

# ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

## ВЛИЯНИЕ НОВЕЙШИХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТОВ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА ДИВНОГОРЬЕ, СРЕДНЕРУССКАЯ ВОЗВЫШЕННОСТЬ

*Романовская Мария Александровна*

*Канд. геол.-мин. наук, доцент, Геологический ф-т МГУ, Москва*

*Бессуднов Александр Николаевич*

*Канд. истор. наук, доцент, Исторический ф-т ЛГПУ, Липецк*

*Кузнецова Татьяна Вячеславовна*

*Канд. геол.-мин. наук, доцент, Геологический ф-т МГУ, Москва*

### АННОТАЦИЯ

Работа основана на результатах комплексных геолого-геоморфологических исследований, проведенных на площади музея-заповедника Дивногорье с целью выявления связи неотектонических движений и особенностей формирования ландшафта территории, особое внимание уделялось изучению своеобразного рельефа заповедника. Были проведены структурно-геоморфологический анализ территории, изучение трещин, микроскопическое изучение пород и материала заполнения трещин. Полученные результаты свидетельствуют о важной роли новейших геодинамических процессов в формировании ландшафта изученного района и возникновении на его территории историко-археологических достопримечательностей.

**Ключевые слова:** геодинамика, неотектонические движения, Среднерусская возвышенность, структурно-геоморфологический анализ, музей-заповедник Дивногорье.

### ABSTRACT

The article is based on the results of complex geological-geomorphological researches conducted on the area of the Natural Park Divnogorie. The goal of the researches was to identify the connection of neotectonic movements with landscape features of the Park area, particular attention was paid to studying its peculiar topography. We have carried out structural-geomorphological analysis of the area, exploring the cracks and microscopic study of rocks and the material filling cracks. The results suggest an important role of the latest geodynamic processes in shaping the landscape of the area and forming the historical and archaeological sites here.

**Key words:** geodynamics, neotectonic movement, Middle Russian Upland, structural-geomorphological analysis, Natural Park Divnogorie.

Музей-заповедник Дивногорье расположен на юге Среднерусской возвышенности, в районе слияния рек Дон и Тихая Сосна, здесь на относительно небольшой площади сосредоточены многочисленные природные, историко-археологические и архитектурные достопримечательности. Это каньоны и останцовые формы рельефа - дивы, редкая экосистема петрофитной степи, в состав которой входят более 70 видов, относящихся к реликтам и эндемикам [1]; позднепалеолитические памятники с возрастом 13-14,5 тыс. лет; стоянки эпохи неолита с возрастом 8-6 тыс. лет [2], поселения и курганные захоронения бронзового века, 3,5-2 тыс. лет до н.э.; археологический объект федерального значения, памятник салтово-маяцкой культуры, Маяцкое городище, IX-X вв. [3]. Главная и наиболее известная достопримечательность заповедника – столбообразные меловые останцы-дивы, многие из которых являются частью уникальных пещерных храмовых комплексов, известных с XVI века.

В геоморфологическом отношении площадь заповедника принадлежит Калитвинско-Богучарскому геоморфологическому району, с сильно расчлененными полого волнистыми эрозионно-денудационными равнинами [1]. В геологическом строении рассматриваемой территории принимают участие древние породы фундамента

Восточно-Европейской платформ и более молодые палеозой-мезозой-кайнозойские отложения чехла, представленные главным образом меловыми и глинисто-карбонатными породами туронского и сантонского ярусов меловой системы. Коренные выходы этих пород повсеместно слагают уступы обрывов, долин рек и оврагов, они же образуют уникальные своеобразные формы рельефа - дивы, благодаря которым заповедник получил свое название и широкую известность.

В тектоническом отношении площадь заповедника расположена в пределах восточного крыла Воронежской антеклизы. Недавними исследованиями наших коллег в пределах восточного склона Воронежской антеклизы выявлены положения поднятия разного ранга. Активизация их на новейшем этапе сопровождалась образованием зон трещиноватости и разрывных нарушений, проявляющихся в рельефе в виде линеаментов, которые отражают структурные неоднородности и дислокации фундамента [6]. Территория музея-заповедника Дивногорье находится в северной части Острогожского поднятия, являющегося положительной структурой более мелкого порядка, осложняющей восточное крыло Воронежской антеклизы. Поднятие ограничено с запада, севера и востока новейшими прогибами Потуданским, Лискинским и

Павловско-Мамонским, соответственно. В свою очередь, на площади Острогжского поднятия выделяются новейшие локальные поднятия еще более мелких порядков, на одном из которых, Пуховском, в основном и локализуется музей-заповедник.

На площади заповедника был проведен структурно-геоморфологический анализ, позволяющий выявлять новейшие дислокации, как пликативные - поднятия и впадины, так и дизъюнктивные - зоны трещиноватости и разломы. В основе примененного метода лежит анализ рельефа, предусматривающий дешифрирование топографических карт и космоснимков и построение геолого-геоморфологических профилей. Кроме того, изучались системы трещин и зоны повышенной трещиноватости пород, их ориентировка, материал заполнения трещин, а также минералогические особенности строения пород района.

Проведенный структурно-геоморфологический анализ территории показал, что Острогжское поднятие является активно растущей структурой. Были установлены повышенные значения амплитуд развивающихся структур, что, по-видимому, обусловлено проявлением геодинамической активности этих областей, так как рельеф во многом является отражением проявлений геодинамических процессов. Вывод о росте Острогжского поднятия подтверждается полевыми наблюдениями и результатами изучения аэрофотоснимков [8]. Рост поднятия обусловил особенности строения речных долин Дона и Тихой Сосны и изменение направления их течения при приближении к поднятию. Дон, текущий с севера практически в меридиональном направлении, дойдя до границ поднятия, делает резкий поворот на восток, обтекая эту структуру, а затем снова разворачивается и продолжает свое течение в меридиональном направлении. Река Тихая Сосна, подходя к поднятию с запада, делает петлю и, меняя направление течения практически на обратное, огибает поднятие, следуя вдоль его северной границы. При приближении к Острогжскому поднятию реки Дон, Тихая Сосна и Потудань начинают меандрировать. В пойме Дона наблюдаются признаки подпруживания: заболачивание, наличие многочисленных старичных озер. Кроме того, на самом поднятии отмечается отчетливое сгущение эрозионной сети, устанавливается понижение уровня грунтовых вод [7]. Приведенные факты убедительно свидетельствуют об активном росте Острогжского поднятия, амплитуда которого за новейшее время оценивается более 200 м [5].

В результате изучения дизъюнктивных нарушений в породах заповедника были установлены зоны повышенной трещиноватости, которые прослеживаются в породах див, в то время как окружающие дивы породы несут в основном трещиноватость экзогенного характера, связанную с развитием десквамации. Следует отметить, что зоны повышенной трещиноватости, как и сохранившееся до наших дней дивы, имеют определенный «шаг», т.е. устанавливаются через каждые 35-

40 метров. Известно, что распределение зон повышенной трещиноватости и, как следствие, повышенной проницаемости пород, зависит от новейшей геодинамической активности района [4]. Формирование меловых останцов-див, по-видимому, также связано с неотектоническим ростом Острогжского и, осложняющего его, Пуховского поднятий. Очевидно, вследствие тектонических напряжений меловые породы были разбиты системами трещин, по которым затем циркулировали растворы, обусловившие кальматацию (заполнение, цементацию) трещин, о чем свидетельствуют проведенные нами минералогическими исследованиями.

В результате микроскопического изучения пород див и их трещин было выявлено наличие в веществе, выполняющем трещины, нехарактерной для окружающих дивы меловых толщ, состоящих практически нацело из кальцита, минерализации, представленной силикатами – адуляром и актинолитом. Кроме того, в материале заполнения трещин и в меловых породах самих див устанавливается повышенное, по сравнению с окружающими дивы карбонатными породами, содержание кремнезема. В карбонатном субстрате заполнения трещин халцедоновые скопления образуют сплошные участки размером несколько мм, тогда как во вмещающих породах устанавливается только рассеянное содержание халцедона, что может быть объяснено перераспределением силикатного вещества в результате циркуляции растворов. По-видимому, породы зон повышенной трещиноватости, за счет последующей кальматации и заполнения трещин силикатосодержащим материалом, оказались более устойчивыми к процессам выветривания и денудации. В результате разрушения окружающих менее прочных пород были сформированы цепочки останцов-див, возвышающихся над крутыми правыми бортами долин рек Дон и Тихая Сосна на высоту 60-70 м.

Таким образом, неотектонические движения, связанные с геодинамически активными зонами, во многом обусловили формирование в описываемом районе уникальных ландшафтов и историко-архитектурных объектов. Рост неотектонического Острогжского поднятия, привел к формированию возвышенного плато, ограниченного со стороны долин рек Дона и Тихая Сосна обрывистыми и бастионными формами рельефа. В результате рассматриваемая площадь превратилась в окруженную естественными водными преградами и крутыми обрывами природную крепость, что создало благоприятные условия для обитания здесь человека, начиная с конца палеолита до наших дней. Кроме того, неотектонический фактор во многом явился причиной возникновения своеобразных ландшафтов и экосистем. Выведение на поверхность меловых пород в сочетании с возникшим здесь микроклиматом обусловили формирование редкой петрофитной степной экосистемы. Возникновение основной достопримечательности заповедника – меловых останцов-див, по-видимому,

также обусловлено процессами, связанными с геодинамически активными зонами.

#### Список литературы:

1. Бережной А.В., Мильков Ф.В., Михно В.В. Дивногорье: природа и ландшафты. Воронеж. Изд. Воронежского ун-та, 1994, - 144 с.
2. Бессуднов А.Н., Бессуднов А.А. Новые верхнепалеолитические памятники у хутора Дивногорье на Среднем Дону/Российская археология, № 2. 2010, 13-18 с.
3. Гунько А.А., Кондратьева С.К., Степкин В.Н. Пещерные памятники Дивногорья. Атлас путешественника. Изд. ВГУ, г. Воронеж, 2014, - 44 с.
4. Зайцев В. А., Панина Л. В. Восточно-Европейская платформа: глубинная неотектоника и геодинамика // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты Матер. XLVII тектонического совещания. Т. 1. М.: ГЕОС, 2015. С. 156–160.
5. Карта новейшей тектоники Северной Евразии масштаба 1:5000000 /Под редакцией А. Ф. Грачева. М.: ГЕОС, 1998.
6. Панина Л.В., Зайцев В.А. Новейшая тектоника восточной части Воронежской антеклизы // Геологическая среда, минерагенические и сейсмотектонические процессы. Воронеж. Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2012. С. 256-260.
7. Romanovskaya M.A., Bessudnov A.N., Kuznetsova T.V. The Role of Neotectonics in Landscape Formation in What Is Now the Divnogorie Nature Park (Southern East European Plain). AGU Fall Meeting, 14-18 December, 2015, San Francisco.
8. Romanovskaya M.A., Kosevich N.I. Geomorphic Response to Neotectonic Rise of the Middle Russian Upland: the case of the Ostrogzhsk Uplift (European Russia). EGU General Assembly 2016, 17–22 April, 2016, Vienna, Austria.

## ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ОЧАГОВ ПО СЕЙСМОГЕОХИМИЧЕСКИМ ПОЛЯМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД АЗЕРБАЙДЖАНА

Национальная Академия Наук Азербайджана  
Республиканский Центр Сейсмологической Службы

**Керамова Рамида Ага-Дадаш гызы**

*Доктор геолого-минералогических наук РАН И НАНА, доцент, Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАН Азербайджана, г.Баку*

**Кудрявцева Елена Николаевна**

*Ст. научный сотрудник, Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАН Азербайджана, г.Баку*

**Абдулразагова Парвана Аждар гызы**

*Соискатель, Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАН Азербайджана, г.Баку*

**Османова Олеся Олеговна**

*Научный сотрудник, Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАН Азербайджана, г.Баку*

#### Аннотация

В Азербайджане, Шамахинский район относится к зоне повышенной сейсмической активности, поэтому исследования для оперативного прогноза землетрясений в этом регионе имеют большое научное и практическое значение и важность. В связи с этим круглогодичный мониторинг режима подземных вод в этом регионе для решения проблемы оперативного прогноза землетрясений является чрезвычайно информативным и перспективным.

#### Ключевые слова:

Сейсмофлюидогеодинамика (СФГД); гидрогеодеформационная зона (ГГДЗ); геодинамический режим; сейсмогидрогеохимический режим; напряженно-деформационное поле; сейсмический очаг; магнитуда; сейсмогеохимические поля; флюиды: подземные воды, растворённые газы, локальный участок поверхности Земли; объекты наблюдений: скважина, источник минеральной воды; гидрогеохимические, газогеохимические, радиогеохимические параметры; геохимическая станция; сейсмоактивная, т.е. сейсмогенная, зона; геохимический “портрет” очага; “образ”; идентификационный график.

### DIFFERENTIATION OF LOCATION OF SEISMIC SOURCES IN SEISMIC GEOCHEMICAL FIELDS IN THE UNDERGROUND WATERS OF AZERBAIJAN

**Keramova R.A., Kudravtseva E.N., Abdulrazagova P.A., Osmanova O.O/**

*Azerbaijan National Academy of Science*

*Republican Center of Seismic Survey*

*e-mail: [keramovar@mail.ru](mailto:keramovar@mail.ru)*

#### АБСТРАКТ

In Azerbaijan, Shamakhi district belongs to the zone of high seismic activity, so the research to the operational forecast of earthquakes in this region have great scientific and practical value and importance. In this connection all-the-year-round monitoring of a mode of underground waters in this region is extremely informative and perspective for a solution of a problem of the operative forecast earthquakes.

**Keywords**

Seismic fluid geodynamics (SFQD); gidrogeo deformation zone (GGDZ); geodynamic regime; seismic hydrochemical regime; stress strain field; seismic source; magnitude; of seismic field; fluids; the groundwater; dissolved gases; local land surface of the Earth; observing objects; well; mineral water source; hydrogeochemical; gas-geochemical; radiogeochemical options; geochemical station; seismically active zone; geochemical portrait of hearth; identification zone.

В Азербайджане Шамахинский район является самым сейсмически активным регионом юго-восточного склона Большого Кавказа. Учитывая научную и практическую важность исследований на данной территории в области прогноза землетрясений, в этом регионе с 1980 года по настоящее время (2016 г.) специалисты Республиканского Сейсмологического Центра при НАН Азербайджана (РЦСС при НАНА) проводят комплексные работы различными методами (сейсмологические, геофизические, сейсмогеохимические).

Круглогодичный мониторинг сейсмогеохимического режима в подземных водах Шамахинской сейсмоактивной зоны является чрезвычайно информативным и перспективным. Цель этих исследований: а) изучение влияния сейсмических процессов на объекты наблюдений; б) выявление информативных предвестников землетрясений; г) разработка экспресс-методов оперативной диагностики опасных сейсмических очагов по сейсмогеохимическим полям; д) оценка сейсмической обстановки в регионе в реальном режиме времени.

Рассмотрим результаты экспресс-метода дифференциации очагов землетрясений в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенерирующих зонах, которые были впервые разработаны авторами. Эта работа была выполнена на основе интерпретации круглогодичных данных по сейсмологическому и сейсмогидрогеохимическому мониторингу в этом регионе.

Известно, что в пределах одной, конкретной сейсмогенной зоны может быть выделено несколько разных типов сейсмических очагов [4, с.51]. В связи с этим, для достоверной оценки сейсмической опасности в конкретном регионе очень важно разработать экспресс-методы, которые позволят оперативно дифференцировать, выделить и спрогнозировать “опасный” очаг землетрясения, готовый к реализации в течение короткого времени. Одним из этих методов является сейсмогеохимический, который представлен сейсмогидро-, газо- и радиогеохимическим направлениями. Рассмотрим как была решена поставленная проблема.

Для её достижения необходимо было решить следующие важнейшие задачи: а) выявить и протестировать аномалии, которым соответствуют конкретные периоды времени до момента реализации сейсмического события; б) обработать по единой методике ряды круглогодичного сейсмо-

геохимического мониторинга флюидов; в) идентифицировать их по информативности в роли предвестников землетрясений. Для изучения влияния сейсмического поля гипоцентров Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зон на сейсмогидрогеохимический режим подземных вод этого региона, был сделан комплексный анализ фактического материала сейсмологического и сейсмогеохимического мониторинга (“База данных” Отделения “Сейсмология” и Отделения “Геохимия” РЦСС при НАНА, 1998-2011). Всего за указанный период (13 лет) были изучены параметры 892 землетрясений ( $m \geq 3.0$ ) и 575200 значений параметров сейсмогидрогеохимического (СГГХ) мониторинга в этом регионе. Ниже приведены результаты детальных исследований по каждому из вышеуказанных направлений, сейсмологическому и сейсмогидрогеохимическому.

