили стерильными марлевыми тампонами смоченные 2% раствором перекиси водорода.

В литературе недостаточно освещены вопросы морфологических изменений в слизистой десны верхней и нижней челюстей с использованием биопсионного материала. При проведении фибротомии с индивидуального согласия каждого пациента были взяты участки слизистой оболочки десны верхней и нижней челюстей. Кусочки ткани сразу после получения фиксировались в 40% растворе формалина. Приготовление гистологических препаратов проводилось с использованием стандартной схемы обезвоживания и уплотнения материала с окончательной заливкой в парафин [3, с.30]. Срезы толщиной 7–8 мкм получали на роторном микротоме, после депарафинизации препараты окрашивали гематоксилином и эозином. Препараты изучали с помощью световой микроскопии с увеличением  $\times 56$ ,  $\times 280$  и  $\times 500$ .



а



б

Рисунок 3. Этап фибротомии у пациентки А., 23 лет за 3,5 - 4 недели до снятия брекет - систем (а - на верхней челюсти; б - на нижней челюсти).

При микроскопическом исследовании установлено, что слизистая оболочка десны сохраняет свое типичной строение: покрыта многослойным плоским частично ороговевающим эпителием, собственная пластинка разделена на два слоя – сосочковый, вдающийся в эпителий в виде сосочков и сетчатый, образованный плотной неоформленной соединительной тканью [5, с.121]. Однако во всех слоях слизистой оболочки десны верхней и нижней челюстей наблюдались реактивные изменения. В эпителии появляются признаки гидропической дистрофии, которой подвергались кератиноциты шиповатого и поверхностного слоев (1) (рис.4). Клетки увеличивались в размерах, цитоплазма выглядела светлой, не воспринимающей красителя. Ороговение эпителия десны шло путем паракератоза (1) [5, с.125]. Однако количество клеток с сохранившимися пикнотизированными ядрами в препаратах десны после ортодонтического лечения было значительно больше, образовавшиеся роговые чешуйки не приобретали оксифильной окраски (2), отсутствовал зернистый слой эпителия.

Изменения наблюдались и в собственной пластинке слизистой оболочки. Выросты соединительной ткани в сосочковом слое были более глаженными, наблюдалась очаговая инфильтрация лимфоцитами, которая в отдельных полях зрения спускалась в сетчатый слой, разволокнение пучков коллагеновых волокон (1). Сетчатый слой выглядел отечным за счет нарушения сосудистой проницаемости (2), большинство венул расширено, они были запустевшие и имели спавшийся просвет (3) (рис.5).

В стенках артериол миоциты мышечной оболочки имели признаки гидропической дистрофии. На границе сосочкового и сетчатого слоев наблюдалось разрастание мелких кровеносных капилляров.

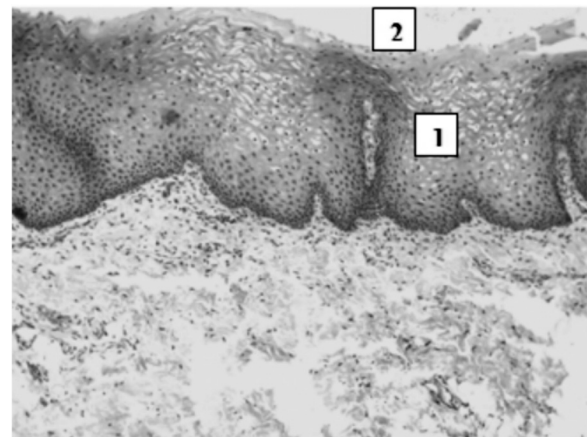


Рисунок 4. Участок эпителия слизистой оболочки десны с признаками гидропической дистрофии шиповатого слоя и явлениями паракератоза окраска гематоксилин и эозин.

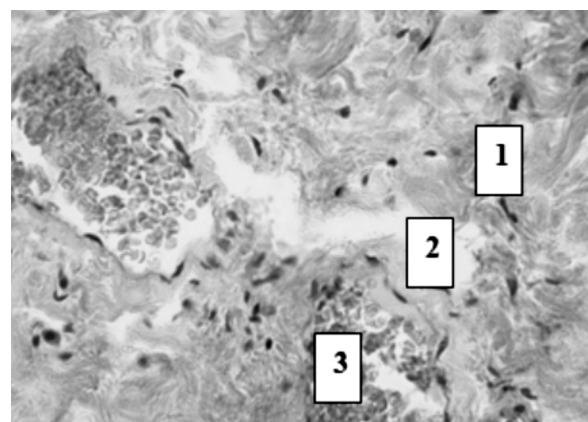


Рисунок 5. Сетчатый слой собственной пластинки слизистой оболочки десны окраска гематоксилин и эозин.

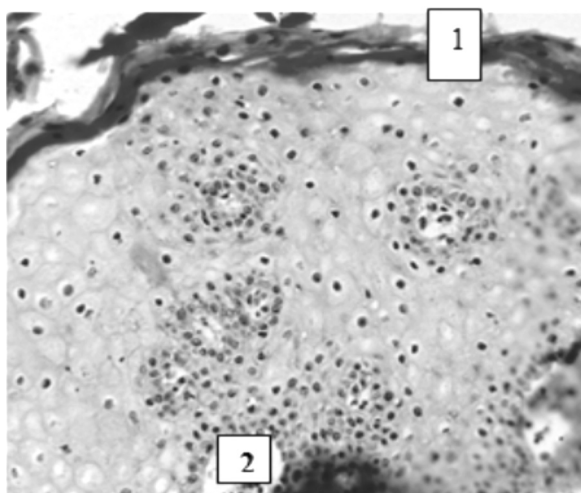


Рисунок 6. Эпителий прикрепленной части десны в ретенционном периоде.

Таким образом, выявленные структурные изменения слизистой оболочки десны свидетельствуют о её повреждении и наличии хронического продуктивного воспаления. Также с индивидуального согласия пациентов были взяты участки слизистой оболочки десны верхней и нижней челюстей в ретенционном периоде спустя 6 месяцев после ортодонтического лечения.

В эпителии прикрепленной части десны сохраняются признаки гидропической дистрофии шиповатого слоя, роговые чешуйки приобретают оксифильную окраску (1), явления паракератоза, очаговая лейкоцитарная инфильтрация поверхностных слоев эпителия (2) (рис.6).

В эпителии свободного края десны, практически отсутствуют признаки гидропической дистрофии клеток шиповатого слоя, роговые чешуйки окрашены оксифильно, явления паракератоза (1) (рис. 7).

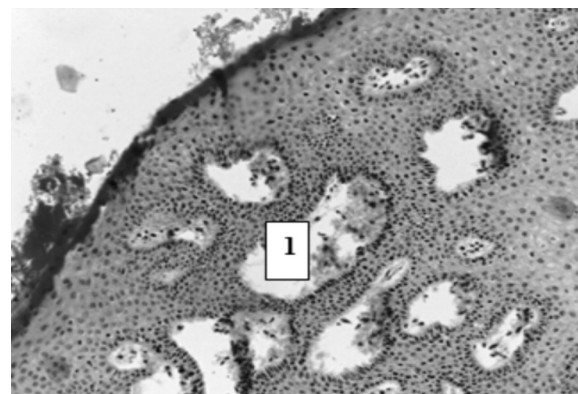


Рисунок 7. Эпителий свободного края десны в ретенционном периоде.

Таким образом, результаты после проведенного нами ортодонтического лечения были устойчивыми в ретенционном периоде, благодаря оптимизации комплекса мер по предупреждению возникновения рецидива, заключающаяся во внедрении хирургического компонента в виде фибротомии, которая позволяет исключить негативное воздействие связочного аппарата выровненных зубов, имевших ранее скученное положение.

По данным клинико-рентгенологических исследований при применении метода фибротомии не выявлено снижение зубодесневого соединения с вестибулярной и оральной сторон, а также изменения высоты альвеолярного гребня и потери межальвелярной кости и резорбции корней зубов, что свидетельствует об отсутствии негативного воздействия на состояние пародонта, как в ближайшие, так и в отдаленные сроки наблюдения.

*Используемую методику рекомендуем шире внедрять в практику зубо-челюстно-лицевых аномалий.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быков В.Л. Система иммунокомпетентных клеток десны человека в норме и при воспалительных заболеваниях пародонта // Архив патологии. – 2005. – №2. С. 51–55.
2. Вавилова В.В. Состояние пародонта при лечении ортодонтическими брекетами из различных материалов: Автореф. дис. канд. мед. наук – М., 2006. – 23с.
3. Меркулов Г.А. Курс гистологической техники: учебное пособие. Ленинград: "Медгиз", 1961.– 340 с.
4. Образцов Ю.Л., Ларионов С.Н. Пропедевтическая ортодонтия: учебное пособие. М., 2007. – 160 с.
5. Ямщиков Н.В., Кудрова В.А., Суворова Г.Н. Гистология зубочелюстного аппарата и других органов полости рта (Развитие, структурная организация, регенерация): учебное пособие. – Самара: ООО "Офорт", 2011. – 186 с.
6. Постников М.А., Трунин Д.А., Байриков И.М., Усикова Л.А., Устина М.В. Применение циркулярной фибротомии у детей для профилактики рецидива зубочелюстно-лицевых аномалий после активной фазы ортодонтического лечения. Ортодонтия, 2015. – №1. – С. 48 – 56.
7. Little R.M. An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention, Am. J.Orthod 2008. С. 423 – 428.

## ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ У ПАЦИЕНТОВ С ЖКБ В ПРЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

### DIAGNOSTIC AND TREATMENT ALGORITHM IN PATIENTS WITH GALLSTONE DISEASE IN THE PREOPERATIVE PERIOD

*N. Navdzhavonova  
K. Stegny  
S. Udalova*

#### Annotation

The main method of surgical treatment of gallstone disease is laparoscopic cholecystectomy, not always possible to perform intraoperative cholangiography. Not diagnosed preoperatively pathological changes of the bile ducts can be a major cause of complications in the postoperative period. So the preoperative preparation is necessary to assess the state of the biliary tract. Diagnostic method of choice in these patients is an MRCP.

**Keywords:** Cholelithiasis, residual choledocholithiasis, postcholecystectomy syndrome, MRCP, mini-invasive surgeries.

*Навджавонова Наргис Оламджоновна  
Аспирант, врач-хирург,  
Тихоокеанский Государственный  
мед. университет, г. Владивосток,  
Стегний Кирилл Владимирович  
Д.м.н., профессор,  
Тихоокеанский Государственный  
мед. университет, г. Владивосток  
Удалова Светлана Владимировна  
Врач-рентгенолог, Краевой  
клинический центр специализированных  
видов мед. помощи, г. Владивосток*

#### Аннотация

Основным методом хирургического лечения ЖКБ является лапароскопическая холецистэктомия, при которой не всегда возможно выполнить интраоперационную холангиографию. Не диагностированные до операции изменения желчных протоков могут быть основной причиной развития осложнений в послеоперационном периоде. Поэтому, при предоперационной подготовке необходимо оценить состояние желчевыводящих путей. Методом выбора диагностики у таких пациентов является МРТ-холангиография.

#### Ключевые слова:

ЖКБ, резидуальный холедохолитиаз, МРТ-холангиография, ПХЭС, малоинвазивное хирургическое лечение.

#### Введение

В настоящее время "золотым стандартом" лечения калькулезного холецистита является видеолaparоскопическая холецистэктомия (ВЛХЭ), поэтому данный метод хирургического лечения стал все шире внедряться в оперативную практику. Однако, единственным недостатком лапароскопического метода лечения желчнокаменной болезни является техническая сложность выполнения ревизии желчных протоков методом интраоперационной холангиографии, которая практически не применяется [6,7,11,12,14,15].

По мнению многих авторов, холецистэктомия без интраоперационной ревизии желчных протоков является не полной операцией с точки зрения билиарной хирургии. Такое мнение обосновано тем, что длительное течение ЖКБ в 20–30% случаев сочетается с патологическими изменениями внепеченочных желчных протоков, которые в 12–20% протекают бессимптомно. Бессимптомное течение патологических изменений в желчных протоках яв-

ляется главным фактором в развитии ПХЭС, частота возникновения которого зависит от качества дооперационного обследования пациентов с ЖКБ [3–5,10–12].

В этом случае целесообразно использование в предоперационном периоде МРТ-холангиографии, которая имеет достаточно высокую диагностическую ценность при холедохолитиазе, стриктурах желчных протоков, а так же является неинвазивным методом исследования и практически не имеющим противопоказаний к применению. Использование данного метода исследования в предоперационном периоде позволит своевременно выявить причины, способствующие развитию ПХЭС и определить дальнейшую тактику хирургического лечения [1,2,4,12,16,17].

#### Материалы и методы

Клинический материал основан на результатах обследования и лечения 100 пациентов страдающих желчнокаменной болезнью (ЖКБ), находившихся на стацио-

нарном лечении на базе клиники кафедры факультетской хирургии с курсом урологии ТГМУ г. Владивостока в период с 2014г. по 2015г. Из исследования были исключены пациенты, подвергшиеся консервативному лечению ЖКБ, а так же больные со злокачественными заболеваниями гепатопанкреатодуоденальной зоны. У исследуемых пациентов имелись явления острого и хронического воспалительного процесса желчного пузыря, без признаков патологии со стороны желчных протоков, которые были госпитализированы в стационар по экстренным показаниям, а так же для проведения планового оперативного лечения. По данным анамнеза длительность течения ЖКБ с момента выявления заболевания у этих пациентов составила от 1 до 15 лет. При госпитализации пациентов, применялись стандартные клинико-инструментальные методы исследования. С целью клинического исследования, для исключения патологии со стороны внепеченочных желчных протоков, всем пациентам в предоперационном периоде дополнительно проводилась МРТ- холангиография.

Результаты исследования

В результате проведенного в предоперационном периоде диагностического исследования внепеченочных желчных протоков с использованием МРТ-холангиографии у 12-ти пациентов (12%) из 100-та были выявлены такие изменения со стороны билиарного тракта как – холедохолитиаз, стриктура терминального отдела холедоха (ТОХ), стеноз БДС. Холедохолитиаз имелся у 3-х пациентов; стриктура ТОХ – у 3-х пациентов; холедохолитиаз и стриктура ТОХ – у 4-х пациентов; холедохолитиаз и стеноз БДС имелся у 2-х пациентов. При этом клинических проявлений синдрома желтухи в анамнезе у больных не было, в биохимических анализах крови у пациентов уровень общего билирубина находился в пределах 14.9 – 25.8 ммоль/л, по данным УЗИ органов брюшной полости диаметр холедоха не превышал 0.5 – 0.8 см, внутриспеченочные протоки не были расширены. По данным МРТ-холангиографии, у пациентов с выявленным холедохолитиазом, ширина холедоха составляла от 0.4 до 0.8 см с визуализирующимися включениями размерами от 0.25 до 0.6 см в диаметре.

Необходимо отметить, что 3-е пациентов из них поступили в стационар для проведения планового оперативного лечения методом ВЛХЭ.

У остальных 88-ми пациентов патологических изменений со стороны внепеченочных желчных протоков не выявлено. Данным пациентам была выполнена холецистэктомия видеолaparоскопическим методом. Пациентам, имеющим патологические изменения во внепеченочных желчных протоках, проводилось двухэтапное эндоскопическое лечение.

Клиническое наблюдение

Пациентка Г. 60 лет, поступила в клинику с жалобами на боли в эпигастрии и правом подреберье, тошноту, сухость во рту. И анамнеза: ЖКБ выявлена с 2013г, периодически возникали приступы боли в животе после приема пищи. Синдрома желтухи в анамнезе не было. Объективно: состояние средней тяжести, гемодинамика стабильная, живот умеренно болезненный в правом подреберье и эпигастрии, инфильтраты не определяются, перитонеальных симптомов нет. При исследовании: в клиническом анализе показатели крови в пределах нормы крови, в биохимическом – общий билирубин 20.2 ммоль/л, Аst - 367, Алт - 255. При ФГДС: гастродуоденопатия, желчь в ДПК поступает. При УЗИ брюшной полости: ж/пузырь 7.3 x 4.3см, стенка 0.48см., в полости множественные конкременты, холедох 0.8см., внутриспеченочные протоки не расширены. Выставлен клинический DS: ЖКБ. Хронический калькулезный холецистит, обострение. Пациентке проводилась инфузионная, противовоспалительная терапия с положительной динамикой. Выполнена МРТ-холангиография: ж/пузырь в размерах не увеличен, контуры ровные, стенка не утолщена до 0.2см, содержащее неоднородное, холедох до 0.7см в диаметре, в нижней трети холедоха дополнительные включения размерами 0.5 x 0.5 см.

Окончательный клинический DS: ЖКБ. Хронический калькулезный холецистит. Холедохолитиаз.

Проведено двухэтапное эндоскопическое лечение. В динамике клиническое выздоровление.

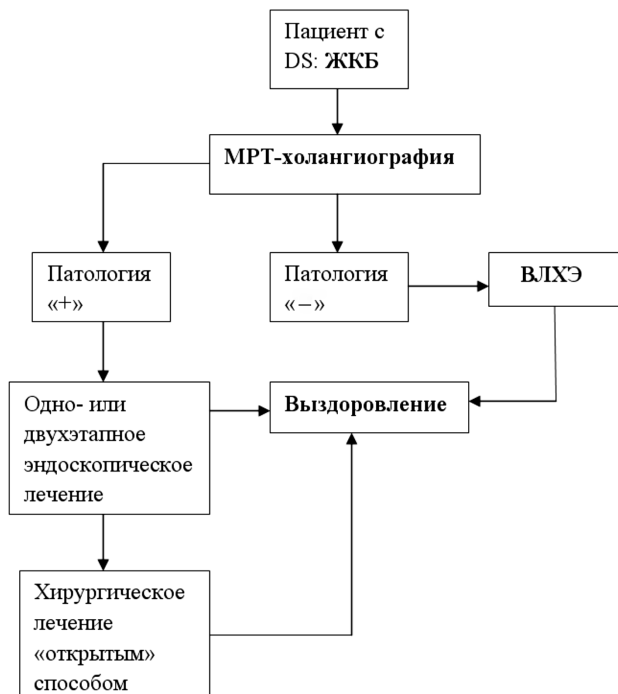


Рисунок 1. Алгоритм диагностики и лечения у пациентов с ЖКБ в предоперационном периоде.