Согласно опубликованным данным Ф.С.Ахмедбейли [2, с. 56] “напряженно-деформированное состояние в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах не стабильно во времени и пространстве”. Ясно, что оно зависит от геодинамического режима и физико-химических процессов, которые контролируют сейсмичность, а также – аномальное, короткопериодное изменение флюидогеодинамической обстановки в регионе. На рис. 1-2. отражены местоположение сейсмических очагов и сейсмическая активность региона за 13-ть лет (1998-2011 гг.). На основе анализа сейсмологической “Базы данных...” было установлено, что магнитуда реализованных землетрясений варьировала в интервале  $m = 3.0 \div 5.6$ ;  $M_{pv} = 3.0 \div 5.0$ , а их очаги – на глубинах  $h = 5 \div 47$  км. В своей работе Ф.С.Ахмедбейли отметил, что “нижняя граница этих гипоцентров, в зависимости от местоположения сейсмического очага, соответствует т.н. гранитному или базальтовому слоям, и проходит в низах земной коры и в верхней части мантии”. Анализ сейсмологических данных выявил важный факт: магнитуда большинства реализованных землетрясений была невысокая. В основном, они относятся к разряду очень слабых ( $m \leq 4.0$ ;  $M_{pv} \leq 4.8$ ;  $K \leq 10.4$ ) или слабых ( $m = 4.1 \div 4.8$ ;  $M_{pv} = 4.8 \div 5.5$ ;  $K = 10.5 \div 11.6$ ) сейсмособытий, но частота их реализации довольно высока (от 50 до 200 в 1 год). Причём, наиболее интенсивными были землетрясения в 2005 и 2011 гг.



Рис.1. Очаги землетрясений, реализованные в Шамахинском районе Азербайджана (1999-2011 гг. ).

Важное значение для разработанного нами экспресс-метода дифференциации сейсмических очагов по аномалиям в сейсмогеохимических полях флюидов в пределах одной сейсмозоны имел следующий вывод Ф.С.Ахмедбейли: “очаги и очаговые зоны землетрясений, как тектонические структуры, следует дифференцировать в зависимости от целого ряда факторов: их глубинного интервала, т.е. мощности деформируемой толщи; характера сопряжения со смежными геологическими телами; интенсивности (плотности) распределения эпицентров в сейсмоактивном регионе; состава горных пород и реологических условий среды (очага)”.

Кроме этого вывода, также важное значение для наших исследований имеют исследования С.Т.Агаевой (С.Агаева, 1999), которые показали, что в 60% случаев механизмы очагов слабых и сильных землетрясений совпадают. Косвенно этот факт подтверждает ранее установленную закономерность Керамовой Р.А., что сейсмогеохимические “портреты” сейсмических очагов индивидуальны и стабильны для каждого конкретного сейсмического очага или очаговой зоны. Незначительная разница будет зависеть от разницы в магнитуде и глубины залегания реализованного очага.

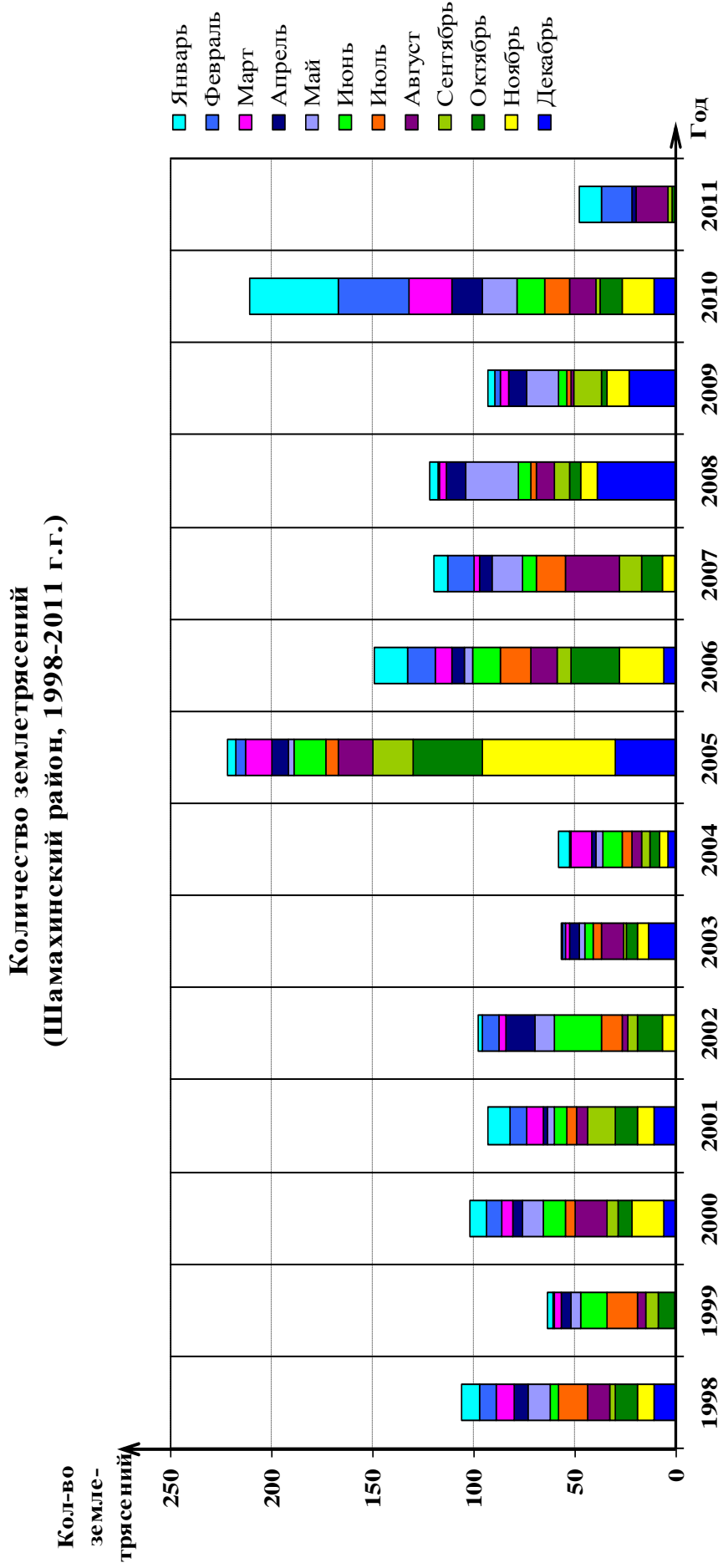


Рис. 2. Гистограммы распределения землетрясений Шамахинской сейсмогенной зоны (1998-2011 гг.).

Особо отметим, что местные гипоцентры удалены от объектов сейсмогидрогеохимического мониторинга в Шамахинской сейсмозоне на расстояние  $\Delta=6\div 15$  км. А объекты наблюдений представлены подземными водами артезианских, субартезианских скважин и источниками минеральных вод. Они имеют разный ионно-солевой состав и генезис.

При сравнении карты расположения очагов землетрясений за период времени 1998-2011 гг. в Шамахинской сейсмогенной зоне, нами был сделан вывод о том, что, в основном, гипоцентры землетрясений можно разделить на 2 (две) локальные зоны: а) высокогорная, Мыхтокянская; б) предгорная, Маразинская. Причём, повышенная сейсмоактивность (по магнитуде) более характерна для горной части региона. Также нами была установлена каскадная активизация участков внутри одной, конкретной сейсмозоны. Однако, в целом оказалось, что сильные землетрясения группируются вдоль северной ветви регионально-глубинного Вандамского разлома – Шамаха-Вандамской. Она, аналогично основному разлому, трассируется также в субмеридианальном направлении.

Такая высокая сейсмичность данного региона обусловлена тем, что он находится в пределах южного склона мегантиклинория Большого Кавказа, который имеет сложное геологическое строение и в сейсмическом отношении является чрезвычайно активным.

Из опубликованных материалов по тектонике региона известно (Э.Ш.Шихалибейли, 1967, 1996; Р.А.Агамирзоев, 1976), что в предгорной, Маразинской зоне сейсмические очаги тяготеют к южной ветви Вандамского разлома – Алазань-Агричай-Алятскому разлому. Он также относится к крупным региональным разломам глубокого заложения, проникает почти до подошвы земной коры и простирается от западных границ Азербайджана до шельфовой зоны Каспийского моря. По результатам геолого-тектонических (Э.Ш.Шихалибейли, 1967, 1996) и сейсмотектонических (Р.А.Агамирзоев, 1976) исследований, здесь выявлены Вандамская, Шамаха-Вандамская и Шамаха-Аджичайская сейсмогенные зоны.

А теперь рассмотрим результаты, полученные на основе интерпретации и анализа “Базы данных СГГХ мониторинга подземных вод в Шамахинском районе...” за 13-ть лет (1998-2011 гг.). Нами был детально изучен режим круглогодичных пространственно-временных вариаций 12-ти параметров ионно-солевого состава. Он представлен следующими ионами: [pH; Eh; CO<sub>3</sub>; HCO<sub>3</sub>;  $\Sigma(\text{Cl, Br, I})$ ; SO<sub>4</sub>; общая жёсткость; Ca; Mg;  $\Sigma(\text{Na, K})$ ; минерализация;  $\Sigma[(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})]$ . При сопоставлении сейсмологического материала и “Базы данных СГГХ мониторинга подземных вод в Шамахинском районе...” были выявлены информативные, сейсмогидрогеохимические параметры-индикаторы землетрясений. Их концентрация короткопериодно изменялась непосредственно перед реализацией местных, Шамахинских землетрясений. Отметим,

что предыдущими исследованиями Керамовой Р.А. (Керамова, 2004-2009) были установлены следующие важные закономерности:

а) короткопериодное аномальное возмущение сейсмогеохимического поля флюидов на объектах наблюдений возникает только на заключительном этапе подготовки землетрясения, который соответствует 1÷16 дням;

б) комбинации информативных сейсмогеохимических параметров в сейсмогеохимических “портретах” сейсмических очагов индивидуальны и стабильны для каждого конкретного сейсмического очага или очаговой зоны; в) сейсмогеохимические “портреты” сейсмических очагов или сейсмогенных зон индивидуальны и стабильны для каждого конкретного объекта сейсмогеохимического мониторинга.

На основе вышеуказанных 3-х закономерностей этим автором впервые был разработан экспресс-метод идентификации сейсмических очагов по аномалиям в сейсмогеохимических полях флюидов Азербайджана. Для этого был создан идентификационный график – сейсмогеохимический “портрет” сейсмического очага. На нём отражаются все комбинации СГГХ элементов-индикаторов, характерные для конкретных, реализованных землетрясений в конкретном объекте мониторинга. В результате, на основе комплексно систематизированных, обобщенных и проанализированных сейсмологических и сейсмогеохимических материалов, впервые ею был создан “Атлас идентификации сейсмических очагов по сейсмогеохимическим полям флюидов Азербайджана” за период 1986-2016 гг. Эта разработка не имеет аналогов в мировой практике сейсмопрогностических работ.

В связи с вышеизложенным, на основе применения данного экспресс-метода, на рис.3.-6. отражены вариации аномальных СГГХ параметров и сейсмогеохимические “портреты” очагов конкретных сейсмических событий ( $m \geq 3.0$ ;  $M_{pv} \geq 4.0$ ), которые произошли в Шамахинской высокогорной зоне, в районе Мыхтокянского хребта (сел. Дямичи и Чухурюрд). В частности, было установлено, что процесс подготовки землетрясений, очаги которых трассируются в Шамаха-Вандамском сегменте Вандамского регионально-глубинного разлома, вблизи селений Дямичи и Чухурюрд, сопровождается короткопериодным (7÷12 дней), аномальным изменением СГГХ поля в подземных водах региона. При этом, были выявлены наиболее характерные как информативные элементы-предвестники землетрясений этого участка, так и комбинации следующих ионов: щелочно-кислотные свойства среды миграции (pH), карбонат (CO<sub>3</sub>), гидрокарбонат (HCO<sub>3</sub>), сумма хлорбром-йода ( $\Sigma(\text{Cl, Br, I})$ ), сульфат (SO<sub>4</sub>), сумма натрия и калия  $\Sigma(\text{Na, K})$ .

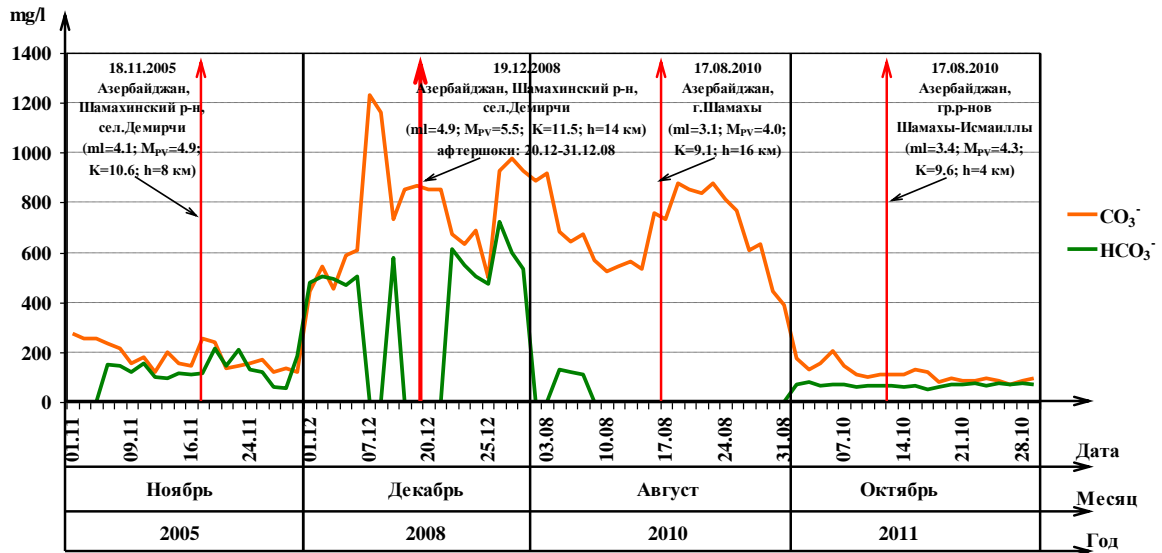
Для предгорной, Маразинской зоны Шамахинского района, была установлена аналогичная закономерность: аномальное, короткопериодное изменение концентрации сейсмогидрогеохимического поля относительно фоновых, среднесезон-



ных значений при подготовке сейсмических очагов к реализации землетрясений. Однако наличие комбинаций информативных параметров этой зоны кардинально отличалось от Мыхтоянской.

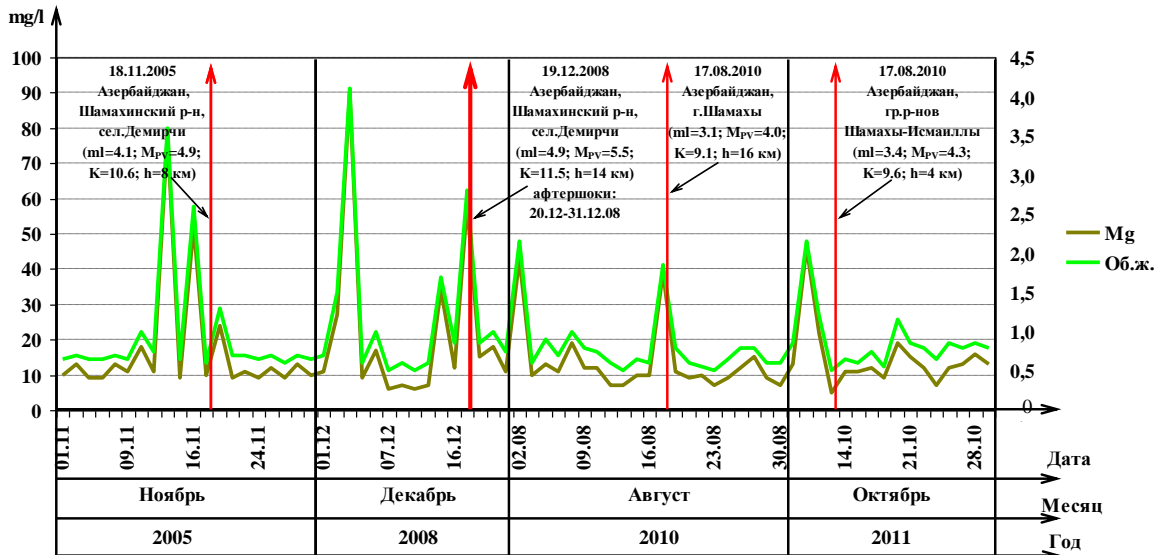
Этот факт подтвердил ранее установленную закономерность (Керамова, 2004): комбинации информативных сейсмогеохимических параметров индивидуальны

**Зона Вандамского разлома, Шамахинский район,  
очаги землетрясений Мыхтоянского хребта  
(Шамахинский район, сгх/ст. "Чухурюрд", скв. "Чухурюрд №49")**



3. Рис. 3. Вариации информативных сейсмогеохимических параметров на заключительном этапе подготовки Шамахинских землетрясений (2005-2011 гг.).

**Зона Вандамского разлома, Шамахинский район,  
очаги землетрясений Мыхтоянского хребта  
(Абшеронский район, сгх/ст. "Биби-Хейбят", скв. "Шихово №1")**



4. Рис. 4. Вариации информативных сейсмогеохимических параметров на заключительном этапе подготовки Шамахинских землетрясений (2005-2011 гг.).



Азербайджан - г. Мараза  
 (28.04.09;  $m_l=3.3$ ;  $M_{PV}=4.2$ ;  $K=9.5$ ;  $h=18$  км)  
 ( $\varphi=40.49$ ;  $\lambda=48.94$ )

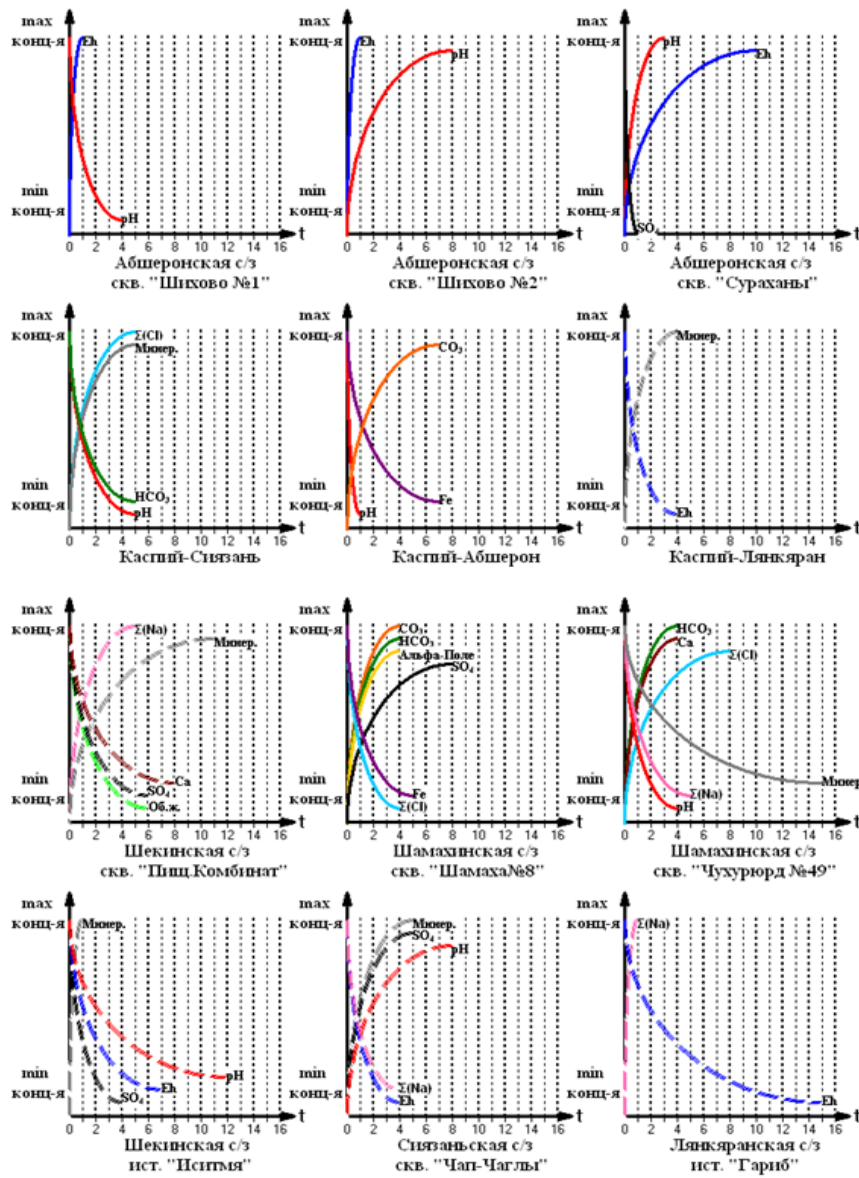


Рис. 5. Сейсмогеохимический «портрет» сейсмического очага.

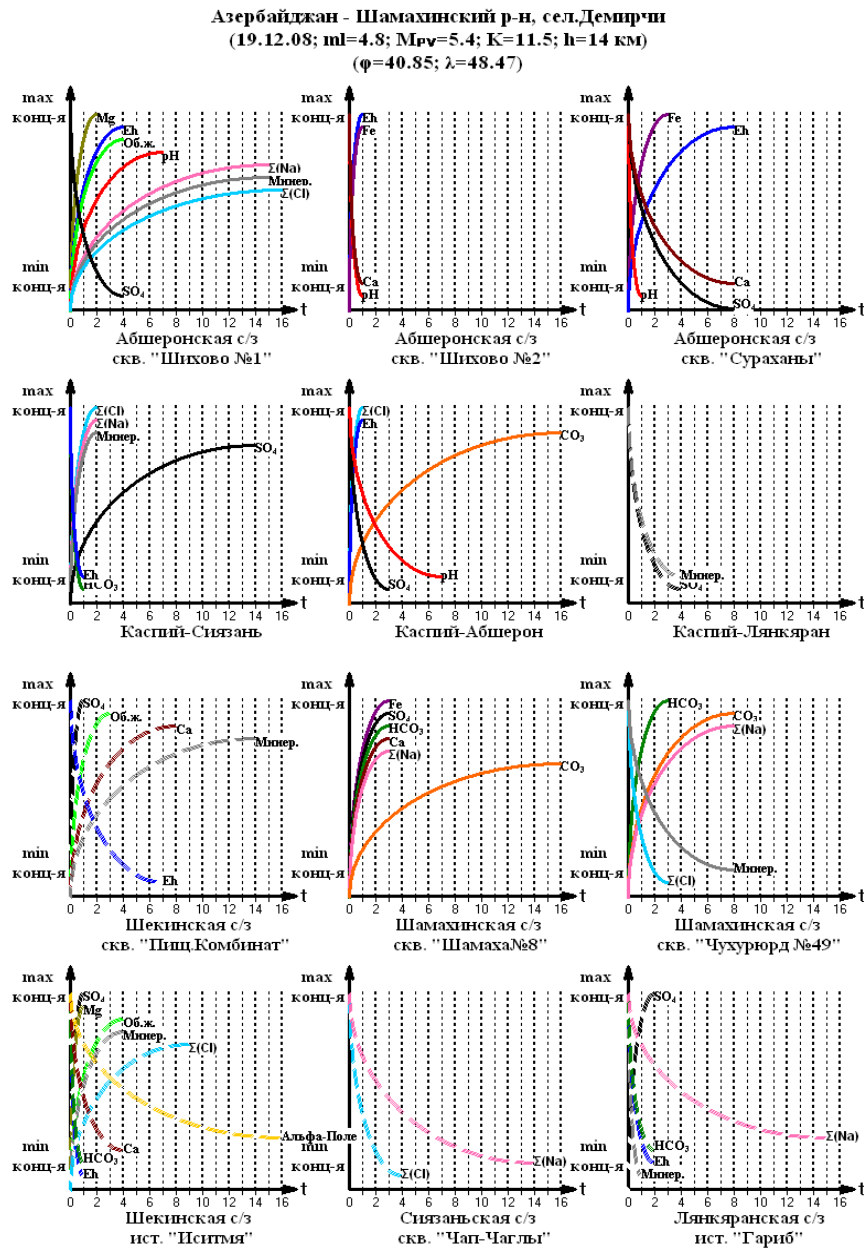


Рис. 6. Сейсмогеохимический «портрет» сейсмического очага.

Отметим, что для предгорной, Маразинской локальной сейсмозоны информативными сейсмогеохимическими параметрами являются следующие ионы: кислотно-щелочные свойства среды (рН), окислительно-восстановительные свойства среды (Eh), сумма хлора, брома, йода  $[\Sigma(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})]$ , сульфат ( $\text{SO}_4$ ), магний (Mg), сумма натрия, калия  $[\Sigma(\text{Na}, \text{K})]$ , минерализация (M);

Таким образом, в результате выполненных исследований на основе анализа материалов из «Базы сейсмологических данных...» и «Базы сейсмогидрогеохимических данных...» по Шамахинскому району нами были установлены следующие новые закономерности:

1) землетрясения, которые произошли в пределах выделенной локальной сейсмозоны, характеризуются наличием одинаковых комбинаций

СГГХ параметров, т.е. подобием в проявлении сейсмопрогностических признаков. Очевидно, данный факт обусловлен сходством геологическими условиями формирования очагов землетрясений в одинаковых, локальных участках и единством механизма геодинамических факторов.

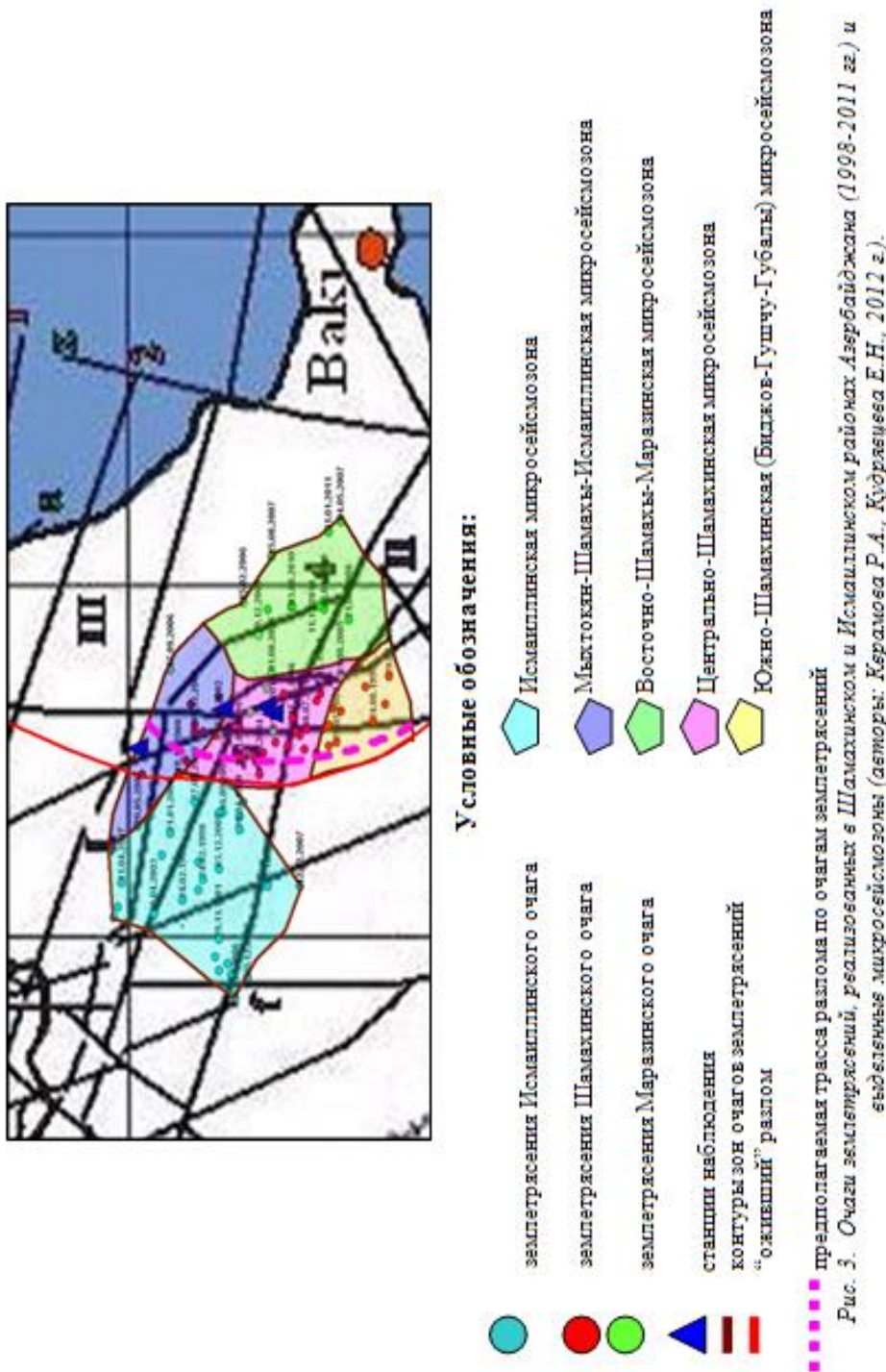
2) один и тот же СГГХ параметр в разных объектах, в конкретный день до сейсмособытия может проявиться в виде положительной и отрицательной аномалии. Этот факт свидетельствует о подготовке к реализации одновременно нескольких очагов землетрясений, которые имеют разный механизм действия и разные координаты внутри одной очаговой зоны.

На этой закономерности основан экспресс-метод дифференциации местоположения («диапазон-интервал» координат) сейсмических очагов

по аномалиям в сейсмогеохимических полях флюидов внутри единой, конкретной сейсмогенной зоны. Эти зоны дифференциации были названы микросейсмозонами внутри конкретных сейсмогенных зон. Они отражены на тектонической карте М 1:1 000 000 глубинных разломе (рис. 7.) доальпийского фундамента, с учетом новейших геофизических данных (Т.Н.Кенгерли, А.М.Алиев). В частности, конкретные комбинации сейсмогеохимических параметров являются предвестниками землетрясений ( $m \geq 4.0, h \geq 3 \text{ км}$ ) в конкретной из 5-ти выявленных сейсмомикронзон:

а) Исмаиллинская; б) Мыхтокянская; в) Центрально- Шамахинская; г) Восточно-Шамахи-Маразинская; д) Южно-Шамахинская (Гушчинская).

Следует особо отметить, что установленные в представленной работе закономерности о наличии микросейсмогенных зон в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмонах были включены в “Важнейшие результаты НАН Азербайджана за 2012 г.” Эти результаты были получены для региона, в котором ранее другими известными учёными был исследован каждый сантиметр.



**ВЫВОДЫ:**

На основе анализа “Базы Данных” сейсмологического и сейсмогеохимического материалов, поступающих в круглогодичном режиме, за период времени 1998-2011 гг. впервые были установлены следующие важные закономерности:

1. По аномалиям в сейсмогеохимических полях флюидов, в пределах одной сейсмогенной зоны, можно локализовать разнотипные по механизму сейсмические очаги и выявить их приуроченность к разным тектоническим структурам.

2. Всю группу очагов можно условно разделить на две (2) большие группы – верхнюю и нижнюю. Внутри них чётко выделяются 4 (четыре) более мелкие группы гипоцентров, которые условно названы нами микросейсмозонами: а) горная зона – окрестности Мыхтокянского хребта; б) предгорная зона – Шамахи-Маразинская группа.

3. Выявленные аномалии в геохимических полях флюидов возникают только на заключительном этапе подготовки землетрясений в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах. Этот интервал времени, в основном равен 7÷12 дням.

4. Впервые по результатам многолетнего мониторинга сейсмогеохимических полей в Шамахинской и Исмаиллинской сейсмогенных зонах на основе комбинаций геохимических параметров выделены 5 микросейсмозон.

5. Конкретные сочетания сейсмогеохимических параметров являются предвестниками землетрясений ( $m_l \geq 4.0$ ;  $h \geq 3$  км) в конкретной из 5-ти выявленных сейсмомикрозон.

Подводя итог результатам настоящей работы, отметим, что разработанный экспресс-метод дифференциации очаговых зон землетрясений по аномалиям круглогодичного сейсмогидрогеохимиче-

ского мониторинга флюидов, имеет важное значение для решения проблемы оперативного сейсмопрогноза в наиболее активных сейсмогенных зонах Азербайджана – Шамахинской и Исмаиллинской.

**Литература**

1. Шихалибейли Э.Ш. 1996. – Некоторые проблемные вопросы геологического строения и тектоники Азербайджана. Изд. “Элм”, Баку. 1996.

2. Ахмедбейли Ф.С., Гасанов А.Г. 2004. – Тектонические типы сейсмических очагов Азербайджана. Изд. “Элм”. Баку. С. 46-59.

3. Т.Кенгерли, А.Алиев. 2002. – Карта глубинных разломов доальпийского фундамента в Азербайджане (М 1:1000000). Баку. Институт Геологии НАНА.

4. Каталог сейсмопрогностических наблюдений на территории Азербайджана. 2005-2011 гг. РЦСС при НАН Азербайджана. Изд. “Элм”. Баку.

5. Керимова Р.А. - Сейсмичность и геохимические поля флюидов Азербайджана. Автореферат докторской диссертации. М., Институт Физики Земли, 2004.

6. Керимова Р.А. - Оперативная диагностика сейсмических очагов сильных землетрясений ( $M \geq 5.5$ ) по геохимическим аномалиям флюидов Азербайджана. //Физика Земли. М. № 4, 2005, с. 29-43.

7. Keramova R.A. - The express-methods of the on-line forecast of “horizons of magnitude, time and the site” of the earthquake center on geochemical fields of fluids. //Science without borders. Volume 3. 2007/2008. p. 424-432.

8. Keramova R.A. - Results of use of express-methods of the operative forecast of earthquakes on geochemical fields of fluids in Azerbaijan (2001-2007). //Science without borders. Volume 3. 2007/2008. p. 436-443.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## УМЕНЬШЕНИЕ РАЗМЕРОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЖАТИЯ, И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ВОССТАНОВЛЕНИЯ В КОДЕКЕ ДИРАК

*Nosirov Khabibullo Khikmatullo o'g'li*

*Старший научный сотрудник-соискатель, Ташкентский университет информационных технологий, г. Ташкент, Узбекистан  
n.khabibullo1990@gmail.com*

### Аннотация

В статье рассматривается влияния масштабирования изображений на степень сжатия и качество восстановленных изображений в кодеке Dirac. Приводятся результаты исследований вейвлет функций.