## Вывод

При выборе лечения пациентов с холелитиазом в настоящее время предпочтение отдается минимально-инвазивным эндоскопическим методам [6–9, 13]. В частности, лапароскопическая холецистэктомия получила широкое распространение во всем мире и стала ведущим методом лечения ЖКБ. Однако отсутствие ревизии желчных протоков при лапароскопической холецистэктомии способствует развитию ПХЭС, так как стандартные методы исследования, применяемые в дооперационном периоде, не исключают наличие бессимптомно протекающих патологических изменений со стороны желчных протоков. Этим обусловлена необходимость полноценного дооперационного обследования пациентов, которым предполагается выполнение ВЛХЭ. Поэтому, с це-

лью исключения бессимптомной патологии желчных протоков, необходимо в предоперационном периоде использовать МРТ-холангиографию.

При отсутствии изменений со стороны желчевыводящих протоков по данным МРТ-холангиографии выполняется лапароскопическая холецистэктомия как завершающий этап хирургического лечения ЖКБ. Пациентам, у которых при МРТ-холангиографии выявлены патологические изменения внепеченочных желчных протоков, проводится одно- или двухэтапное эндоскопическое лечение. В случаях, когда невозможно выполнить эндоскопическую коррекцию имеющихся патологических изменений в области билиарного тракта, связанную с техническими сложностями, показано оперативное лечение традиционным "открытым" способом (рис. 1).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Быченко В.Г., Машинский А.А., Бельшева Е.С. и др. Магнитно-резонансная холангиопанкреатография при заболеваниях печени, желчных путей и поджелудочной железы // Медицинская визуализация. – 2002. – №4. – С. 14–19.
2. Васильев А.Ю., Иванчиков А.А. Диагностические возможности магнитно-резонансной холангиографии при холедохолитиазе и стенозирующих поражениях общего желчного протока // Казанский медицинский журнал. – 2004. – Т.85, №3. – С. 184–186.
3. Ветшев П.С. Механическая желтуха: причины и диагностические подходы (лекция) // Анналы хир. гепатологии. – 2011. – Т.16, №3. – С.50–57.
4. Емельянов С.И., Петров А.М. Роль Магнитно-резонансной томографии при желчнокаменной болезни, ее осложнениях и в диагностическом сопровождении больных после оперативного лечения холелитиаза // Эндоскопическая хирургия. – 2011. – №6. – С. 21–23.
5. Ермолов А.С., Дасаев Н.А. и др. Диагностика и лечение холангиолитиаза после холецистэктомии // Хирургия. – 2002. – №4. – С. 4–10. им. А.В. Вишневского. – 2008. – Т.3, №3. – С.77–89.
6. Коханенко Н.Ю., Латария Э.Л., Данилов С.А. и др. Выбор метода хирургического лечения холецистохоледохолитиаза // Анналы хир. гепатологии. – 2011. – Т.16, №4. – С. 56–60.
7. Луцевич О.Э., Гордеев С.А., Прохоров Ю.А. Эндовидеохирургические методы в лечении больных желчнокаменной болезнью. // Хирургия. – 2007. – №7. – С.16–20.
8. Майстренко Н.А., Стукалов В.В. и др. Диагностика и лечение синдрома механической желтухи доброкачественного генеза // Анналы хир. гепатологии. – 2011. – Т.16, №3. – С. 26–34.
9. Матвеев Н.Л., Магомедов М.Г. Малоинвазивное лечение холедохолитиаза. Дооперационный лечебно-диагностический этап // Эндоскопическая хирургия. – 2003. – №5. – С. 31–39.
10. Нечай А.И. Постхолецистэктомический синдром // Анналы хир. гепатологии. – 2006. – Т.11, №1. – С. 28–33.
11. Нишневич Е.В., Столин А.В. и др. О целесообразности интраоперационной холангиографии у больных острым холециститом // Анналы хир. гепатологии. – 2009. – Т.14, №4. – С. 22–27.
12. Осипова Н.Ю., Карамазановский Г.Г., Старков Ю.Г. и др. Магнитно-резонансная холангиопанкреатография и интраоперационные методы диагностики холедохолитиаза // Медицинская визуализация. – 2005. – №5. – С. 29–33.
13. Рыжков Е.Ф., Барсуков А.С., Агапов М.Ю. и др. Ретроградная холангиопанкреатография: опыт 868 вмешательств // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2011. – №4. – С.83–85.
14. Старков Ю.Г., Солодинина Е.Н., Шишин К.В. и др. Интраоперационная холангиография при лапароскопической холецистэктомии. Семантика доброкачественных поражений желчных протоков // Медицинская визуализация. – 2002. – №4. – С.8–13.
15. Стрекаловский В.П., Старков Ю.Г., Гришин Н.А. и др. Роль интраоперационной диагностики при лапароскопическом лечении желчнокаменной болезни // Эндоскопическая хирургия. – 2001. – №1. – С. 16–20.
16. Becker C.D., Grossholz M., Becker M. et al. Choledocholithiasis and bile duct stenosis: diagnostic accuracy of MR cholangiopancreatography // Radiology. 1997. Vol. 205. P.523–530.
17. Maccioni F., Martinelli M., et al. Magnetic resonance cholangiography: past, present and future: a review. Eur Rev Med Pharmacol Sci 2010. Vol.14. P.721–725.

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРАПИИ ЭНДОКРИННОЙ ПАТОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ САХАРНОГО ДИАБЕТА (E11-МКБ10)

## CLINICAL PRACTICE COMBINED THERAPY AT ENDOCRINE DISORDERS (E11 ICD-10)

*L. Sergeeva*

### Annotation

Disturbances of carbohydrate metabolism, according to various clinical studies often underlies the pathogenesis of diabetes of the second type, complicated overweight. As the reduction of overweight occur expressed positive changes in lipid and carbohydrate metabolism due to lower demand in the pharmaceutical drugs. Thus, combination therapy in the treatment of diabetes and obesity the second tapas is fully consistent with the basic principles of synergy, and, ultimately, can be attributed to the most important issues for research fundamental medicine.

**Keywords:** endocrine pathology, diabetes, morbid obesity, complex therapy.

*Сергеева Людмила Юрьевна*

*Аспирант НовГУ*

*им. Ярослава Мудрого, Россия*

### Аннотация

Проведено клиническое исследование применения комплексной терапии патологии сахарного диабета второго типа и морбидного ожирения. На соответствующей группы пациентов выявлена закономерность, свидетельствующая о том, что ведущими лекарственными препаратами в терапии сочетанной патологии сахарного диабета 2 типа и морбидного ожирения при отсутствии противопоказаний могут выступать препараты из группы агонистов глюкагоноподобного пептида – 1, которые в значительной степени способствуют ускорению достижения целевого эффекта препаратов группы бигуанидов и ингибиторов натрийзависимого котранспортёра глюкозы 2 типа (SGLT2), способствующих нормализации уровня сахара крови.

### Ключевые слова:

Эндокринная патология, сахарный диабет, морбидное ожирение, комплексная терапия, взаимопотенцирование.

**В**ажнейшей патологией эндокринной системы особенно в контексте все чаще диагностируемых сочетанных заболеваний за последнее десятилетие по праву может быть отнесено к дисфункции углеводного метаболизма.

Нарушения углеводного метаболизма согласно различным клиническим исследованиям чаще всего лежит в основе патогенеза сахарного диабета второго типа, осложненного избыточной массой тела.

Ожирение представляет собой хроническое гетерогенное, прогрессирующее заболевание, связанное с рядом генетических, поведенческих и особенно гормональных факторов, приводящих к нарушениям обмена веществ и энергетическому дисбалансу.

Многочисленные клинические и постклинические исследования последних лет идентифицировали ожирение, как ключевую причину развития сосудистых патологий, метаболического синдрома и особенно сахарного диабета второго типа [1, 3].

**Цель исследования:** изучение влияния комплексной терапии лекарственными препаратами из групп агонис-

тов глюкагоноподобного пептида – 1 и ингибиторов натрийзависимого котранспортёра глюкозы 2 типа в лечении сахарного диабета второго типа, осложненного морбидным ожирением.

**Материалы и методы:** в данном исследовании принимали участие 2 пациента с диагнозом сахарный диабет 2 типа, осложненный морбидным ожирением. Было получено до начала исследования информированное согласие, содержащее сведения о цели, методах и сроках исследования, о возможных побочных эффектах.

По данным Всемирной организации здравоохранения, опубликованным в 2003 г., около 1,7 млрд. человек во всем мире имеют избыточную массу тела или ожирение. Лидируют в этом отношении США, Германия и Канада. Например, в США 34% взрослого населения имеют избыточную массу тела и 27% – ожирение. Результаты выборочных исследований, проведенных в России, свидетельствуют, что в настоящее время не менее 30% трудоспособного населения нашей страны имеют избыточную массу тела и 25% – ожирение. [2, 4, 6]

Жировая ткань, наряду с различными тканями-мишенями, является инсулинозависимым органом, где ин-

сулин снижает высвобождение синтетических жирных кислот и глицерина в системный кровоток, обеспечивая утилизацию глюкозы по пентозофосфатному пути.