### Abstract

The article deals with effect of scaling frames on the degree of compression and the quality of reconstructed images in the codec Dirac. Results of wavelet functions research are given.

**Ключевые слова:** сжатие, видео, кодек, коэффициент сжатия, масштабирование, качество восстановления.

**Keywords:** compression, video, codec, compression coefficient, scaling, restoring quality.

В период быстрого развития информационных технологий, когда объемы передаваемой информации измеряется в гигабайтах и даже терабайтах, разработка высокоэффективных алгоритмов и методов сжатия видеoinформации остается актуальным.

На сегодняшний день из существующих кодеков наиболее большее распространение получили кодеки на основе модифицированного дискретно косинусного преобразования (МДКП) и кодеки на основе вейвлет преобразования. Последние дают лучшее качество восстановленных изображений при больших коэффициентах сжатия сравнительно МДКП. Одним из таких кодеков является Дирак.

Существует несколько типов вейвлет функции, которые в зависимости от сюжета кадра дают разные показатели качества и коэффициента сжатия. Коэффициент сжатия зависит от размеров кадра, и уменьшение исходного размера (масштабирование) кадра увеличит коэффициент сжатия.

Дирак это кодек, разработанный английской компаний BBC, позволяющий сжимать последовательность изображений на основе заранее выбранных пользователем параметров. Он является программой с открытым кодом, созданный в исследовательских целях [1]. Для исследования, используя библиотеки Dirac.

Таблица 1.

Коэффициенты сжатия, полученные при сжатии вейвлет функциями

Deslauriers-Dubuc(9,7)									
Качество Изображение	3			7			10		
	с (раз)	без (раз)	К (раз)	с (раз)	без (раз)	К (раз)	с (раз)	без (раз)	К (раз)
Apple	334,6	118,0	2,8	76,0	22,8	3,3	23,6	7,1	3,3
Music	202,1	72,0	2,8	53,7	19,6	2,7	21,8	7,1	3,1
Rio2016	435,7	189,4	2,3	150,8	71,5	2,1	81,2	37,3	2,2
Wall e	366,5	122,7	3,0	90,9	31,1	2,9	38,1	12,7	3,0
Legal (5,3)									
Apple	337	115	2,9	76,1	22	3,5	24	7,4	3,2
Music	205	68,9	3,0	51,2	18	2,9	21	6,9	3,1
Rio2016	431	186	2,3	152	67	2,3	79	33	2,4
Wall e	349	120	2,9	89,9	29	3,1	36	12	3,0
Deslaurers-Dubuc(13,7)									
Apple	321	111	2,9	75,2	21	3,6	23	7,1	3,3
Music	199	70	2,8	51,3	18	2,9	21	6,9	3,0
Rio2016	414	177	2,3	146	65	2,2	73	32	2,3
Wall e	343	114	3,0	86,6	28	3,1	34	12	3,0
Haar, no shift per level									
Apple	240	79,2	3,0	66,1	21	3,2	23	7	3,2
Music	160	52,2	3,1	46	16	2,9	20	6,2	3,2
Rio2016	361	160	2,3	169	74	2,3	103	38	2,7
Wall e	280	92	3,0	82,8	27	3,1	38	12	3,0



В Дираке возможно выбирать несколько вариантов вейвлет функций, как Deslauriers-Debuc(9,7), LeGall(5,3), Deslauriers-Debuc(13,7), Haar, Daubechies и другие[6,7]. Предполагалось, что применив, метод масштабирования (двух кратное уменьшение размеров по вертикали и по горизонтали) перед сжатием кодека Дирак коэффициент сжатия увеличится в 4 раза [2]. Для исследования влияния масштабирования на степень сжатия было выбрана, кодировка YUV444, выбрали первые четыре из вышеперечисленных вейвлет функций, качество из 10: 10—чтобы взять ориентир максимального качества, 7—самое оптимальное хорошее качество [3], 3—качество, где средние объекты изображения, различаемые.

Полученные экспериментальные данные сформированы в табличном виде и представлены в разных таблицах, относительно вейвлет функций.

В таблице столбцы «с» и «без», означают с применением масштабирования и без применения соответственно, К – коэффициент выигрыша от

применения масштабирования относительно сжатия без масштабирования.

Из таблицы видно, что коэффициент К в общем случае больше получается при применении масштабирования с вейвлетом Haar, Deslauriers-Dubuc(13,7) и Legal (5,3) относительно одинаковы и чуть меньше предыдущего, не значительно меньше Deslauriers-Dubuc(9,7). Можно также заметить, что масштабирование изображения «Apple», во всех четырех вейвлетах выдает большее степень сжатия, особенно вейвлеты Legal (5,3) и Deslauriers-Dubuc(13,7) дают максимальные значения при качестве 7, 3,5 и 3,6 соответственно.

Выше перечисленные выводы хорошо видны в гистограмме (рис.1), где хорошо заметно, что в изображении Rio2016 коэффициент К заметно меньше, чем в остальных. Это из-за того, что изображение относительно однородное и коэффициенты сжатия сами по себе большие, и выигрыш от применения масштабирования не высок.

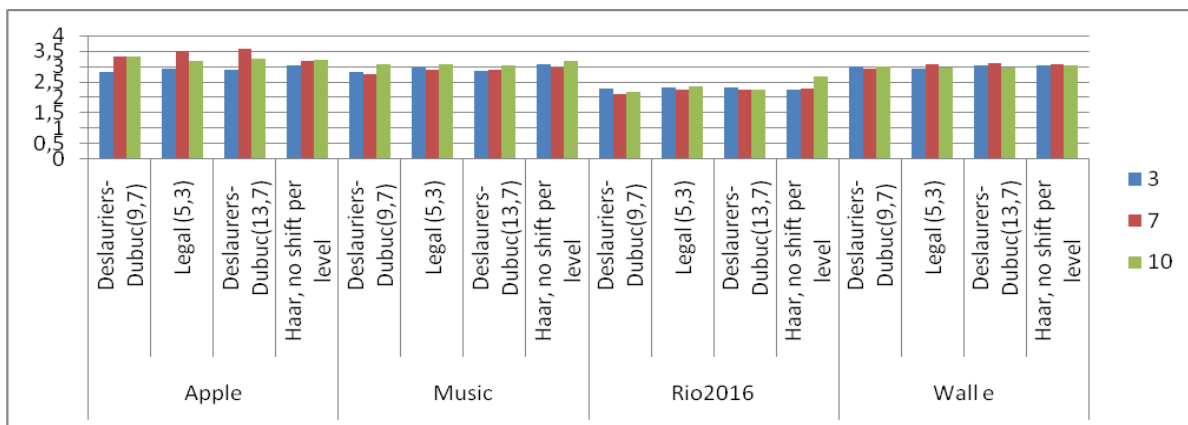


Рис. 1. Гистограмма коэффициента K в зависимости вейвлет функций.

Не смотря на большой выигрыш (минимум 2,1 раза и максимум 3,6 раз), в этом методе есть недостаток восстановления, которое можно устранить с использованием улучшенных методов демасштабирования.

Вейвлет функции дают хорошее качество восстановленных изображений в больших коэффициентах сжатия [4,5,6]. Применение масштабирования перед вейвлет преобразований дает в среднем трехкратное увеличение коэффициента сжатия, что дает выигрыш в среднем 90 кратном уменьшении размера исходного изображения.

#### Список литературы:

1. Dirac developer support, <http://dirac.sourceforge.net/index.html>
2. I.A.Gavrilov, A.N.Puziy, Kh.Kh.Nosirov, Efficiency Estimation And Features Analysis Of Actual Video Codecs, International Journal of Computer Science & Information Technology, IJCSIT, Volume 3, Issue 2 (April 2016). e-ISSN: 1694-2329, p-ISSN: 1694-2345, p.1-5
1. X.X.Носиров, Т.Г.Рахимов, Комбинированный метод сжатия вещательной видеoinформации, Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции «Проблемы

информационных и телекоммуникационных технологий», Ташкент 2015

2. Бобобекова Д. Б. Исследование зависимости эффективности сжатия изображений от выбора типа вейвлет фильтра. Тезисы доклада в сборнике республиканской научно-технической конференции молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов «Информационные технологии и проблемы телекоммуникаций» часть 4, проходившей 14 марта 2013 г. в Ташкенте. С.178-179.

3. Гаврилов И.А., Пузий А.Н. Вейвлет видеокодек с большой величиной сжатия видеопотока. Статья в сборнике докладов Республиканской научно-технической конференции «проблемы информационных и Телекоммуникационных технологий» проходившей 12-13 марта 2015 года в г. Ташкенте ТОМ III с. с.389-392.

4. Исмаилова З.А. Анализ интерполяционных методов масштабирования изображений. Статья в сборнике докладов Республиканской научно-технической конференции «проблемы информационных и Телекоммуникационных технологий» проходившей 12-13 марта 2015 года в г. Ташкенте ТОМ III с.408-411

5. Мухамедова Д.Б. Обеспечение больших коэффициентов сжатия видеопотоков в реальном масштабе времени. Статья в сборнике докладов Республиканской научно-технической конференции «проблемы информационных и Телекоммуникационных технологий» проходившей 12-13 марта 2015 года в г. Ташкенте ТОМ III с.419-421.

6. И.А. Гаврилов И.А., А.Н. Пузий, Р.И. Бабаян. Инструментальное программное обеспечение для оценки эффективности масштабирован-

ных преобразований ТВ изображений. Статья в сборнике статей международной научно-технической конференции «Радиоэлектроника, информационные и телекоммуникационные технологии: проблемы и развитие», проходившей 21-22 мая 2015 г. в Ташкенте. 1-том. с.243-246.

7. Э.А.Исмаилова, Х.А.Исмаилов. Инструментальное программное обеспечение для исследования интерполяторов на основе вейвлет-фильтров LEGALL 5/3 и DESLAUREIS-DUBUC 9/7

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДЕГРАДАЦИИ ПОРОХОВОГО ЗАРЯДА РЕАКТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ МОРСКОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

*Новиков Владимир Витальевич*

*доктор технических наук, профессор, профессор кафедры, г. Севастополь;*

*Синкин Сергей Владимирович*

*кандидат военных наук, начальник кафедры, г. Севастополь;*

*Больших Александр Александрович*

*преподаватель кафедры, г. Севастополь;*

*E-mail: bolshucha@yandex.ru*

*Русин Вадим Витальевич*

*старший преподаватель кафедры, г. Севастополь.*

## DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF DEGRADATION OF THE POWDER CHARGE JET PRODUCTS, MARINE ITEMS

*Novikov Vladimir Vitalyevich*

*doctor of technical sciences, professor, professor of department, Sevastopol;*

*Sinkin Sergey Vladimirovich*

*candidate of military sciences, head of the Department, Sevastopol;*

*Bolshich Aleksandr Aleksandrovich*

*lecturer of the Department, Sevastopol;*

*Rusin Vadim Vitalyevich.*

*senior lecturer of the Department, Sevastopol.*

### АННОТАЦИЯ

Введен коэффициент деградации порохового заряда реактивных изделий морской номенклатуры длительных сроков хранения. Установлена поправка на геронтологическое изменение порохового заряда по коррекции траектории и дальности стрельбы РГБ длительных сроков хранения.

### ABSTRACT

Introduced the factor of degradation of the powder charge of a jet marine products item long-term storage. Set the correction for aging changes of the powder charge for the correction of the trajectory and range of RGB long-term storage.

**Ключевые слова:** геронтологические изменения, дальность стрельбы, реактивные изделия.

**Key words:** gerontological changes, range, reactive products.

В настоящее время в Военно-Морском Флоте на текущем хранении находится большое количество реактивных изделий морской номенклатуры, срок которых превышает гарантийный (от 25 до 45 лет). На данный момент не существует подхода по определению точности стрельбы указанных реактивных изделий длительных сроков хранения. В этой связи важное значение приобретает задача по повышению их точности стрельбы – одного из главных критериев эффективности использования.

В качестве исследуемого объекта рассмотрим реактивные глубинные бомбы (РГБ) номенклатуры минно-торпедного вооружения. Это корабельное вооружение обслуживает ближнюю зону противолодочной обороны, которая недоступна при применении ракетного оружия.

Для повышения точности стрельбы РГБ, после гарантийного срока хранения, проведен анализ влияния срока хранения указанных боеприпасов на основные боевые характеристики [1]. Анализ проводили, используя данные практических стрельб, выполненных в ходе боевой подготовки Черноморского флота Российской Федерации.

Проведенный анализ показал, что все РГБ, находящиеся на хранении в интервале от 25 до 40 лет, характеризуются недолетами [2, 3]. Кроме этого, с увеличением диапазона недолетов следует ожидать увеличения площади эллипса и расстояний между точками падения РГБ в воду, что в свою очередь снизит степень воздействия на цель типа «подводная лодка», поскольку при массе взрывчатого вещества в тротиловом эквиваленте



100 кг глубинная бомба имеет радиус поражения подводной лодки 6-7 м [4].

Проанализировав [5, 6] можно сделать выводы, что пороховой заряд (ПЗ) реактивного двигателя твердого топлива (РДТТ) РГБ, при длительных сроках хранения, теряет свои свойства, за счет испарения летучих компонентов и примесей. Это ведет к уменьшению массы, а, следовательно, и к уменьшению времени горения порохового заряда РДТТ. Данные изменения ПЗ приводят к понижению точности стрельбы РГБ.

Поскольку выявлена прямая зависимость сроков хранения, скорости и времени горения, а соответственно дальности полета снарядов с этими порохами становится понятно о целесообразности введения коэффициента деградации ( $K_{дегр}$ ), который используется для коррекции исходных данных при стрельбе РГБ на заданную дистанцию.

На рисунке 1 показана схема к оценке фактических недолетов РГБ длительных сроков хранения.

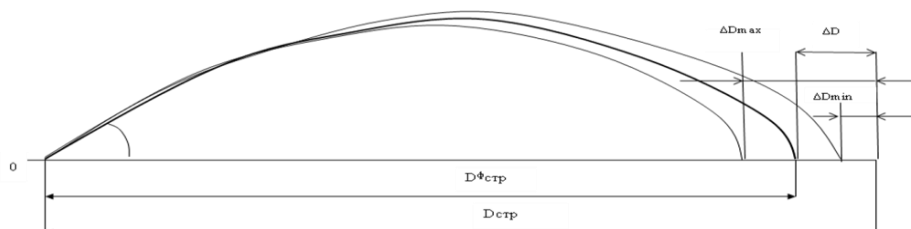


Рисунок 1 - Схема к оценке фактических недолетов РГБ длительных сроков хранения

Причем,  $\Delta D_{\min} \leq \Delta \bar{D} \leq \Delta D_{\max}$

Тогда,

$$D_{стр}^{\phi} = D_{стр} - \Delta \bar{D}, \quad (1)$$

где  $D_{стр}^{\phi}$  - фактическая дистанция стрельбы;

$\Delta \bar{D}$  - среднearифметическая величина недолета;

$D_{стр}$  - заданная дистанция стрельбы.

В правой части выражения (1) вынесим за скобки  $D_{стр}$  и получим:

$$D_{стр}^{\phi} = D_{стр} \left( 1 - \frac{\Delta \bar{D}}{D_{стр}} \right), \quad (2)$$

Выражение в скобках фактически представляет собой дальность в долях с учетом недолета. Этот недолет связан с истощением порохового заряда РДТТ в виду его длительного хранения.

Выражение в скобках целесообразно назвать коэффициентом деградации порохового заряда ( $K_{дегр}$ ):

$$K_{дегр} = 1 - \frac{\Delta \bar{D}}{D_{стр}}, \quad (3)$$

Проанализировав [2, 3] следует подчеркнуть, что в выражении (3)  $\Delta \bar{D}$  соответствует такому фактическому распределению недолетов, что оно характеризуется равномерностью. Однако, данные [7] показывают, что в диапазоне сроков хранения от 29 до 41 года распределение недолетов не равномерно, а характеризуется следующими соотношениями: для 25 % выстрелов  $\Delta D$  составляет величину более 5% от  $D$ , для 37,5 % - от 3 до 5%, а для 37,5 % менее 3% от  $D$ . Таким образом

можно заключить, что у 60% РГБ срок хранения которых составляет 41 год наблюдается недолет превышающий 3% дальности стрельбы.

В этой связи для повышения точности определения дальности стрельбы по выражению (2), которое с учетом (3) примет вид:

$$D_{стр}^{\phi} = D_{стр} K_{дегр}, \quad (4)$$

При вычислении  $K_{дегр}$  по (3) целесообразно пользоваться не среднearифметической величиной недолета  $\Delta \bar{D}$ , а средневзвешанной величиной недоleta  $\Delta \bar{D}$ .

Как видно, коэффициент деградации ПЗ зависит от времени хранения боеприпасов, так как со временем происходит испарение летучих компонентов и примесей ПЗ РДТТ неуправляемых реактивных снарядов.

При сроках хранения боеприпасов 22 – 24 года летучие компоненты и примеси порохового заряда испаряются примерно на ~ 11%. Максимальное испарение летучих компонентов составляет ~ 15-18%. После удаления и экссудации летучих компонентов и влаги начинается растрескивание порохового заряда. Длительный срок хранения порохового заряда РДТТ сопровождается повышением скорости горения топлива, что в свою очередь приводит к уменьшению времени работы РДТТ. При изменении содержания летучих веществ в порохе на 1% скорость горения меняется на 12% [7]. Из всего этого можно сделать вывод, что скорость горения напрямую связана с коэффициентом истощения порохового заряда.

Зная процентное соотношение летучих компонентов нитроглицериновых порохов (~ 17 %) и способность их максимального истощения при длительных сроках хранения можно сделать вывод, что  $K_{дегр}$  лежит в пределах от 0,845 до 1. При этом случай, когда недолет  $\Delta D=0$ ;

коэффициент деградации  $K_{\text{дегр}}=1$  соответствует кондиционному ПЗ реактивного двигателя твердого топлива.

### ВЫВОДЫ

При коррекции фактической дальности стрельбы реактивными изделиями морской номенклатуры необходимо учитывать коэффициент деградации порохового заряда РДТТ. Подход по коррекции дальности стрельбы реактивными глубинными бомбами справедлив для боеприпасов, срок хранения которых находится в пределах от 29 до 41 года. Разработанный подход по коррекции дальности стрельбы РГБ может быть применен и для боеприпасов других сроков хранения, однако для этого необходимо дополнительные экспериментальные исследования.

### Список литературы

1. Новиков, В.В. Особенности изменения баллистических и боевых характеристик реактивных глубинных бомб длительных сроков хранения / В.В. Новиков, А.А. Больших // СПб., Военное кораблестроение в России. Кораблестроение в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы. Материалы межотраслевой НПК «ВОКОР-14», НИИ КиВ, 2014.

2. Отчет о проведении боевого упражнения ПК-2 от 11.09.11 г., 5 с.

3. Отчет о проведении боевого упражнения ПК-2 от 14.03.11 г., 9 с.

4. ПМС № Г-184. Реактивные противолодочные системы «СМЕРЧ-2» и «СМЕРЧ-3», правила обращения с реактивными бомбометными установками РБУ-6000, РБУ-1000, реактивными глубинными бомбами РГБ-60, РГБ-10 и взрывателями УДВ-60 и ВБ-2, часть 1. – М.: Воен. изд-во МО СССР, 1976. – 160 с.

5. Булгаков, В.К. Теория эрозионного горения твердых ракетных топлив / В.К. Булгаков, А.М. Липанов // М.: Наука, 2001. – 138 с.

6. Щукин, Ю.Г. Промышленные взрывчатые вещества на основе утилизированных боеприпасов / Ю.Г. Щукин, Б.Н. Кутузов, Б.В. Мацевич [и др.] // М.: ОАО «Издательство Недра», 1998. – 320 с.

7. Анипко, О.Б. Экспериментальное исследование дальности стрельбы реактивными глубинными бомбами длительных сроков хранения / О.Б. Анипко, А.А. Больших // Сб. науч. тр. АВМС им. П.С. Нахимова, г. Севастополь, 2012 – вып. 4(12). – С. 26-29.

## ПРОЧНОСТЬ ГИПСОВОГО КАМНЯ, СОДЕРЖАЩЕГО БИОЦИДНЫЙ МОДИФИКАТОР<sup>1</sup>

*Гришина Анна Николаевна*

*К. т. н., с.н.с., НОЦ ИТ НИУ МГСУ, г. Москва*

*Королев Евгений Валерьевич*

*Д.т.н., профессор, директор НОЦ ИТ НИУ МГСУ, г. Москва*

### АННОТАЦИЯ.

Целью работы является исследование физических свойств модифицированного гипсового камня. Установлено, что модификаторы на основе гидросиликатов меди и цинка кроме биоцидного действия могут принимать участие в структурообразовании гипсовых камней и оказывать положительное влияние на прочность формируемого гипсового камня. При этом наибольшая прочность достигается при введении гидросиликатов меди и цинка, синтезированных при содержании осадителя  $v(\text{Zn}/\text{Cu}) : v(\text{Si}) = 0,8...0,9:1$ .

### ABSTRACT.

The object of this paper is researching of physical properties of modified gypsum. It found that hydrosilicates of copper and zinc structure of the gypsum stone. The highest strength achieved by the introduction of hydrosilicates of copper and zinc, which synthesized when quantity  $v(\text{Zn}/\text{Cu}) : v(\text{Si}) = 0,8...0,9:1$ .

**Ключевые слова:** гипс, биоцидный модификатор, прочность при сжатии, средняя плотность, пористость.

**Keywords:** gypsum, biocidal modifier, strength, medium density, porosity

<sup>1</sup> При поддержке гранта Президента РФ МК-8575.2016.8

В настоящее время активно развивается промышленность сухих строительных смесей для внутренней отделки помещений, в частности на основе гипсового вяжущего. Применение бездобавочного гипса по естественным причинам ограничено. Поэтому современные сухие строительные смеси на основе гипса содержат специальные модификаторы, повышающие физико-механические и эксплуатационные характеристики гипсового камня. Одной из таких добавок является модификатор на основе гидросиликатов металлов, оказывающих биоцидное действие [1, с. 16–18; 2, с. 1; 3, с.1]. Однако влияние модификатора на механические характеристики гипсового камня не исследованы. Поэтому целесообразно установить влияние биоцидного модификатора на физические характеристики гипсового камня, в частности, прочность при сжатии.

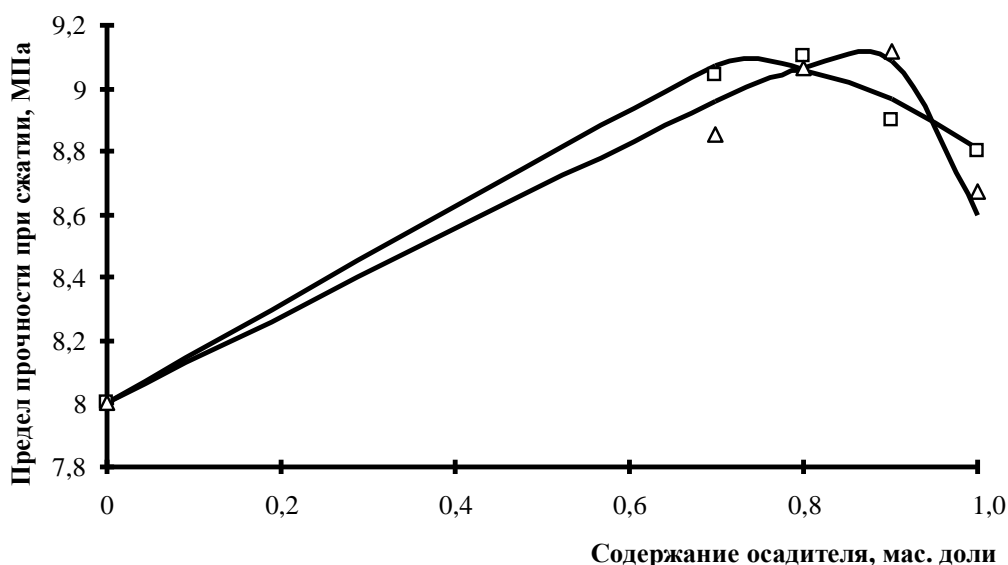


Рисунок 1. Предел прочности при сжатии гипсового камня, модифицированного гидросиликатами меди ( $\Delta$ ) и цинка ( $\square$ )

Анализ рис. 1 показывает, что изменение прочности модифицированных гипсовых камней описывается рациональной функцией:

$$R = \frac{R_0 + bx}{1 + cx + dx^2},$$

Таблица 1.

Значения эмпирических коэффициентов

Вид модификатора	Эмпирические коэффициенты			
	$R_0$ , МПа	$b$ , МПа	$c$	$d$
Гидросиликаты меди	8,00	-7,57	-1,11	0,16
Гидросиликаты цинка		-2,54	-0,61	0,23

Совместный анализ рис. 1 и табл. 1 показывает, что при введении модификаторов протекают как конструктивные, так и деструктивные процессы. Отрицательные значения коэффициента  $b$  указывают на сильную зависимость прочности гипсового камня от химического состава модификатора: увеличение содержания осадителя (сульфата меди или ацетата цинка) выше определенной концентрации ( $v(\text{Zn}/\text{Cu}) : v(\text{Si}) = 0,8 \dots 0,9:1$ ) приводит к снижению прочности гипсового камня, модифи-

Для оценки влияния гидросиликатов цинка и меди на прочность гипсового камня использовался ангидрит марки Г-5, соответствующий ГОСТ 125-79 и гидросиликаты цинка и меди, полученные низкотемпературным синтезом – осаждением натриевого жидкого стекла (ГОСТ 13078-81) с  $M_{\text{Si}} = 3,0$  растворами сульфата меди (ГОСТ 4165-78) и ацетата цинка (ГОСТ 5823-79). Количество осадителя варьировали в диапазоне  $v(\text{Cu}/\text{Zn}) : v(\text{Si}) = 0,7:1$ .

Для установления возможности использовать указанных модификаторов для повышения прочности гипсового камня исследовано влияние модификаторов различной технологии синтеза в количестве 5%. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

где  $R_0$  – прочность немодифицированного гипсового камня, МПа;  $b$ ,  $c$  и  $d$  – эмпирические коэффициенты;  $x$  – доля осадителя.

Значения эмпирических коэффициентов приведены в табл. 1.

цированного гидросиликатами меди или цинка. Одновременно, происходит уменьшение интенсивности деструктивных процессов, которое, вероятно, связано с изменением параметров структуры гипсового камня, что обеспечивает повышение его прочности. Указанное, безусловно, требует дополнительных исследований как в более широком диапазоне концентраций модификатора – гидросиликатов цинка или меди, так и привлече-

ние высокоинформативных методов исследования структуры вещества.

Обычно изменение прочности материала связывают с плотностью формирующейся структуры,

которую оценивают по изменению средней плотности и пористости. Результаты исследования изменения средней плотности и пористости представлены на рис. 2 и 3.

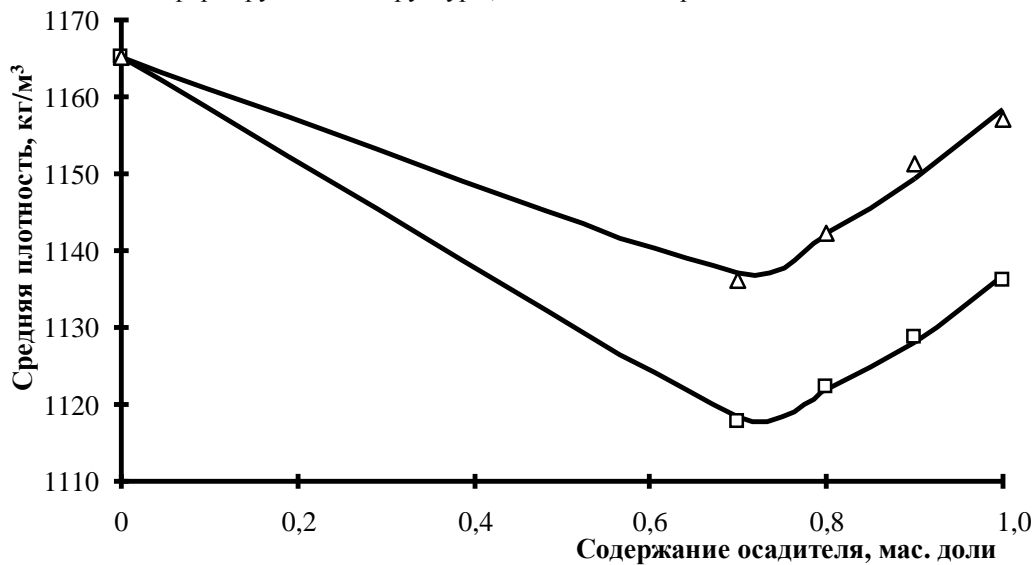


Рисунок 2. Средняя плотность гипсового камня, модифицированного гидросиликатами меди (Δ) и цинка (□)

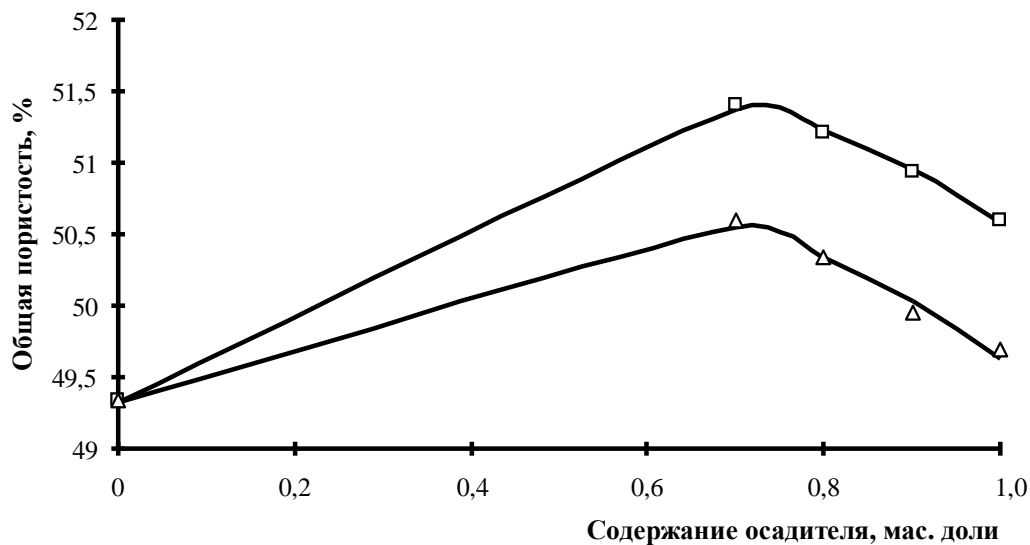


Рисунок 3. Общая пористость гипсового камня, модифицированного гидросиликатами меди (Δ) и цинка (□)

Анализ рис. 2 и 3 показывает, что изменение химического состава модификатора приводит к снижению средней плотности гипсового камня и увеличению его общей пористости. Указанное может быть связано физическими характеристиками гидросиликатов меди и цинка, в частности, изменением средней плотности модификатора в зависимости от количества осадителя, используемого при синтезе. Известно [1, с. 16–18.], что количество кремниевой кислоты в составе модификатора снижается при увеличении количества осадителя, поэтому средняя плотность модификатора возрастает. При увеличении средней плотности вводимого модификатора средняя плотность

**Таблица 2.**

модифицированного гипсового камня также возрастает. Кроме того, уменьшение содержания высокопористой кремниевой кислоты также приводит к снижению общей пористости получаемого гипсового камня. При этом изменения средней плотности и общей пористости гипсового камня описываются зависимостью вида:

$$\rho(\Pi) = \rho_0(\Pi_0) + ax + bx^2,$$

где  $\rho_0(\Pi_0)$  – средняя плотность или общая пористость гипсового камня контрольного состава;  $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты.

Значения эмпирических коэффициентов представлены в табл. 2 и 3.

Значения эмпирических коэффициентов

Вид модификатора	Эмпирические коэффициенты		
	$\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	$a$ , кг/м <sup>3</sup>	$b$ , кг/м <sup>3</sup>
Гидросиликаты меди	1165,2	-117,54	110,87
Гидросиликаты цинка		-156,44	127,90

Таблица 3.

Значения эмпирических коэффициентов

Вид модификатора	Эмпирические коэффициенты		
	$\rho_0$ , %	$a$ , %	$b$ , %
Гидросиликаты меди	49,33	5,12	-4,82
Гидросиликаты цинка		6,83	-5,58

Анализ данных рис. 1 и 2 показывает, что изменение средней плотности и пористости гипсового камня не соответствует изменениям его прочностных характеристик. Указанное свидетельствует об участии в формировании прочности других факторов, в частности, физико-химических (изменение кристаллической структуры, прочности контакта и др.), и, вероятно, химических, а именно образовании продуктов взаимодействия между вводимыми модификаторами и гипсом.

Таким образом, показано, что модификаторы на основе гидросиликатов меди и цинка кроме биоцидного действия могут принимать участие в структурообразовании гипсовых камней и оказывать положительное влияние на прочность формируемого гипсового камня. При этом наибольшая прочность достигается при введении гидросиликатов меди и цинка, синтезированных при содержании осадителя  $v(\text{Zn}/\text{Cu}) : v(\text{Si}) = 0,8 \dots 0,9:1$ . Поэтому целесообразно продолжение исследований влияния гидросиликатов меди и цинка на структу-

рообразование, физико-механические и эксплуатационные свойства гипсового камня с применением высокоинформативных методов исследования структуры вещества.

#### Список литературы:

1. Гришина А.Н. Королев Е.В. Исследования химического состава силикатного модификатора, предназначенного для изготовления биоцидного композиционного вяжущего // Сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2016. Т. 6.