С патофизиологической точки зрения жировая ткань, обладая эндокринной и паракринной функциями, секретирует вещества, влияющие на чувствительность тканей к инсулину: интерлейкин-6, ингибитор активатора плазминогена-1, трансформирующий ростовой фактор В, синтетические жирные кислоты, ангиотензиноген, лептин и фактор некроза опухоли-а. В свою очередь, на функцию жировой ткани влияют катехоламины, кортикостероиды, в самой значительной степени – инсулин. Таким образом, ожирение является одним из важнейших факторов риска развития сахарного диабета 2 типа.

Сахарный диабет 2 типа является хроническим заболеванием, которое влияет на способность организма усваивать глюкозу и характеризуется неспособностью бета-клеток поджелудочной железы справляться с поддержанием необходимого уровня инсулина в крови.

По данным Международной федерации диабета в 2014 году в мире около 387 миллионов человек в возрасте от 20 до 79 лет страдали от сахарного диабета. Как ожидается, за последующие 20 лет число больных сахарным диабетом достигнет 592 миллионов во всём мире. По данным Американской ассоциации диабета, среди всех людей с данной патологией до 95% страдают от сахарного диабета 2 типа. [2, 5]

Согласно рекомендациям Всемирной федерации диабета предлагается начинать активный диагностический поиск компонентов метаболического синдрома с измерения объёма талии и бедер пациента. Именно висцеральное жировое депо наиболее четко ассоциировано со всеми негативными последствиями как метаболического, так и сосудистого характера. Соответственно одной из ключевых задач лечения ожирения следует считать не только значимое изменение антропометрических показателей, но и обязательное воздействие на имеющиеся метаболические нарушения, а также улучшение течения уже развившихся заболеваний, связанных с ожирением, а также длительное удержание достигнутых результатов. [3,4]

По мере снижения избыточной массы тела происходят выраженные положительные изменения показателей липидного и углеводного обмена на фоне снижения потребности в специфических фармакологических препаратах. В ряде исследований показано, что снижение массы тела в среднем на 10 кг способствует увеличению продолжительности жизни пациентов: снижению общей смертности на 25%, а от сахарного диабета 2 типа – на 30–40%.

Таким образом, комбинированная терапия в лечении сахарного диабета второго типа и ожирения в полной мере соответствует основным принципам синергии, и, в конечном итоге, может быть отнесена к наиболее значимым вопросам для научных изысканий фундаментальной медицины.

Лечение ожирения представляется сложной задачей для всех категорий больных, однако есть такие пациенты, которым особенно сложно снизить вес по причине дополнительных сопутствующих заболеваний (в частности, при сахарном диабете 2 типа). Данной категории пациентов особенно важно нормализовать вес, поскольку это облегчает управление уровнем глюкозы крови, замедляет прогрессию диабета и предотвращает развитие сосудистых осложнений.

На сегодняшний день, программы снижения веса легли в основу международных рекомендаций по профилактике сахарного диабета 2 типа. Очевидно, что изменение образа жизни, а также и качества питания в сочетании с увеличением двигательной активности (т.е. создание энергетического дефицита) представляются основой лечения ожирения. Рекомендованное Всемирной организацией здравоохранения использование умеренно гипокалорийного питания, с ограничением потребления жира до 25–30% от общей суточной калорийности рациона является наиболее доказанным в плане эффективности и безопасности средством для лечения ожирения. Однако, следует заметить, что для большинства пациентов с ожирением соблюдение сбалансированного рационального питания и расширение физической активности сложно выполнимо в повседневной жизни, особенно на долгосрочной основе.

Среди подобных пациентов, с комбинированным диагнозом сахарного диабета 2 типа и сопутствующего ожирения мне бы хотелось рассмотреть показательный пример пациентки X в рамках моей клинической практики.

#### Результаты исследования и их обсуждение.

Пациентка X 54 года, после выписки из стационара наблюдалась амбулаторно с комплексным диагнозом – сахарный диабет 2 типа, осложненный диабетической полинейропатией нижних конечностей, также было диагностировано морбидное ожирение. В рамках сопутствующей патологии было выявлено гипертоническая болезнь III степени (риск 4).

Описываемая пациентка считала себя больной с 2001 года, в тот момент когда впервые появились жалобы на жажду, полиурию, повышенное потоотделение, а также жалобы на покалывания в пальцах ног. Согласно результатам анализа крови на содержание глюкозы была

диагностирована гипергликемия натощак на уровне 14,5 ммоль/л.

В качестве приоритетных рекомендаций была показана диета с ограничением потребления углеводов, а также лекарственные препараты группы бигуанидов и сульфонилмочевины (Метформин и Манинил).

На следующем этапе ведения описываемой пациентки были рекомендованы различные пероральные сахароснижающие препараты, однако, достигнуть целевого уровня гликемии не удалось. Следует также отметить низкий уровень комплаентности в вопросе соблюдения диеты.

В процессе дальнейшей стратегии ведения описываемой пациентки, на фоне увеличившегося уровня гипергликемии – до 20 ммоль/л натощак, в рамках фармакологической терапии была добавлена инсулинотерапия в базис-болюсном режиме + метформин (инсулин Лантус 8–10 ЕД и инсулин Новорапид 4 ЕД перед едой 3 раза в день). Следует отметить, что с момента перевода на инсулинотерапию была отмечена прибавка в весе на 20 кг.

После начала ведения данной пациентки в 2015 г. мной была проведена коррекция сахароснижающей терапии, заключающейся в комплексном лечении диагностируемых патологий – сахарного диабета 2 типа и ожирения, а именно:

1. Было рекомендовано продолжение соблюдения диеты с ограничением углеводов с обязательным ведением пищевого дневника;
2. Увеличена доза Метформина до 3000 мг в сутки;
3. В связи с отсутствием противопоказаний к терапии был добавлен препарат Галвус 50 мг по 1 таблетке 2 раза в день, с отменой инсулина короткого действия;
4. Снижена доза базального инсулина до 40 ЕД в вечернее время. Сохранялась гипергликемия утром натощак и в течение дня.

Выбранная тактика лечения описываемой пациентки дала соответствующую промежуточную динамику. В гормональном исследовании крови уровень С-пептида составлял 4,8 нг/мл, гликированный гемоглобин (HbA1c) отмечен 10,0%. В связи с отсутствием противопоказаний и наличием у описываемой пациентки морбидного ожирения, было решено прибегнуть к терапии препаратом селективных агонистов рецепторов глюкагоноподобного пептида – 1 (Ликсумия) в начальной дозе 10 мкг, с отменой Галвуса.

Далее, через один месяц мной было принято решение об увеличении терапевтической дозы Ликсумии до 20 мкг. Также в связи с отсутствием противопоказаний был

назначен препарат группы ингибиторов натрий-глюкозного котранспортёра второго типа канаглифлозин в дозе 100 мг 1 раз в день.

*Далее, через три месяца проводимых наблюдений на фоне указанной выше терапии была отмечена положительная динамика:*

1. гликозилированный гемоглобин составил 9,0 %;
2. гликемия натощак составила 8,0 – 9,0 ммоль/л.

Затем через шесть месяцев интенсивного наблюдения гликированный гемоглобин составлял уже 8,5 %, а гликемия натощак 7,5–8,5 ммоль/л.

Следует заметить, что на фоне рекомендованной терапии вес описываемой пациентки снизился на 10 кг (индекс массы тела от 2014 года составлял 40 кг/см<sup>2</sup>, в то время как в 2015 г. после составил уже 38 кг/см<sup>2</sup>).

*Клинические рекомендации ведения пациентов с подобным комбинированным диагнозом – сахарный диабет 2 типа и ожирение могут быть сформулированы следующим образом:*

**На постоянной основе:**

1. Периодическое наблюдение у эндокринолога, терапевта, и кардиолога;
2. Низкохолестериновая и низкокалорийная (максимум 1500 ккал.) диета по форме №9, с исключением простых и ограничением промежуточных углеводов;
3. Ликсисенатид (Ликсумия) 20 мкг подкожно 1 раз в день;
4. Метформин (Сиофор, Глюкофаж) 3000 мг в сутки;
5. Канаглифлозин (Инвокана) 100 мг – 1 таблетка в день;
6. Индапамид (Арифон Ретард) 1,5 мг – 1 таблетка утром;
7. Бисопролол (Конкор, Бидоп) 5 мг – ? таблетки утром;
8. Моксонидин (Физиотенз) 0,2 мг – 1 таблетка в вечернее время;
9. Ацетилсалициловая кислота (Кардиомагнил) 75 мг – 1 таблетка в день;

**На курсовой основе:**

10. Альфа-липоевая кислота (Тиоктацид, Берлитион, Эспа-липон, Октолипен) 600 мг – 1 таблетка утром натощак в течение двух месяцев 2 раза в год;
11. Нейромультивит (Мильгамма Композитум, Бенфолипен) – 1 таблетка 2 раза в день в течение двух месяцев 2 раза в год;
12. Цитофлавин по 1 таблетке 2 раза в день в течение 25 дней 2 раза в год;

**Для контроля:**

13. Контроль гликированного гемоглобина 1 раз в 6 месяцев, с целевым уровнем менее 7,5 %;
14. Контроль глюкозы крови (целевой уровень натощак менее 7,5 ммоль/л, а в течение дня и перед сном – менее 10 ммоль/л);
15. Контроль артериального давления – на ежедневной основе.