2. Изотиазолиноновые биоциды, улучшенные ионами цинка : пат. 2436561 Рос. Федерация. № 2008145035/15 ; заявл. 25.0.007, опубл. 20.12.2011. Бюл. № 35. 19 с.

3. Соль цинка или меди (II) и ее применение в качестве биоцида : пат. 2564867 Рос. Федерация. № 2014134076/13 ; заявл. 19.08.2014, опубл. 10.10.2015. Бюл. № 28. 6 с.

## СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ИСПАРИТЕЛЬ-ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИЙ ВЕНТИЛЬ АКТИВНОГО ТЕРМОСТАТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ.

*Демина Елена Григорьевна,*

*Канд. тех. наук, доцент кафедры «Прикладная математика и информатика», г. Орел*

*Демина Юлия Александровна*

*Канд. тех. наук, доцент кафедры «Прикладная математика и информатика», г. Орел*

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается моделирование терморегулирующего вентиля, управляющего подачу хладагента в испаритель канала системы охлаждения экспериментальной системы, предназначенной для исследования свойств материалов и изделий.

#### ABSTRACT

In article is considered modeling of the temperature-controlled gate operating supply of coolant in the evaporator of the channel of the cooling system of the experimental system intended for a research of properties of materials and products.

#### Ключевые слова:

Система охлаждения, испаритель-термовентиль, хладагент, холодопроизводительность, хладагрегат, испаритель.

#### Keywords:

Cooling system, evaporator thermogate, coolant, refrigerating capacity, хладагрегат, evaporator.

Математическому описанию устройств формирования теплового воздействия посвящено

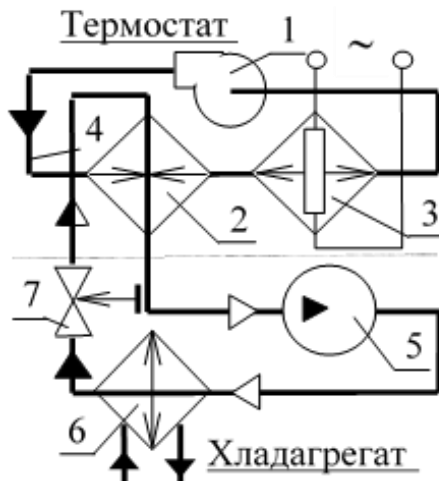
большое количество работ, однако математическое описание устройств формирования теплового воз-

действия в этих работах сводится к статическим моделям. Несмотря на большое количество работ, практически отсутствуют исследования по изучению динамики системы охлаждения испаритель-термовентиль (ТРВ), входящей в теплообменник охлаждения в нестационарных условиях работы.

Группой ученых ведется работа над созданием экспериментальной системы, предназначенной для исследования свойств материалов и изделий. В качестве испытательной среды используется калибровочный жидкостной термостат, в который

помещаются образцы исследуемых биоматериалов. В жидкостном термостате объединены циркуляционные и напорные насосы в одном устройстве. В качестве системы охлаждения используется хладагрегат, который включает одноступенчатую парокомпрессионную машину (для получения сравнительно низких температур до  $-30^{\circ}\text{C}$ )

Принципиальная схема термостата и хладагрегата представлена на рисунке 1.



Термостат :

1 - циркуляционный насос ;

2 - канал испарителя;

3 - канал нагревателя.

Хладагрегат:

4 - канал рабочей камеры;

5 - компрессор;

6 - конденсатор;

7 - терморегулирующий вентиль (ТРВ).

Рисунок 1. Принципиальная схема установки.

Для регулирования заполнения испарителей малой мощности применяют ТРВ с внутренним выравниванием, так как падение давления по длине испарителя незначительно. Выбор ТРВ связан с заданной холодопроизводительностью системы охлаждения.

Холодопроизводительность ТРВ определяется по формуле:

$$Q_{\text{ТРВ}} = q_0 \cdot M_a \cdot (1)$$

Расход жидкого хладагента через дроссельное отверстие ТРВ

определяется формулой:

$$M_a = a \cdot f \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_a \cdot (p_a - p_0)}, (2)$$

где  $\rho_a$  – плотность жидкости перед отверстием;  $p_a$  и  $p_0$  – давление до и после отверстия;  $f$  – площадь проходного сечения;  $a$  – коэффициент расхода.

В технической характеристике прибора указывают две точки: минимальный перегрев, который вызывает начало открывания клапана («закрытый» перегрев  $\Theta_z$ ); номинальный рабочий перегрев  $\Theta_{\text{ном}}$  и соответствующее ему значение

$Q_{\text{ном}}$ . Здесь  $\Theta_n = t_0 - t_n$ , где  $t_n$  – температура патрона.

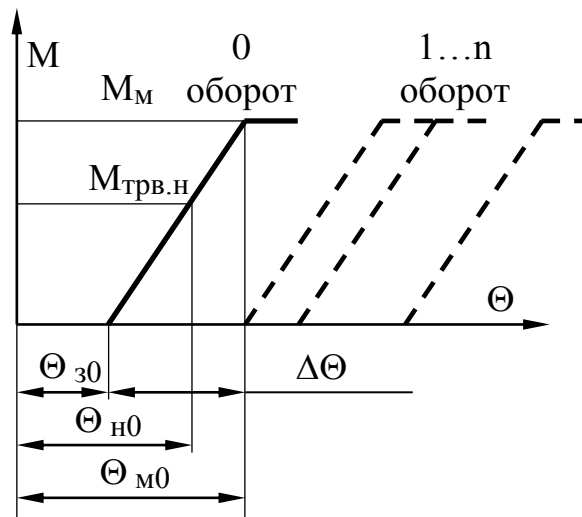
Производительность при номинальном режиме  $Q_{\text{ном}}$  составляет 50 – 90 %  $Q_{\text{max}}$ , которая соответствует полному открытию клапана.

В первом приближении статическую характеристику ТРВ можно считать линейной. Тогда по указанным двум точкам ( $\Theta_z, Q = 0$  и  $\Theta_{\text{ном}}, Q_{\text{ном}}$ ) можно получить основную статическую характеристику (при полностью ослабленной пружине).

Значение закрытого перегрева регулируется натяжением пружины и у разных моделей может лежать в пределах от  $1 \div 3^{\circ}\text{C}$  до  $5 \div 10^{\circ}\text{C}$ . При увеличении закрытого перегрева (и соответственно общего) статическая характеристика эквидистантно сдвигается вправо.

Для исследования динамики системы «испаритель - ТРВ» воспользуемся методом линейной модели [1], приняв некоторые дополнительные упрощения:

- сила трения в механизме перемещения мембраны мала;
- массой клапана можно также пренебречь;
- влиянием небольших изменений  $t_a, t_0$  на значение расхода пренебрежем.



$\Theta_{30}$ ,  $\Theta_{H0}$ ,  $\Theta_{M0}$  – «закрытый», номинальный и максимальный перегрев;  $\Delta\Theta$  – диапазон пропорциональности;  $M_{трв.н}$ ,  $M_M$  – номинальная и максимальная подача ТРВ.

Рисунок 2. Статическая характеристика ТРВ:

В соответствии с выше сказанным, массовая подача хладагента через ТРВ

$$M_{трв} = \theta \cdot K_n \cdot K_p(t_a, t_0), \quad (3)$$

где  $\theta = \theta_n - \theta_3$  – перегрев измерительного патрона относительно начала открывания клапана;

$\theta_n$  – перегрев патрона относительно температуры кипения хладагента;

$\theta_3$  – настраиваемый «закрытый» перегрев (смещение характеристики);

$K_p(t_a, t_0) = \sqrt{2 \cdot \rho'(t_a) \cdot (p'(t_a) - p'(t_0))}$  – коэффициент режима работы;

$K_n = M'_{трв.н} \cdot [K_p(t'_a, t_0) \cdot (\Theta_{H0} - \Theta_{30})]$  – коэффициент пропорциональности, вычисляемый для специфицированного режима работы.

Разложив значение подачи в окрестности некоторой рабочей точки в ряд Тейлора и ограничившись линейными членами, для изменения подачи  $\Delta M$  запишем:

$$\Delta M = K_0 \cdot \Delta t_0 + K_n \cdot \Delta t_n, \quad (4)$$

$$\text{где } K_0 = \frac{d}{dt_0} M(t_{00}, t_{n0}, \Theta_3),$$

$$K_n = \frac{d}{dt_n} M(t_{00}, t_{n0}, \Theta_3).$$

Температуру патрона и температуру пара на выходе из испарителя можно связать уравнением

$$\alpha \cdot F_n \cdot (\Theta_{u.с} - \Theta_n) = m_n \cdot c_n \cdot \frac{d}{d\tau} \Theta_n$$

или

$$T_{u.n} \cdot \frac{d}{d\tau} \Theta_n + \Theta_n = \Theta_{u.с}, \quad (5)$$

$$\text{где } T_{u.n} = \frac{c_n \cdot m_n}{\alpha \cdot F_n} - \text{ постоянная времени}$$

термопатрона,  $\Theta_{u.с}$ ,  $\Theta_n$  – величина перегрева пара на выходе из испарителя и термопатрона относительно некоторой установившейся температуры кипения  $t_{00}$  хладагента в испарителе.

Найденная температура патрона ТРВ и пара хладагента на выходе из испарителя позволит рассчитать оптимальный процесс работы системы охлаждения термостата.

#### Список литературы

1. Володин, Ю. Г. Конструирование систем терморегулирования подвижных радиоэлектронных комплексов. [Текст] / Ю.Г. Володин, Г. В. Милоков— М.: Советское радио, 1977.
2. Волохов, В. А. Системы охлаждения теплонагруженных радиоэлектронных приборов. [Текст] / В. А. Волохов, Э.Е. Хрычиков, В.И. Киселев— М.: Советское радио, 1975
3. Грабой, Л. П. Расчет времени выхода в режим и статической ошибки регулирования в системах термостабилизации тепловыделяющих объектов. — Вопросы радиоэлектроники. [Текст] / Л. П. Грабой, С. М.Горохов, Л.П. Ленская Сер. ТРТО\* 1976, вып. 1.
4. Демина, Ю.А. Экспериментальная автоматизированная система контроля манометрических терморегуляторов. [Текст] / Ю.А. Демина, Е.Г. Демина, В.Ю. Преснецова, Т.Г.Денисова // Автоматизация процессов управления., Ульяновск: ФНПЦ ОАО "НПО "Марс", 2011., С. 92-98.
5. Демина, Е.Г. Моделирование системы управления жидкостного термо-стата многофункциональной экспериментальной автоматизированной системы, предназначенной для исследования свойств материалов – Режим доступа: <http://youconf.ru/isit2015/materials/manager/view/431>



## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНАТОВЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ

*Димитров Цветан Иванов*

*доцент, кафедра химии и химической технологии  
Русенский Университет - Филиал Разград, Болгария  
e-mail: tz\_dimitrow@abv.bg*

### **АННОТАЦИЯ**

Целью данной работы является синтез новых гранатовых керамических пигментов. Зеленые и коричневые гранатовые керамические пигменты синтезируются при 800°C-1200°C. Полученные пигменты были исследованы с помощью рентгенофазового анализа и электронного парамагнитного резонанса. Цветовые характеристики были определены с Tintometr RT100 фирмы Lovibond. Лучшие пигменты используются в глазури для фаянса.

### **ABSTRACT**

The object aim of paper is synthesis of new garnet ceramic pigments. Green and brown ceramic pigments are synthesized at 800°C - 1200°C. The synthesized pigments are investigated by means of x-ray phase analysis and Electron Paramagnetic Resonance analysis. The colour characteristics are measured with Tintometr RT 100 Lovibond. The best pigments are applied in cover glaze for faience.

**Ключевые слова:** пигменты, цвет, керамика, гранат

**Keywords:** pigments, colour, ceramic, garnet

Керамические пигменты широко применяются в фарфоро - фаянсовом производстве для декорирования изделий, окрашивания масс и глазурей. Их получают в основном методом твёрдофазового синтеза при высоких температурах из химически чистых реагентов или отходов.

В пигментах наиболее распространенными носителями цвета являются хромофоры. Это атомы или атомные группы, обладающие способностью придавать тот или иной цвет веществам, в составе которых они находятся. Одной из наиболее полных является классификация, основанная на кристаллической структуре основной фазы. Согласно этой классификации пигментов, они могут быть шпинельными, гранатовыми, цирконовыми и др.[1]

Гранаты представляют собой группу минералов, которые отличаются по составу, но имеющих аналогичную химическую формулу и однородный внешний вид самих кристаллов.[2] Прозрачные и интенсивно окрашенные гранаты пользуются большим спросом как драгоценные камни. В последние годы исследователи из разных стран работают над синтезом, характеристиками и определением свойств различных типов гранатовых керамических пигментов, полученных из традиционного сырья, а также путём использования различных отходов.[3,4]

Целью данной работы является синтез, характеристика и исследование гранатовых керамических пигментов в системах  $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  и  $\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ .

Составы гранатовых керамических пигментов определяли исходя из стехиометрии основных минералов андрадита и уваровита. Был выбран следующий состав пигментов -  $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$  и  $3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ . В синтезе использовали минерализатор  $\text{H}_3\text{BO}_3$  для снижения температуры синтеза. Материалами используемыми для синтеза являются  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Сырьевой материал, используемый для введения в системы  $\text{SiO}_2$  является  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , т.к. значительно более реакционноспособный, чем обычный кварцевый песок.

Самый важный момент от которого зависит надежность технологии и стабильность качества готового пигмента – это способ подготовки шихты. Подготовленная по рецепту шихта была гомогенизирована в планетарной мельнице Pulverizete 6 фирмы “FRITCH” сухим способом. Полученная масса подвергалась термической обработке в температурном интервале от 800°C до 1200°C (с шагом в 100°C) с задержкой при максимальной температуре – 2 часа.

Полученные таким образом пигменты были исследованы с помощью рентгенофазового анализа аппаратом IRIS, электронного парамагнитного резонанса аппаратом BRUKER EMX, а цветовые координаты были сняты с помощью спектрального тинтометра Lovibont Tintometer RT100. Рентгенограммы синтезированных пигментов представлены на рис.1 и рис.2.

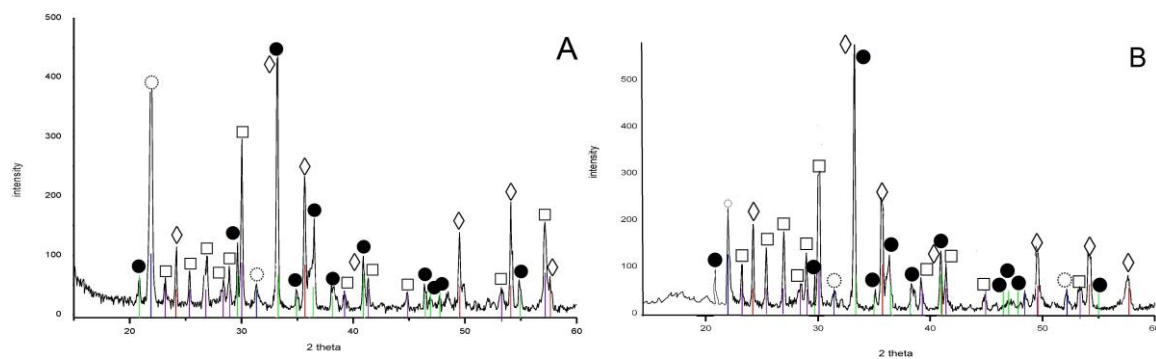


Рис.1 Рентгенограммы керамических пигментов  $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$  при разных температурах:  $1000^\circ\text{C}$  (A) и  $1100^\circ\text{C}$  (B):

● - Андрадит  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  - 79 - 1659 □ - Волластонит  $\text{CaSiO}_3$  - 84 - 0654  
 ◇ - Гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 89 - 0599 ○ - Кристобалит  $\text{SiO}_2$  - 76 - 0941

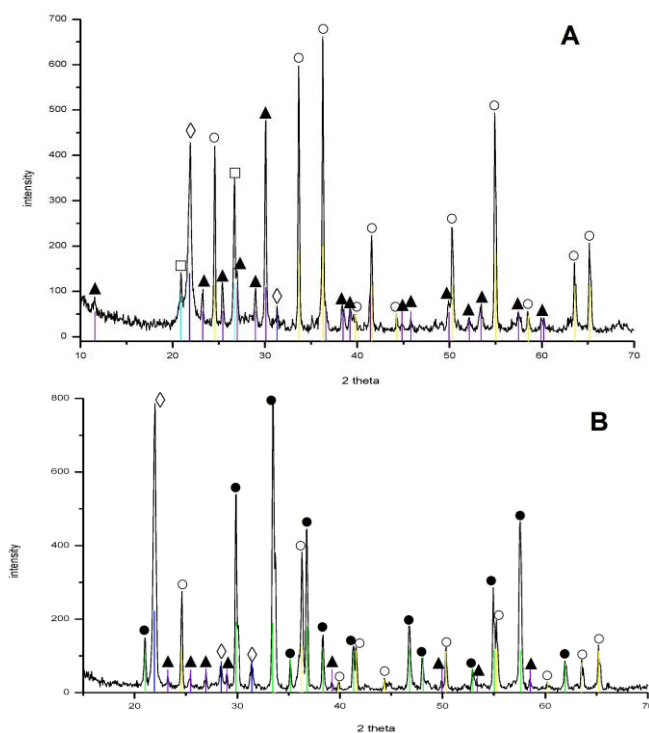


Рис.2 Рентгенограммы керамических пигментов  $3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$  при разных температурах:  $900^\circ\text{C}$  (A) и  $1100^\circ\text{C}$  (B):

● - Уваровит  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  - 87 - 1007 ▲ - Волластонит  $\text{CaSiO}_3$  - 84 - 0654  
 ◇ - Кристобалит  $\text{SiO}_2$  - 89 - 3434 □ - Кварц  $\text{SiO}_2$  - 79 - 1910  
 ○ - Оксид хрома (III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - 82 - 1484

Методом рентгенофазового анализа было подтверждено наличие следующих фаз в пигментах: в  $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$  - андрадит, волластонит, гематит и кристобалит, а в пигментах  $3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$  - уваровит, волластонит, оксид хрома, кристобалит и кварц. С повышением тем-

пературы замечается увеличение интенсивности пиков основных гранатовых фаз - андрадита и уваровита.