В контексте рассматриваемого вопроса, весьма показательным также является пример пациентки Y 41 года с диагностируемой комплексной патологией сочетающей сахарный диабет 2 типа на фоне ожирения III степени, диабетическую полинейропатию и гипертоническую болезнь II степени (риск 4). Согласно назначенным дополнительным анализам биохимических параметров крови и ультразвукового исследования брюшной полости – была выявлена также неалкогольная жировая болезнь печени.

Описываемая пациентка считает себя больной с января 2014 года, когда по результатам соответствующих анализов впервые был выявлен повышенный уровень глюкозы в крови (по результатам глюкозотолерантного теста – 15,1 ммоль/л; гликированный гемоглобин – 8,5%). Со слов описываемой пациентки, за последние 7 лет ею наблюдалась тенденция увеличения массы тела, в среднем на уровне 20 кг.

В процессе проводимого клинического исследования обращала на себя внимание выраженная инсулинорезистентность (НОМА IR= 5,6); гиперинсулинемия.

Согласно общепринятому стандарту ведения пациентов с впервые диагностированным сахарным диабетом 2 типа, мной была назначена стартовая терапия лекарственным препаратом из группы бигуанидов – Метформин (Сиофор 1000 мг с рекомендуемой суточной дозой 2000 мг). Было также рекомендовано соблюдение диеты с исключением простых и ограничением промежуточных углеводов.

Следует отметить тот факт, что по прошествии контрольного срока мониторинга ожидаемых результатов в рамках назначенной терапии уровень глюкозы крови сохранял высокие значения (8,5–10,0 ммоль/л). Для оптимизации клинической стратегии ведения описываемой пациентки, с декабря 2015 года была проведена коррекция гипогликемической терапии, а также в виду отсутствия соответствующих противопоказаний и наличием ожирения III степени, было принято решение о назначении лекарственного препарата группы агонистов рецепторов глюкагоноподобного пептида-1 – Лираглутид (Виктоза) в начальной дозировке 0,6 мг.

Выбор лекарственного препарата группы агонистов

рецепторов глюкагоноподобного пептида-1 в случае ведения пациентки Y, также как и для рассматриваемой в начале пациентки X был востребован необходимостью применения комплексного синергического подхода, основанного на принципах взаимопотенцирования в лечении сочетанной патологии сахарного диабета 2 типа и ожирения III степени.

По прошествии 6 месяцев на фоне рекомендованной терапии согласно назначенным контрольным анализам, была отмечена положительная динамика:

1. Целевой уровень гликемии (6,5–7,0 ммоль/л) как в первой половине дня натощак, так и в вечернее время;
2. Гликированный гемоглобин составлял 7,0 %;
3. Снижение массы тела на 15 кг.

Относительно сопутствующей патологии – диабетической полинейропатии, была рекомендована комплексная терапия лекарственным препаратом тиоктовой кислоты (Тиогамма) и витаминами группы B (Мильгамма). Относительно гипертоническая болезнь II степени (риск 4), была рекомендована терапия группой сартанов и б-блокаторами, после чего было зафиксировано артериальное давление на целевом уровне.

*Клинические рекомендации ведения пациентов с подобным комбинированным диагнозом – сахарный диабет 2 типа и ожирение могут быть сформулированы следующим образом:*

**На постоянной основе:**

1. Наблюдение эндокринолога, терапевта, кардиолога по месту жительства;
2. Диета-9, с исключением простых и ограничением промежуточных углеводов, низкокалорийная (максимум 1500 ккал.). Дробное 4–5 раз питание малыми порциями (завтрак, обед, ужин + перекусы).

**Постоянный прием:**

3. Лираглутид (Виктоза) 1,2 мг п/к в 8:00;
4. Таб. Метформин (Сиофор) 1000 мг – 1 таб в ужин;
5. Таб. Лозартан (Лориста) 12,5 мг – по 1 таб 2 раза в день;
6. Таб. Бисопролол (Конкор, Бидоп) 5 мг – 1/2 таб утром;

**Контроль:**

7. Контроль гликированного гемоглобина 1 раз в 6 месяцев, целевой уровень менее 7,0 %, глюкозы крови (целевой уровень натощак менее 6,5–7,0 ммоль/л, в течение дня и перед сном – 8 ммоль/л) и артериальное давление – ежедневно.

Выводы

Таким образом, в рамках клинических примеров рассмотренных пациентов, доказано на практике, что оптимальная стратегия ведения терапии сочетанной патологии сахарного диабета 2 типа и морбидного ожирения должна быть основана на применении комплексного подхода в выборе соответствующих групп препаратов. Принципиально важным значением обладает одно из базисных свойств клинической фармакологии, выражающееся во взаимопотенцировании лекарственных препаратов различных групп.

Ведущим лекарственным препаратом в случае терапии сочетанной патологии сахарного диабета 2 типа и морбидного ожирения при отсутствии противопоказаний могут выступать препараты из группы агонистов глюкагоноподобного пептида – 1, которые в значительной степени способствуют ускорению достижения целевого эффекта препаратов группы бигуанидов и ингибиторов натрийзависимого котранспортёра глюкозы 2 типа (SGLT2), способствующих нормализации уровня сахара крови.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nathan D.M., Buse J.B., Davidson M.B., et al. Management of hyperglycemia in type 2 diabetes: a consensus algorithm for the initiation and adjustment of therapy: a consensus statement from the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes // *Diabetes Care*. – 2006. – V. 29. – P. 1963–1972. 8.
2. Nathan D.M., Buse J.B., Davidson M.B., et al. Medical management of hyperglycemia in type 2 diabetes: a consensus algorithm for the initiation and adjustment of therapy // *Diabetes Care*. – 2009. – V. 32. – P. 193–203. 9.
3. NICE clinical guideline 66. Type 2 diabetes: the management of type 2 diabetes. May 2008. [www.nice.org.uk/CG66](http://www.nice.org.uk/CG66)
4. NICE short clinical guideline 87. Type 2 diabetes: newer agents. London: NICE. – 2015.
5. Edwards G.M.B., Winocour P.H. On behalf of the Association of British Clinical Diabetologists (ABCD). ABCD position statement on incretin mi-metics and DPP-4 inhibitors – 2009 // *Pract. Diab. Int.* – 2009. – V. 26; № 5. – P. 191–195.
6. AACE/ACE Consensus statement on type 2 diabetes mellitus: an algorithm for glycemic control // *Endocrine*. – 2009. – V. 15, № 6. –P. 540–559.
7. Valensi P., Benroubi M., Borzi V., et al. The IMPROVE study – a multinational, observational study in Type 2 diabetes: baseline characteristics from eight national cohorts // *Int. J. Clin. Pract.* – 2014. – V. 62. –P. 1809–1819.
8. Loddeke H.J., Sreenan S., Aczel S. et al. PREDICTIVE Study Group. PREDICTIVE– a global, prospective observational study to evaluate insulin detemir treatment in types 1 and 2 diabetes: baseline characteristics and predictors of hypoglycaemia from the European cohort // *Diabetes Obes. Metab.* – 2014. – V. 9. – P. 428–434.
9. Resnick H.E., Foster G.L., Bardsley J. et al. Achievement of American Diabetes Association Clinical Practice Recommendations Among U.S. Adults With Diabetes, 1999–2002. The National Health and Nutrition Examination Survey // *Diabetes Care*. – 2006. – V. 29. – P. 531–537.

© Л.Ю. Сергеева, (l.yusiyas@bk.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

**ЭкспоПрофи**

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**  
ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩАЯ ВЫСТАВКА

ИВАНОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

РЕКЛАМА

Организована по инициативе губернатора Ивановской области М.А. Меня  
Действует при поддержке Департамента экономического развития Ивановской области

# РЕКОНСТРУКЦИЯ ОККЛЮЗИОННОЙ ПЛОСКОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ЗУБОЧЕЛЮСТНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ, СФОРМИРОВАВШИМИСЯ ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ ЗУБОВ

## OCCLUSAL PLANE RECONSTRUCTION IN CASES WITH DENTITION DEFORMATIONS AFTER TOOTH EXTRACTION

*A. Silin  
T. Okuneva  
P. Okunev  
A. Sapickaya*

### Annotation

The aim of this study was individual occlusal plane modeling using cone beam computed tomography scans to estimate vertical teeth displacements patients having deformation of the dentition in cases orthodontic treatment before orthopedics dentistry cure. Sagittal and transversal occlusal plane building method was developed with the aid of CBCT. There was calculating vertical these displacements focusing on the reconstructed occlusal plane.