ЭПР спектр пигмента в системе  $3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$  (рис.3) состоит из широкого симметричного сигнала со следующими параметрами при 295К:  $g=1.9995$ ,  $\Delta H_{pp}=240\text{mT}$ . Параметры полученного парамагнитного ЭПР сигнала позволяют отнести ионы  $\text{Cr}^{3+}$  как включенных в кристаллической решетке граната уваровит -  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ .

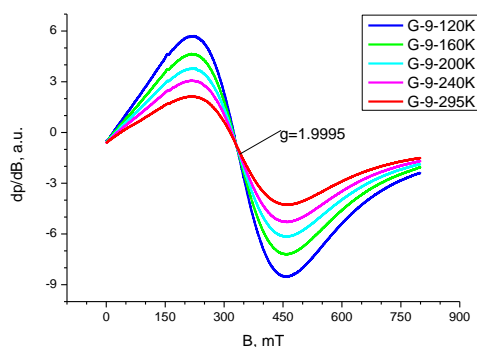


Рис.3. ЭПР спектр зеленого пигмента при 120K, 160K, 200K, 240K и 295K

Цветовые координаты пигментов были определены в системе CIELab (рис.4):  $L^*$  - яркость;  $L^* = 0$  - черный цвет;  $L^* = 100$  - белый цвет;

$a^*$  - зеленый цвет(-)/ красный цвет(+);  $b^*$  - синий цвет(-)/ желтый цвет (+).

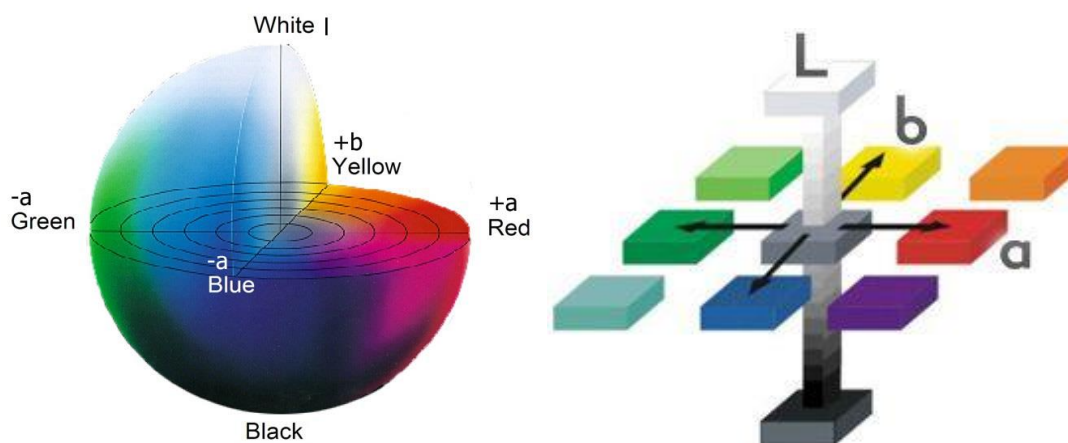


Рис.4 Диаграмма цветности в системе CIELab

Табл. 1 Результаты определения цветовых координат пигментов

ПИГМЕНТ	R	G	B	$L^*$	$a^*$	$b^*$
$3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ 900°C	100,2	93,7	85,3	40,3	0,8	6,1
$3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ 1000°C	106,6	97,6	89,4	41,8	1,8	5,6
$3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ 1100°C	120,4	109,0	106,5	47,1	4,3	3,2
$3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ 900°C	143,4	149,2	128,4	59,6	-10,2	9,2
$3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ 1000°C	123,4	141,9	119,1	57,1	-10,9	9,9
$3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ 1100°C	116,8	134,8	101,1	54,3	-13,4	15,9
$3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ 1200°C	116,2	142,4	97,3	56,0	-18,1	21,5

Из представленных данных видно, что с повышением температуры обжига увеличивается количество красного цвета ( $+a^*$ ) для коричневых пигментов и количество зеленого цвета ( $-a^*$ ) для пигментов с участием хрома, при этом увеличивается и параметр ( $+b^*$ ). Оптимальная температура синтеза 1100°C.

В результате исследования подтверждается возможность получения гранатовых пигментов на

основе андрадита и уваровита. Присутствие минералов было доказано рентгенофазовым анализом. Синтезированные пигменты могут использоваться для окрашивания керамических глазурей.

*Работа была выполнена при финансовой поддержке РУ "А.Кънчев" проект 2016-ФРз-02*

**Список литературы:**

1. Масленникова Г.Н., Пищ И.В., Керамические пигменты, Москва, Стройматериалы, 2009, 223с.
2. Соболев Н.В., Классификация порообразующих гранатов, Доклады АН СССР, 1964, № 2, 157 с.

3. Быстриков А.С., Петров Ю.Ф., Исследование синтеза хромового пигмента гранатового типа, Стекло и керамика, 1968, 8, 14-16
4. Зайчук А.В., Зеленые керамические пигменты гранатового типа на базе гранулированного доменного шлака, Научные труды Русенского университета, 2013, т.52, сер. 10.1, 78-82

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ МОДЕЛЯМИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ БОКСА- ДЖЕНКИНСА

*Зуев Константин Иванович*

*К.т.н., доцент Владимирского государственного университета  
имени А.Г. и Н.Г.Столетовых*

### IDENTIFICATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF SPATIALLY DISTRIBUTED OBJECTS WITH DELAY BY TIME SERIES MODELS THE BOX – JENKINS

*Zuev Konstantin Ivanovich*

*Ph. D., associate Professor, Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletovs*

**Аннотация**

Идентификация динамических характеристик пространственно распределенных объектов управления с запаздыванием. Анализ проблем, возникающих перед исследователями при решении данной задачи с помощью различных математических средств.

**Abstract**

Identification of dynamic characteristics of spatial distribution of industrial objects control with delay. Analysis of the problems faced by researchers when solving this problem using various mathematical tools.

**Ключевые слова:** идентификация объектов управления, временные ряды Бокса-Дженкинса

**Keywords:** identification of control objects, time series the Box-Jenkins.

К объектам с пространственно распределенными параметрами относятся сети водоснабжения, теплоснабжения, газоснабжения многие другие промышленные объекты. К ним можно отнести объекты тепловой и химической промышленности. На многих из них нельзя проводить активные эксперименты в целях идентификации динамических характеристик объектов управления.

На примере стекловаренной печи, как теплового объекта со значительным теплообменом, инерцией и, соответственно, запаздыванием, проведена попытка статистическим путем определить динамические характеристики объекта управления. В процессе идентификации используются реализации входных и выходных сигналов в виде случайных последовательностей (временных рядов Бокса-Дженкинса [7]). Тогда динамику объекта можно описать линейным разностным уравнением:

$$(1 - \delta_1 B - \dots - \delta_R B^R) Y_t = (\omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_S B^S) X_{t-b}, \quad (1)$$

где  $B$  – оператор сдвига назад  $B=1- \nabla$ ;  $\nabla Z_t = Z_t - Z_{t-1}$ ;

$\delta(B)$ ,  $\omega(B)$  – динамические операторы.

Для динамической системы с наличием шума передаточная функция имеет вид:

$$Y_t = \delta^{-1}(B) \omega(B) X_{t-b} + N_t, \quad (2)$$

где модель шума представлена процессом авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего порядка  $p, d, q$ :

$$N = \varphi^{-1}(B) \theta(B) a_t, \quad (3)$$

где  $a_t$  – белый шум.

Окончательный вид передаточной функции, считая, что шум  $N_t$  приложен к выходу и не коррелирован с  $X(t)$ , можно записать так:

$$Y_t = \delta^{-1}(B) \omega(B) X_{t-b} + \varphi^{-1}(B) \theta(B) a_t. \quad (4)$$

Основное средство, используемое при идентификации – это взаимная корреляционная функция входа и выхода. Выборочные оценки корреляционной функции выхода и взаимных корреляционных функций расхода газа на горелки и плотности (как параметра качества варки стекла) предоставлены на рис.1 и рис.2.

Незатухающий характер корреляционной функции (рис.2, а) и взаимной корреляционной функции (рис.1, а) свидетельствуют о нестационарности процессов. Для удаления нестационарности производится взятие  $d$  разностей по временным рядам входного и выходного сигналов. На рис.2. и рис.3 изображены корреляционные функции первых разностей расхода газа по горелкам и плотности стекла.

После взятия  $d$  разностей модель (2) можно представить в виде:

$$Y_t = v_0 X_t + v_1 X_{t-1} + v_2 X_{t-2} + \dots + n_t, \quad (5)$$

где  $Y_t = \nabla^d Y_t$ ,  $X_t = \nabla^d X_t$ ;  $n_t = \nabla^d N_t$  – стационарные процессы с нулевыми средними значениями.

Умножая все члены на  $X_{t-k}$  для  $k \geq 0$ , получим:

$$X_{t-k}Y_t = v_0X_{t-k}X_t + v_1X_{t-k}X_{t-1} + v_2X_{t-k}X_{t-2} + \dots + X_{t-k}n_t. \quad (6)$$

Учитывая, что  $X_{t-k}$  не коррелировано с  $N_t$ , приходим к системе уравнений

$$Y_{XY}(k) = v_0 Y_{XX}(k) + v_1 Y_{XX}(k-1) + \dots, \quad k=0,1,2,\dots, \quad (7)$$

Пусть веса  $v_j$  практически равны нулю при  $b \gg k$ . Тогда в матричном виде уравнение (3,18) можно записать как:

$$Y_{xy} = T_{XX}V, \quad (8)$$

где

$$Y_{xy}(0) \ Y_{xx}(0) \ Y(1) \dots \ Y(k) \ v_0$$

$$Y_{xy}(1) \ Y_{xy}(2) \dots \ Y_{xy}(k-1) \ Y_{xx}(1) \ Y_{xx}(2) \dots \ Y_{xx}(k-1) \ V = v_1;$$

.....

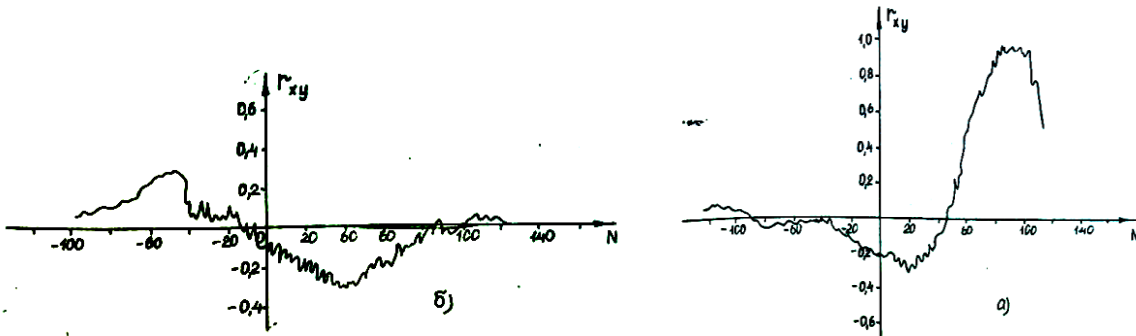
.....

.....

$$Y_{xy}(k) \ Y_{xx}(k) \ Y_{xx}(k-1) \dots \ Y(0) \ v_k$$

Весовые коэффициенты  $v_j$  определяются из формулы:

$$V = T_{kk}^{-1} Y_{xy}; \quad (9)$$



В которую подставляются выборочные оценки корреляционной функции входа  $r_{xx}(k)$  и взаимной корреляционной функции входа и выхода  $r_{xy}(k)$

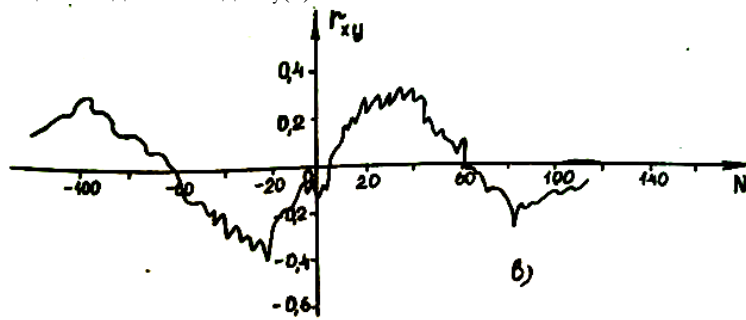
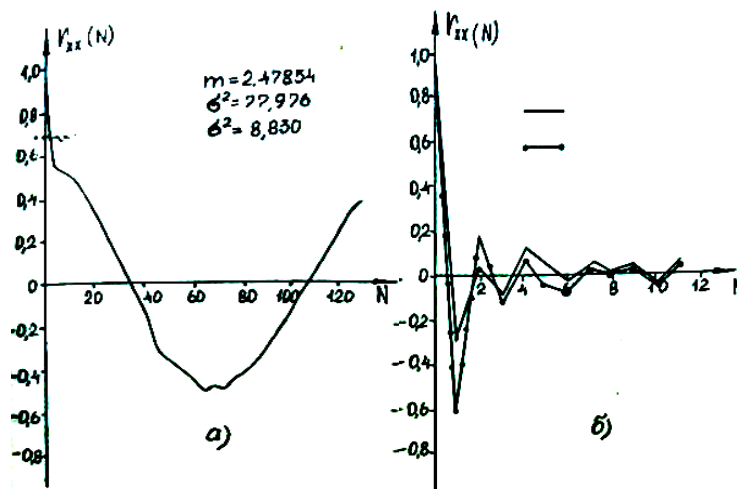


Рис.1 Оценки взаимных корреляционных функций временных рядов:

- а) расход газа на 1-ю горелку – плотность стекла на выходе;
- б) расход газа на 2-ю горелку – плотность стекла на выходе;
- в) расход газа на 3-ю горелку – плотность стекла на выходе.



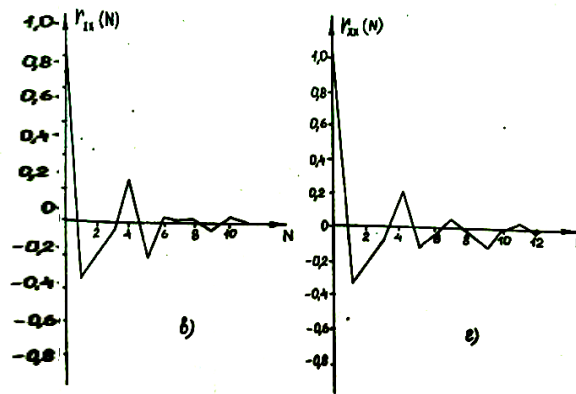


Рис.2. Оценки автокорреляционных функций временных рядов (ВР):

- а) плотности стекла на выходе ;
- б) первых и вторых разностей ВР(временного ряда) плотности;
- в) первых разностей ВР расхода газа на 1-ю горелку;
- г) первых разностей ВР расхода газа на 2-ю горелку.

Предварительно необходимо проверить значимость выборочных значений взаимной корреляционной функции входа и выхода, так как характер изменения функции, изображённой на рис.4,

идентичен белому шуму. Полученные графики не позволяют выявить запаздывание по каналу и выделить максимальное значение взаимной корреляционной функции.