**Keywords:** Occlusal plane reconstruction, Vertical dentition deformation, Cone beam computed tomography.

**Силин Алексей Викторович**

Д.мед.н., доцент,  
Северо-Западный государственный  
университет им. И.И. Мечникова

**Окунева Татьяна Юрьевна**

Гл. врач, ООО "Клиника  
Доброго Стоматолога"

**Окунев Павел Юрьевич**

Стоматолог – ортопед, ООО "Клиника  
Доброго Стоматолога"

**Сапицкая Александра Игоревна**

Стоматолог – ортодонт, ООО "Клиника  
Доброго Стоматолога"

### Аннотация

Целью исследования является моделирование индивидуальной окклюзионной плоскости на КТ-реформатах у пациентов с вертикальными деформациями зубных рядов для расчета вертикальных перемещений зубов во время ортодонтической подготовки к протезированию. Разработана методика построения индивидуальной окклюзионной плоскости в сагиттальном и трансверзальном направлениях на КТ-реформатах. Ориентируясь на положение реконструированной окклюзионной плоскости, осуществлены расчеты перемещения зубов при вертикальных деформациях зубных рядов.

### Ключевые слова:

Реконструкция окклюзионной плоскости, Вертикальные деформации зубных рядов, Конусно-лучевая компьютерная томография.

По данным исследователей: В.Ю. Миликевич (1984), В.А. Понаморев (1959), А.С. Щербаков и соавт. (1998) распространенность вертикальных деформаций зубов после удаления или некачественной реставрации антагонистов составляет 15–58%. После формирования включенных и концевых дефектов большой протяженности, вертикальные деформации возникают в области значительного участка зубного ряда, что ведет к изменению наклона окклюзионной плоскости. Стоматологи-ортопеды, зубные техники испытывают затруднения при планировании стоматологической реабилитации. Часто приходится увеличивать объем ортопедического вмешательства, удалять зубы, участвующие в формировании деформаций. Протезирование зубов при вертикальных деформациях может вызвать ряд осложнений: сколы бугров искусственных зубов, блокировка зубов при артикуляции, изменение наклона окклю-

зионной плоскости, и как следствие, возникновение симптомов дисфункции височно-нижнечелюстных суставов.

Важность восстановления уровня наклона окклюзионной плоскости при коррекции вертикальных деформаций во время протезирования в своих работах отмечали Р.Славичек (2008), С.Сато (1996), С.Наретто (2007), В.Н. Трезубов (2015). Эту задачу необходимо выполнять и при ортодонтической подготовке пациентов к протезированию. В литературе практически отсутствуют данные о методиках расчета величины перемещения зубов при вертикальных деформациях зубных рядов в ходе ортодонтической реконструкции наклона окклюзионной плоскости.

Целью данного исследования является моделирование индивидуальной окклюзионной плоскости на КТ-ре-

форматах у пациентов с вертикальными деформациями зубных рядов для расчета вертикальных перемещений зубов во время ортодонтической подготовки к протезированию.

Материалы и методы

Проведено обследование 30 человек с вертикальными деформациями зубных дуг и нарушением наклона окклюзионной плоскости, вызванных удалением зубов в боковых отделах с формированием включенных или концевых дефектов, либо некачественной реставрацией антагонистов. Пациентам проведено клиническое обследование состояния прикуса, зубных рядов, сделаны оттиски зубных рядов альгинатной слепочной массой, затем изготовлены диагностические модели и зафиксированы в артикулятор Protar 7. Проведено телерентгенографическое исследование головы в прямой и боковой проекции и сделана компьютерная томография обеих челюстей на аппарате PicassoTrioVatech. Размер датчика аппарата (12X8.5 см) позволял захватить в зону сканирования верхний и нижний зубной ряд. После этих исследований пациентам проводился анализ полученных результатов в программном обеспечении компании Vatech-Ez32009.

Определение положения наклона индивидуальной окклюзионной плоскости в пространстве черепа осуществляли по методике построения НРП-плоскости. (Карлсон Д., 2009).

Индивидуальная окклюзионная плоскость параллельна НРП-плоскости и проходит через точку, установленную в области контакта режущих краев центральных верхних резцов и точку на мезиально-щечном бугре первого верхнего моляра (рис.1).

Проектирование индивидуальной окклюзионной плоскости у пациентов с вертикальными деформациями проводили на моделях, загипсованных в артикулятор и на

КТ-реформатах для сравнения точности полученных результатов. Нами была разработана и предложена методика построения на КТ-реформатах индивидуальной окклюзионной плоскости и расчета вертикальных перемещений зубов для ее реконструкции.

Предварительно оценивали симметричность экспозиции резцов при улыбке по методике О.П. Ивановой (2014) и симметричность положения боковых групп зубов с помощью пробы с закусыванием шпателя. При вертикальных деформациях зубных рядов и ассиметричном трансверзальном наклоне окклюзионной плоскости, определяли на какой стороне верхней челюсти, и какие группы зубов необходимо подвергнуть вертикальным перемещениям для изменения положения окклюзионной плоскости.

Затем на ТРГ в прямой и боковой проекции строили имеющуюся окклюзионную плоскость, которая сформировалась у пациентов после образования вертикальных деформаций, и индивидуальную окклюзионную плоскость, параллельную НРП-плоскости. Для построения НРП-плоскости на ТРГ использовали методику Е.А. Богатовой (2012). Затем измеряли угол расхождения индивидуальной и имеющейся окклюзионной плоскостей на ТРГ в прямой (LA1) и боковой проекции (LA)(рис.2).

На следующем этапе переносили данные о наклоне имеющейся и индивидуальной окклюзионных плоскостей с ТРГ на диагностические модели челюстей, загипсованные в артикулятор, и на компьютерную томограмму челюстей. Перенос данных был необходим для дальнейшего расчета расстояния вертикального перемещения каждого зуба при реконструкции индивидуальной окклюзионной плоскости, так как на телерентгенограммах головы расчет абсолютных линейных размеров не точен (Персин Л.С., 1989; Фадеев Р.А., 2005).

Методика расчета вертикальных перемещений зубов

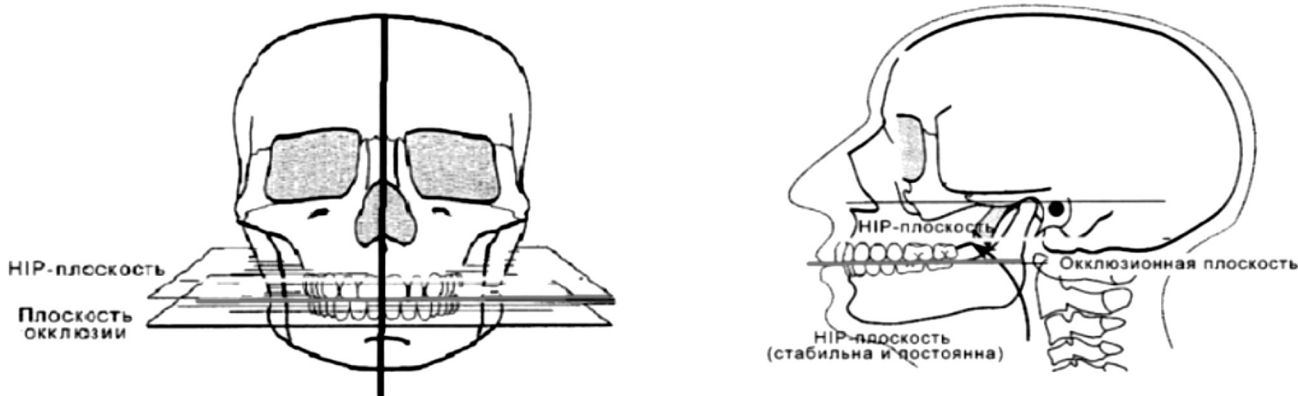


Рисунок 1. Положение окклюзионной плоскости и НРП-плоскости относительно анатомических ориентиров на ТРГ в прямой боковой проекции.



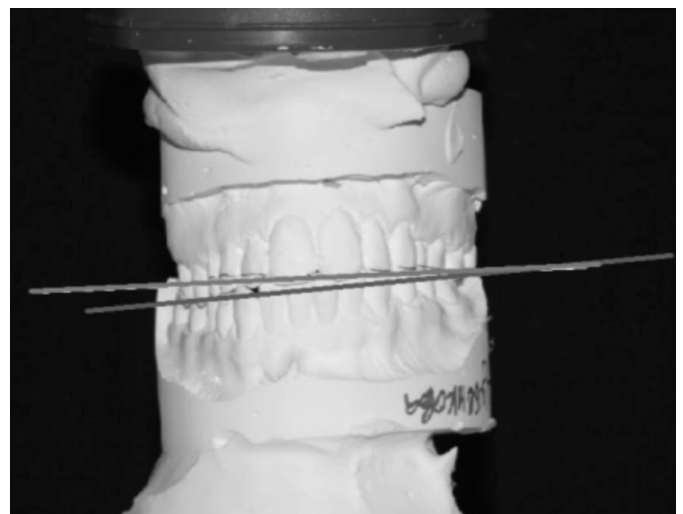
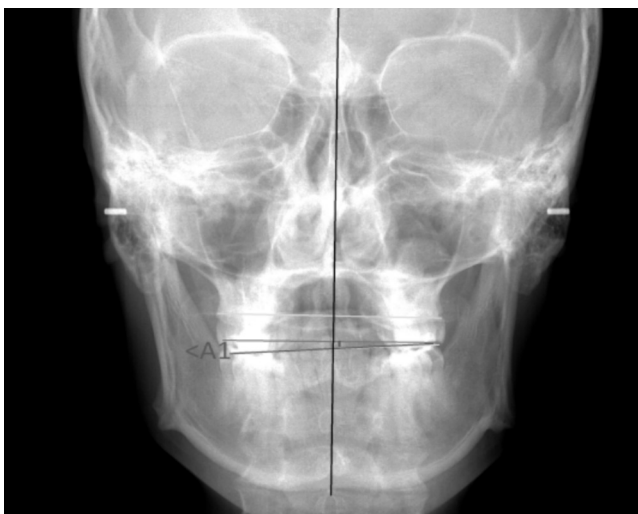
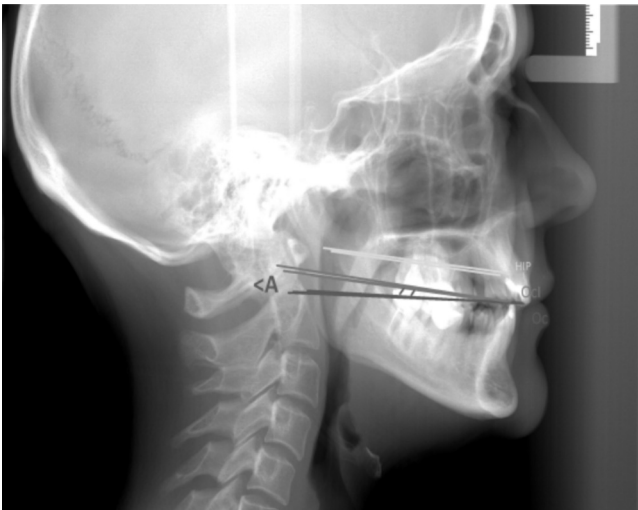


Рисунок 2. Положение НІР плоскости (желтый цвет), индивидуальной окклюзионной плоскости (голубой цвет), имеющейся окклюзионной плоскости (красный цвет) и углов расхождения (LA, LA1) имеющейся и индивидуальной окклюзионных плоскостей на ТРГ в боковой и прямой проекциях.

Рисунок 3. Построение индивидуальной (голубая линия) и имеющейся (красная линия) окклюзионных плоскостей на моделях, зафиксированных в артикуляторе.

для реконструкции наклона окклюзионной плоскости на моделях челюстей, зафиксированных в артикуляторе.

На моделях, зафиксированных в артикуляторе, в области боковой группы зубов проводили имеющуюся окклюзионную плоскость по анатомическим ориентирам, указанным выше и индивидуальную окклюзионную плоскость, под углом, равным LA, рассчитанному по ТРГ в боковой проекции. В области передней группы зубов проводили эти же плоскости, но под углом LA1, рассчитанному по ТРГ в прямой проекции. Затем строили перпендикуляр от индивидуальной окклюзионной плоскости до окклюзионной поверхности каждого зуба до и измеряли штангенциркулем полученное расстояние в мм. Это расстояние

равнялось размеру вертикального перемещения каждого зуба при реконструкции индивидуальной окклюзионной плоскости у пациентов с вертикальными деформациями зубных рядов (рис.3).

Методика расчета вертикальных перемещений зубов для реконструкции наклона окклюзионной плоскости на КТ-реформатах.

Для визуализации окклюзионной плоскости в сагитальном направлении на КТ, выполняли построение на сагитальном реформате компьютерной томограммы (КТ). Для этого на сагитальном КТ-реформате аксиальная ось координат выравнивалась параллельно имею-



Рисунок 4. Имеющаяся окклюзионная плоскость на корональном КТ-реформате и объемной КТ-модели.

щейся окклюзионной плоскости. Правильность построения окклюзионной плоскости на реформате оценивали на объемной КТ-модели, где хорошо видны все анатомические ориентиры для построения окклюзионной плоскости (рис.4).

После этого строили индивидуальную окклюзионную плоскость. Построение начинали из той же точки на режущем крае резца, откуда была проведена имеющаяся окклюзионная плоскость, под углом LA (угол расхождения имеющейся и индивидуальной окклюзионно плоскости), рассчитанном на ТРГ в боковой проекции. Затем строили перпендикуляр от индивидуальной окклюзионной плоскости к окклюзионной поверхности каждого зуба в боковых отделах и измеряли полученное расстояние. Это расстояние соответствовало вертикальному перемещению каждого верхнего зуба для реконструкции индивидуальной окклюзионной плоскости во время ортодонтического лечения (рис.5).

Для визуализации окклюзионной плоскости в трансверзальном направлении на компьютерной томограмме



Рисунок 5. Положение индивидуальной окклюзионной плоскости (синяя линия) относительно имеющейся окклюзионной плоскости (желтая линия) и измерение расстояния для вертикальных перемещений зубов.

(КТ) выполняли построение на корональном КТ-реформате. Строили имеющуюся окклюзионную плоскость по анатомическим ориентирам, заявленным при расчете ТРГ в прямой проекции. Правильность построения имеющейся окклюзионной плоскости оценивали на объемных КТ-моделях. После этого строили индивидуальную окклюзионную плоскость, проходящую под углом LA1, рассчитанному на ТРГ в прямой проекции. Затем проводили перпендикуляр от индивидуальной окклюзионной плоскости к режущему краю каждого верхнего зуба и измеряли полученное расстояние (рис.6). Именно эти данные соответствовали индивидуальному вертикальному перемещению каждого зуба для реконструкции окклюзионной плоскости в трансверзальном направлении.

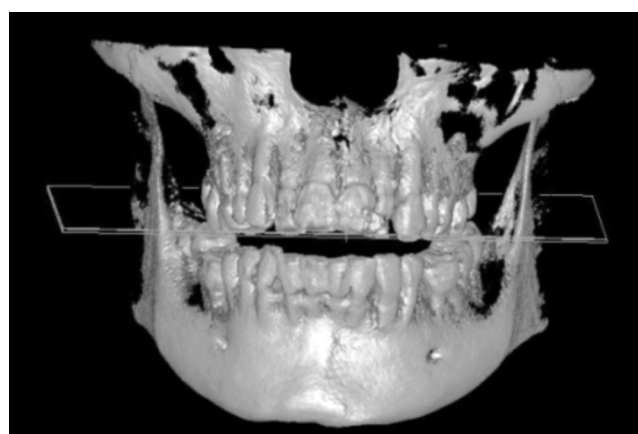


Рисунок 6. Положение имеющейся (желтая линия) и искомой (голубая линия) окклюзионных плоскостей на корональном реформате и объемных КТ-моделях, измерение расстояния для вертикальных перемещений зубов.

## Результаты исследования

Статистический анализ проводился с использованием программы IBM SPSS Statistics 20. Нами был проведен корреляционный анализ для оценки связи между проведенными измерениями при помощи коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Результаты анализа приведены в табл. 1.

Для каждого из оцениваемых зубов нами были получены значения коэффициента ранговой корреляции, близкие к 1, что свидетельствует о наличии прямых, сильных связей между показателями, полученными в результате измерений, проведенных различными методами.

Полученные нами данные свидетельствуют о сопоставимости результатов измерения величин вертикального смещения зубов, независимо от применяемого метода. При проведении расчетов было выявлено, что в группе обследованных пациентов с вертикальными деформациями зубных рядов угол расхождения в наклоне идеальной и имеющейся окклюзионной плоскости в сагиттальном направлении составлял  $6 \pm 0,6^\circ$ , в трансверсальном направлении  $4 \pm 0,3^\circ$ .

Метод построения искомой (идеальной) окклюзионной плоскости и расчет расстояния для вертикального перемещения зубов во время ортодонтического лечения пациентов с вертикальными деформациями зубных рядов позволяет максимально реконструировать окклюзионную плоскость в трансверсальном и сагиттальном направлении.

Таблица 1.

Результаты корреляционного анализа вертикального смещения зубов по данным различных методов измерения.

Оцениваемый зуб	Коэффициент Спирмена	Уровень значимости, р
Второй моляр	0,987	<0,001
Первый моляр	0,982	<0,001
Второй премоляр	0,951	<0,001
Первый премоляр	0,852	<0,001
Клык	0,913	<0,001
Боковой резец	0,946	<0,001
Центральный резец	0,919	<0,001

При правильной настройке изображения и положения осей координат, биометрические измерения зубных рядов на КТ-реформатах совпадают с действительными параметрами.

## Выводы

Разработана методика построения индивидуальной окклюзионной плоскости на компьютерных томограммах. Ориентируясь на положение реконструированной окклюзионной плоскости, произведен расчет величин перемещения зубов при вертикальных деформациях зубных рядов в процессе ортодонтической подготовки к протезированию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гайворонский И.В., Жулев Е.Н., Богатова Е.А., Гайворонская М.Г. Обоснование целесообразности использования НР-плоскости в стоматологии // Клиническая медицина. – 2012. – №4. – С. 40–43
2. Иванова О.П. Обоснование современных методов диагностики и лечения пациентов с асимметрией зубных дуг, обусловленных односторонним отсутствием премоляра. Автореф. Дис. канд. мед. наук. – 2014. – 23с.
3. Персин Л. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстных аномалий и деформаций. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 638 с.
4. Славичек Р. Жевательный орган. – Москва: Азбука, 2008. – 543 с.
5. Трезубов В.Н. Цефалометрическое изучение лицевого скелета при планировании устранения деформаций окклюзионной поверхности зубных рядов/ В.Н. Трезубов, Е.А. Булычева, С.О. Чикунев и др. // Институт стоматологии. – 2015. – №4. – С. 102–104.
6. Фадеев Р.А., Кузакова А.В. Клиническая цефалометрия. – Санкт-Петербург: Меди-издательство, 2009. – 64 с.
7. Carloson J.E. Occlusal Diagnosis. USA: Midwest Press, 2004. p. 217
8. Parmar A.B. Smile design principles. Private Dentistry. 2007; n.10. p. 10–16.



## НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

### **Abramov D.**

Graduate, Tula State University, Russia, Tula  
e-mail : sipai-dima@mail.ru

### **Abushash O.**

Graduate student of the Department of Hospital Surgery Medical faculty KBSU, specialty neurosurgery  
e-mail : llucik@mail.ru

### **Arkhipenko V.**

Doctor traumatologist employee Tyumen regional clinical hospital №2  
e-mail : vit00072@yandex.ru

### **Arunyants G.**

Kaliningrad state technical university  
e-mail : Suro99@mail.ru

### **Avdarsolkzy S.**

Senior lecturer, Kazakh state women's pedagogical University, Department of computer science and applied mathematics. Kazakhstan  
e-mail : sailau-abai@mail.ru

### **Ayrapetov S.**

Kaliningrad state technical university  
e-mail : sergey@kit39.com

### **Bajmahan R.**

Doctor of technical Sciences, Professor Kazakh state women's pedagogical University Department of computer science and applied mathematics Kazakhstan  
e-mail : brysbek@yandex.ru

### **Belimgotov B.**

Prof., Head course neurosurgery at the Department of neurosurgery Kabardino – Balkaria State University  
e-mail : llucik@mail.ru

### **Benia Ch.**

Graduate student of the Department of neurosurgery Medical faculty Kabardino – Balkaria State University neurosurgery specialty  
e-mail : llucik@mail.ru

### **Efimov A.**

Moscow aviation institute, National Research University  
e-mail : efan\_90\_@mail.ru

### **Gribanov A.**

Moscow aviation institute, National Research University  
e-mail : gribanov.a@inbox.ru

### **Grigoriev A.**

Candidate of Engineering Sciences, scientific director, SIC Kurchatov Institute, Moscow  
e-mail : mexaelb@yandex.ru

### **Grigoriev E.**

Lianosovo Electromechanical Plant Research and Production Corporation, Tomsk  
e-mail : zhenok@ngs.ru

### **Grin A.**

MD assistant professor of orthopedics and traumatology field surgery with a course of pediatric trauma Tyumen State Medical University  
e-mail : vit00072@yandex.ru

### **Ibrahim S.**

MD, neurosurgeon, Head of Neurosurgery .otdeleniem Republican clinical hospital. Nalchik  
e-mail : llucik@mail.ru

### **Ignatov V.**

Cand, head of the laboratory of the department of silicates technology and nanomaterials Institute of High Technologies "National Research Tomsk Polytechnic University", Tomsk  
e-mail : vit00072@yandex.ru

### **Kabdyrakova A.**

Head of the Laboratory of Physical and Chemical Research, Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan  
e-mail : kabdyrakova@nnc.kz

### **Kadirov M.**

Neurosurgeon neurosurgery Republican clinical hospital, Nalchik  
e-mail : llucik@mail.ru

### **Kulakov S.**

Intramural post-graduate student of the Department of axillofacial-surgery and dentistry SSMU  
e-mail : kulakovsa22@mail.ru

### **Kulakova O.**

MD senior lecturer Histology and Embryology SSMU, GOU VPO "Samara State Medical University of Ministry of Health of Russia"  
e-mail : kulakovsa22@mail.ru

### **Kunduzbayeva A.**

Head of the Laboratory of Physical and Chemical Research, Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan  
e-mail : kabdyrakova@nnc.kz

### **Liybashevskaja B.**

Radiologist, Head. radiology department, the Ministry of Health Republican clinical hospital. Nalchik  
e-mail : llucik@mail.ru

### **Logachyov M.**

College of Modern technologies of a name of the Hero of the Soviet Union M. F. Panov, Moscow, Russia.  
e-mail : logachevmaxim@gmail.com

**Lukashenko S.**

Director of the Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

**e-mail** : lukashenko@nnc.kz

**Markov A.**

MD assistant professor of orthopedics and traumatology field surgery with a course of pediatric trauma Tyumen State Medical University

**e-mail** : vit00072@yandex.ru

**Matveev K.**

PhD student, Moscow State University information technologies, radio engineering and electronics

**e-mail** : predcir2009@yandex.ru

**Naidenov P.**

PhD student, Irkutsk State University

**e-mail** : pavelnaidenov@geogr.isu.ru

**Navdzhavonova N.**

Vladivostok State Medical University, post-graduate student. City Clinical Hospital of the city of Vladivostok, surgeon

**e-mail** : medgjs25@gmail.com

**Nelin I.**

Moscow aviation institute, National Research University

**e-mail** : kaf-44-3@yandex.ru

**Okunev P.**

Dentist – orthopedist, Ltd. "Good Dentist clinic"

**e-mail** : okunev@stom.ru

**Okuneva T.**

Ch. doctor of "Good Clinical Dentistry"

**e-mail** : okuneva@stom.ru

**Petrov Y.**

MD Associate Professor, Department of Oral and Maxillofacial surgery and dentistry SSMU

**e-mail** : kulakovsa22@mail.ru

**Rabchenyuk M.**

MD Doctor traumatologist employee Tyumen regional clinical hospital 2

**e-mail** : vit00072@yandex.ru

**Rysbaeva G.**

Candidate of physico-mathematical Sciences, associate Professor Academy of the border service of Committee of national security. Of The Republic Of Kazakhstan

**e-mail** : rgp\_81@mail.ru

**Sapickaya A.**

Dentist – Orthodontist, Ltd. "Good Dentist clinic"

**e-mail** : rectorat@szgmu.ru

**Sejnasinova A.**

Candidate of physico-mathematical Sciences, associate Professor Academy of civil aviation, Kazakhstan

**e-mail** : asim10@yandex.ru

**Sergeev K.**

MD Professor Head of the Department of Orthopedics and Traumatology field surgery with a course of pediatric trauma Tyumen State Medical University

**e-mail** : vit00072@yandex.ru

**Sergeeva L.**

Postgraduate Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Russia

**e-mail** : lyusiyas@bk.ru

**Silin A.**

D.med.n., Associate Professor, Northwestern State University. I. Mechanikov

**e-mail** : rectorat@szgmu.ru

**Skorokhodov I.**

Master student, Department of Cybernetics National Research Nuclear University MEPhI

**e-mail** : iskorokhodov@gmail.com

**Stegniy K.**

Vladivostok State Medical University, Department of Surgery and Urology, D.M.S., professor

**e-mail** : medgjs25@gmail.com

**Streblianskaia N.**

North-Caucasus Federal University, Stavropol

**e-mail** : nata379k@mail.ru

**Suvorova G.**

MD, Professor, Head of Department of Histology & Embryology SSMU

**e-mail** : kulakovsa22@mail.ru

**Tebueva F.**

North-Caucasus Federal University, Stavropol

**e-mail** : fariza.teb@gmail.com

**Tikhomirova A.**

Candidate of Technical Sciences, docent at Department of Cybernetics National Research Nuclear University MEPhI

**e-mail** : iskorokhodov@gmail.com

**Tokarev V.**

Professor, TSU, Russia, Tula

**e-mail** : tokarev22@yandex.ru

**Tverdohlebov S.**

Cand. Associate Professor, Department of Theoretical and Experimental Physics "National Research Tomsk Polytechnic University", Tomsk

**e-mail** : vit00072@yandex.ru

**Udalova S.**

Regional Clinical Center of specialized types of medical care, Vladivostok, radiologist

**e-mail** : medgjs25@gmail.com

**Unru N.**

Ph. D., Associate Professor, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk

**e-mail** : nickonro@ngs.ru

**Vervelakis G.**

Graduate student, SIC Kurchatov Institute, Moscow

**e-mail** : mexaelb@yandex.ru

**Voronin T.**

Kaliningrad state technical university

**e-mail** : voronin.timofey@gmail.com

**Vygolova E.**

Post-graduate student, Saint-Petersburg University of State Fire Service

**e-mail** : keetoo@mail.ru



## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе "Антиплагиат".

**За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно–практический журнал "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Список литературы составляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0–11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные – 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф–редактору научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" ( e–mail: redaktor@nauteh.ru ).