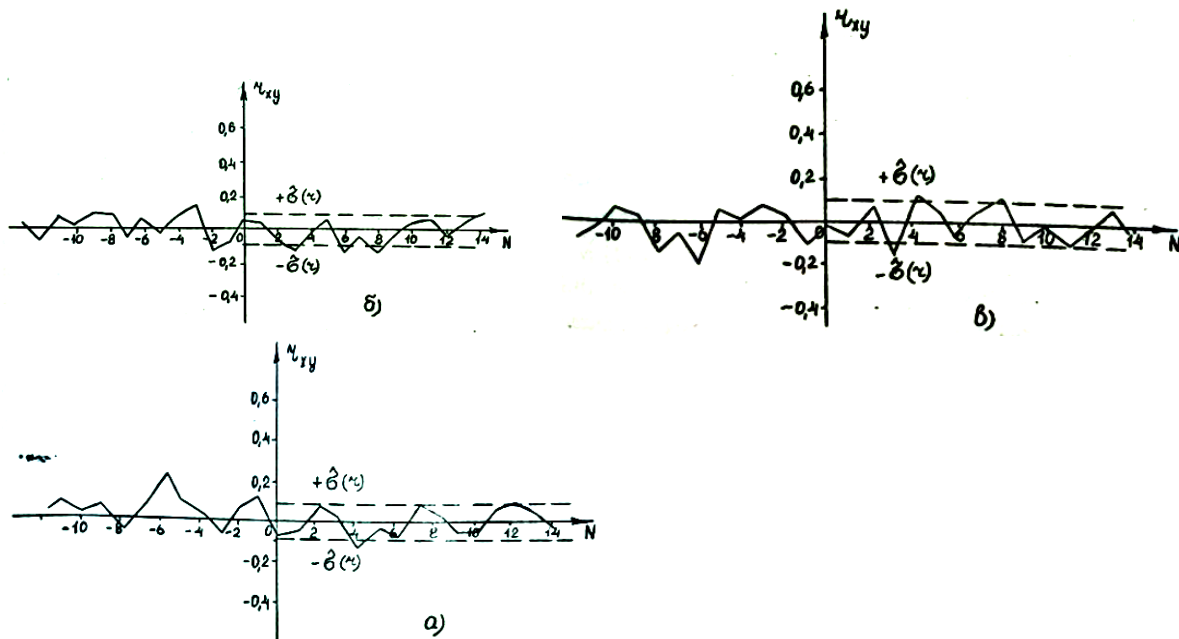


Рис.4. Оценки взаимных корреляционных функций первых разностей временных рядов:

- а) Расход газа на 1-ю горелку –плотность;
- б) Расход газа на 3-ю горелку –плотность;
- в) Расход газа на 5-ю горелку –плотность;

Проверку равенства нулю значений взаимной корреляционной функции  $r_{xy}(k)$  проводим сравнение

$$\sigma^2[r_{xy}(k)] = (10)$$

$$= (n - k)^{-1} \sum_{-\infty}^{+\infty} \left[ \begin{array}{l} r_{xx}(v)r_{yy}(v) + r_{xy}(k+v)r_{xy}(k-v) + \\ r_{xy}^2(k) \left\{ r_{xy}^2(v) + \frac{1}{2}r_{xx}^2(v) + \frac{1}{2}r_{yy}^2(v) \right\} \\ -2r_{xy}(k) \left\{ r_{xx}(v)r_{xy}(v+k) + r_{xy}(-v)r_{yy}(v+k) \right\} \end{array} \right]$$

Из графиков рис.4 видно, что значения оценки взаимных корреляционных функций практически не превышают значений стандартных ошибок  $\pm \hat{\sigma}(r)$ , а для  $\pm 2\hat{\sigma}(r)$  с вероятностью  $P=0,05$  можно

сказать, что значения оценок взаимной корреляции равны нулю.

Полученный результат можно объяснить следующим образом. Временной ряд  $d(t)$  фактически содержит три составляющих:

$$Y_t = \delta^{-1}(B)\omega(B)X_{t-b} + \varphi^{-1}(B)\Theta(B)a_t + V(t), \quad (11)$$

где  $V(t)$  – высокочастотный шум измерения, который в процедуре идентификации Бокса-Дженкинса не учитывается, а составляющая рассматривается лишь как шум формирующий случайную последовательность  $X(t)$ . Получив оценки взаимно корреляционных функций Рис.1, было принято решение о «фильтрации» низкочастотной составляющей из временного ряда взятием 1-х и 2-х разностей, в результате которой был получен новый временной ряд, содержащий лишь шум измерения, а низкочастотный полезный сигнал был отфильтрован (рис.4).

Значения стандартных ошибок для 10 значений взаимной корреляционной функции первых разностей временных рядов расхода газа на 1-ю, 3-ю, 5-ю горелки и плотности стекла, естественно, не приведут к положительному результату, а идентификация по низкочастотной составляющей не может быть проведена так как длина выборки не составляет 10 интервалов корреляции.

Полученный результат говорит о том, что использование рядов Бокса-Дженкинса, как и ортогональных функций Лагерра [3] для оценки весовой функции объекта управления при ограниченной длине реализации входа, выхода и минимальной априорной информации об объекте дает лишь видоизмененную оценку взаимной корреляционной функции. Так в формуле (7):

$$R_{yj}(\tau) = M \left( y(t)z_j(t) \right) = M \left[ y(t) \int_0^T l_i(\tau)x(t-\tau)d\tau \right] = M \left[ \int_0^T l_i(\tau)y(t)x(t-\tau)d\tau \right]$$

Поскольку функция  $l_i(\tau)$  является детерминированной, то

$$R_{yj}(\tau) = \int_0^T l_i(\tau)R_{xy}(\tau)d\tau, \quad (13)$$

Анализ результатов показывает, что прямое применение рядов Бокса-Дженкинса не освобождает исследователя от выполнения статистических требований к выборочным реализациям случайных процессов  $x(t)$  и  $y(t)$  по определению необходимой длины реализации, шага дискретизации, уровня квантования [6]. Методики по этим вопросам отработаны и проверены на практике. Использование процедуры идентификации Бокса Дженкинса может дать положительный результат при наличии априорной информации о динамических характеристиках объекта и возмущающих воздействий.

#### Литература

1. Садовникова Н., Шмойлова Р. Анализ временных рядов и прогнозирование. Учебник, Университетская серия.: Синергия, 2016, с. 152. ISBN: 9785425702043
2. Канторович Г.Г. Анализ временных рядов//Экономический журнал Высшей школы экономики, т. 6, №1, 2002, т. 6, №2, 2002.
3. K.Zuev Identification of dynamic characteristics of the control object with distributed parameters orthogonal LAGUERRE functions. 3rd International Conference «Technical sciences: Modern issues and development prospects» November 9, 2015, Sheffield, UK Conference Proceedings, Scope Academic House. ISBN-13:978-1-941655-31-3 DOI: 10.15350/UK\_2/3
4. Hamilton, J. D., Time Series Analysis, 1994, Princeton University Press, Ch 1, 2.
5. Mills, T.C. The Econometric Modelling of Financial Time Series. Cambridge University Press, 1999.
6. Волгин В.В., Каримов Р.Н. Оценка корреляционных функций в промышленных системах управления. Сб. Библиотека по автоматике. Вып.600. М.: Энергия, 1979.
7. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление, М. Мир. 1974. - 406 с.

## О БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ В ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

*Щербакова Ирина Сергеевна.*

*старший преподаватель МГТУ им. Н.Э.Баумана город Москва*

*Комиссарова Мария Викторовна*

*старший преподаватель МГТУ им. Н.Э.Баумана город Москва*

*Кирикова Ольга Викторовна.*

*старший преподаватель МГТУ им. Н.Э.Баумана город Москва*

**Аннотация:** Технический регламент о требованиях пожарной безопасности, введенный Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ, указал на необходимость соответствия параметров системы противопожарной защиты требованиям пожарной безопасности объекта. Это потребовало уточнить методику изложения этих вопросов в учебной дисциплине «Безопасность жизнедеятельности: защита в чрезвычайных ситуациях и гражданская оборона».

В статье предлагается методика изучения раздела «Аварии на пожароопасных объектах» в курсе и вопросов определения параметров системы пожарной безопасности объекта, обеспечивающих безопасную эвакуацию людей.

Ключевые слова: пожарная безопасность, системы пожарной безопасности объекта, противопожарная защита, объемно планировочные решения, время эвакуации людей, параметры систем противопожарной защиты, противодымная защита.

**Abstract:** Technical regulations on fire safety requirements, introduced by the Federal law of 22 July 2008 №123-FZ, pointed to the need for conformance to fire protection system requirements fire safety of the object. It is demanded to adjust the method of presentation of these issues in the academic discipline "life Safety protec-



tion in emergency situations and civil defense". Key words: fire safety, systems fire safety, fire protection, space planning solutions, the time of evacuation of people, the parameters of fire protection systems, smoke protection.

The paper proposes a methodology for the study section of the Accident on the fire object in the course and the issues of definition of parameters of system of fire safety, ensuring the safe evacuation of people. Key words: fire safety, systems fire safety, fire protection, space planning solutions, the time of evacuation of people, the parameters of fire protection systems, smoke protection

**Key words:** fire safety, systems fire safety, fire protection, space planning solutions, the time of evacuation of people, the parameters of fire protection systems, smoke protection.on.

В соответствии с положениями Технического регламента о требованиях пожарной безопасности (Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ) [1] каждому объекту защиты предъявляются требования пожарной безопасности путём установления для него пожарно-технической классификации, а также в виде оценки соответствия этой классификации характеристикам системы пожарной безопасности объекта.

Процедура определения пожарно-технической классификации объекта описана в [1] достаточно подробно, в то же время, подход к оценке соответствия некоторых характеристик системы пожарной безопасности объекта пожарно-технической классификации, установленной для него, нуждается в уточнении.

Целью создания этой системы является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре.

В соответствии с этим система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты должна включать в себя систему предотвращения пожара и систему противопожарной защиты, включающей комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Требования к системе предотвращения пожаров заключаются в обеспечении исключения образования горючей среды или возникновения в ней источников зажигания. Условия обеспечения этих требований достаточно хорошо прописаны в Техническом регламенте, и поэтому их подробное рассмотрение не представляется необходимым.

В то же время, очень важной частью системы пожарной безопасности объекта является система противопожарной защиты, которая представляет собой комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара [2].

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и ограничение его последствий обеспечиваются следующими мерами:

- эвакуацией людей и имущества в безопасную зону;
- снижением динамики нарастания опасных факторов пожара,
- тушением пожара.

Они достигаются такими защитными мероприятиями, как:

- применение объемно-планировочных решений, обеспечивающих ограничение распространения пожара;
- устройство безопасных эвакуационных путей;

- установка систем обнаружения пожара;
- установка систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) и средств индивидуальной защиты людей;
- применение строительных конструкций, соответствующих степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и строений;
- применение первичных средств пожаротушения;
- применение автоматических установок пожаротушения.

Наиболее важными являются те мероприятия, которые направлены на защиту людей от опасных факторов пожара, и в первую очередь – факторов, препятствующих эвакуации людей. Они проявляются в результате распространения зон горения, теплового воздействия и задымления на путях эвакуации и создают опасные для жизни людей

- критические среднеобъемные температуры [ $T_{кр}^{со}$  (°C)] (или плотности лучистой энергии),
- критические концентрации продуктов сгорания, приводящие к потере видимости [ $C_{кр}^{сп}$  (%)],
- критические по воздействию на организм концентрации вредных веществ [ $C_{кр}^{св}$  (%)] .

За пределами помещений, в которых возник пожар, температура на путях эвакуации может быть не опасной для человека, зато концентрации продуктов сгорания могут создать угрозу жизни и здоровью людей. Это особенно характерно для высоких зданий и зданий коридорной системы.

Во многих случаях опасность для людей может наступить через 0,5 – 6 мин. после начала пожара, поэтому необходима немедленная эвакуация, иначе пути движения могут быть заблокированы.

За показатель опасности пожара для человека принимается время, по истечении которого происходит блокирование путей эвакуации ( $t_{бл.путь.эваку.}$ ), т.е. возникают критические ситуации для жизни людей. Такие критические ситуации могут сложиться в начальной стадии пожара на любом отрезке эвакуационного пути – непосредственно в помещении, где возник пожар, а затем (по мере распространения продуктов горения) за пределами помещения в коридорах, переходах и на лестничных клетках.

Время эвакуации, при превышении которого могут сложиться критические ситуации, называется критическим временем эвакуации –  $t_{кр}$ , а с учё-

том того, что блокирование отрезка пути эвакуации может произойти по причине любого из указанных опасных факторов пожара, различают критические времена по среднеобъемной температуре -  $t_{кр}^{CO}$  по потере видимости -  $t_{кр}^{ПВ}$  и по действию вредных веществ -  $t_{кр}^{ВВ}$ .

Для каждого участка пути эвакуации существует критическое время, по истечении которого один из опасных факторов первым достигает критического значения. Оно и является временем блокирования пути эвакуации, т.е.

$$t_{бл.пут.эвак} = \min\{t_{кр}^i\} \quad (1)$$

Само время эвакуации складывается из интервалов времени, необходимых для срабатывания технических систем обнаружения пожара ( $\tau_{обн.}$ ), оповещения и управления эвакуацией ( $\tau_{опов.и упр.}$ ), а также из времени, потраченного людьми непо-

средственно на сборы и движение по путям эвакуации ( $\tau_{сб.и движ.}$ ).

$$t_{эвак.} = \tau_{обн.} + \tau_{опов.и упр.} + \tau_{сб.и движ.} \quad (2)$$

Безопасная эвакуация людей из зданий считается обеспеченной, если интервал времени от момента возникновения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону  $t_{эвак.}$  не превышает времени блокирования пути эвакуации  $t_{бл.пут.эвак.}$

$$t_{эвак.} \leq t_{бл.пут.эвак.} \quad (3)$$

Схема определения соответствия характеристик существующей системы противопожарной защиты объекта ( $t_{бл.пут.эвак.1}$ ) условиям безопасной эвакуации ( $t_{эвак.1}$ ) показана на рис. 1а.

На рисунке видно, что параметры системы противопожарной защиты объекта (на рисунке они помечены индексом 1) не обеспечивают условий безопасной эвакуации, так как

$t_{эвак.1} > t_{бл.пут.эвак.1}$ , т.е. не выполняется основное неравенство (3).

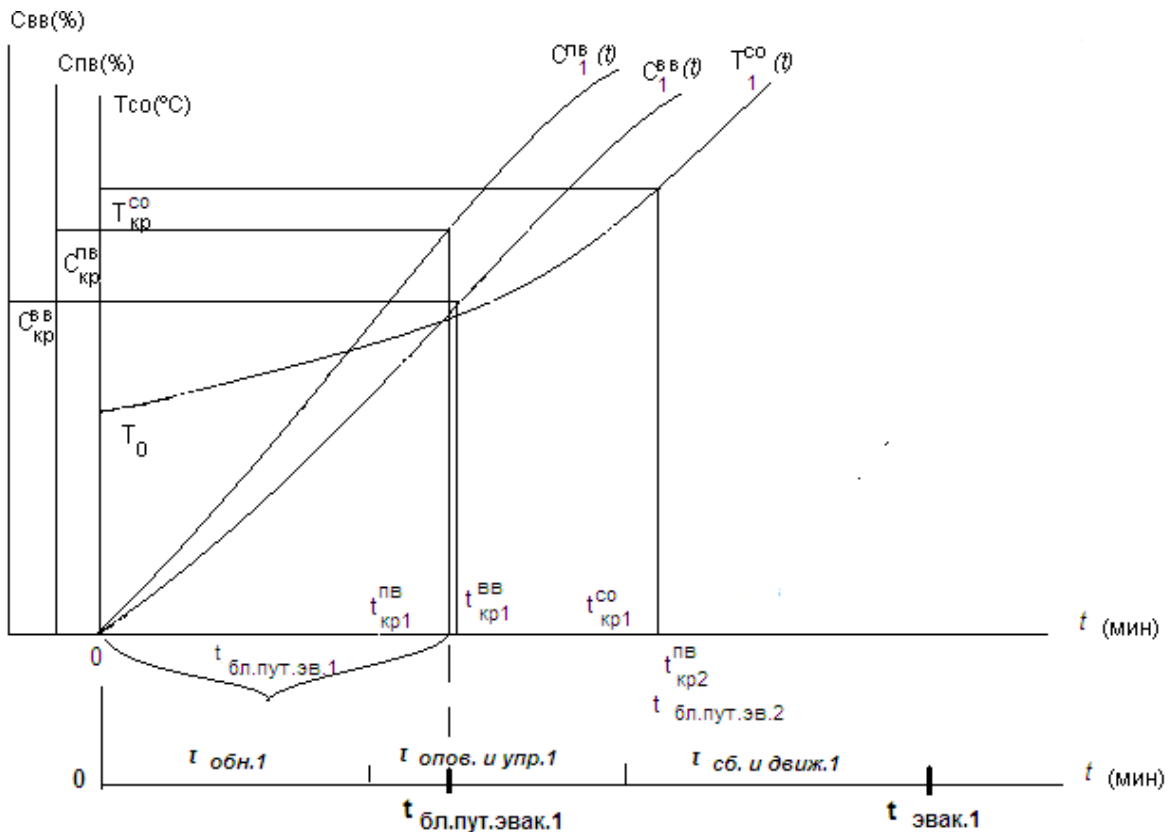


Рис. 1. Схема определения времён эвакуации и блокирования путей эвакуации в существующей системе противопожарной защиты

Следующими шагами для достижения условий безопасной эвакуации могут быть действия, направленные на сокращение времени эвакуации  $t_{эвак2}$  за счёт последовательного уменьшения его составляющих - {  $\tau_{i2}$  }.

Схема определения параметров системы, обеспечивающей безопасную эвакуацию, показана на рис. 1б.

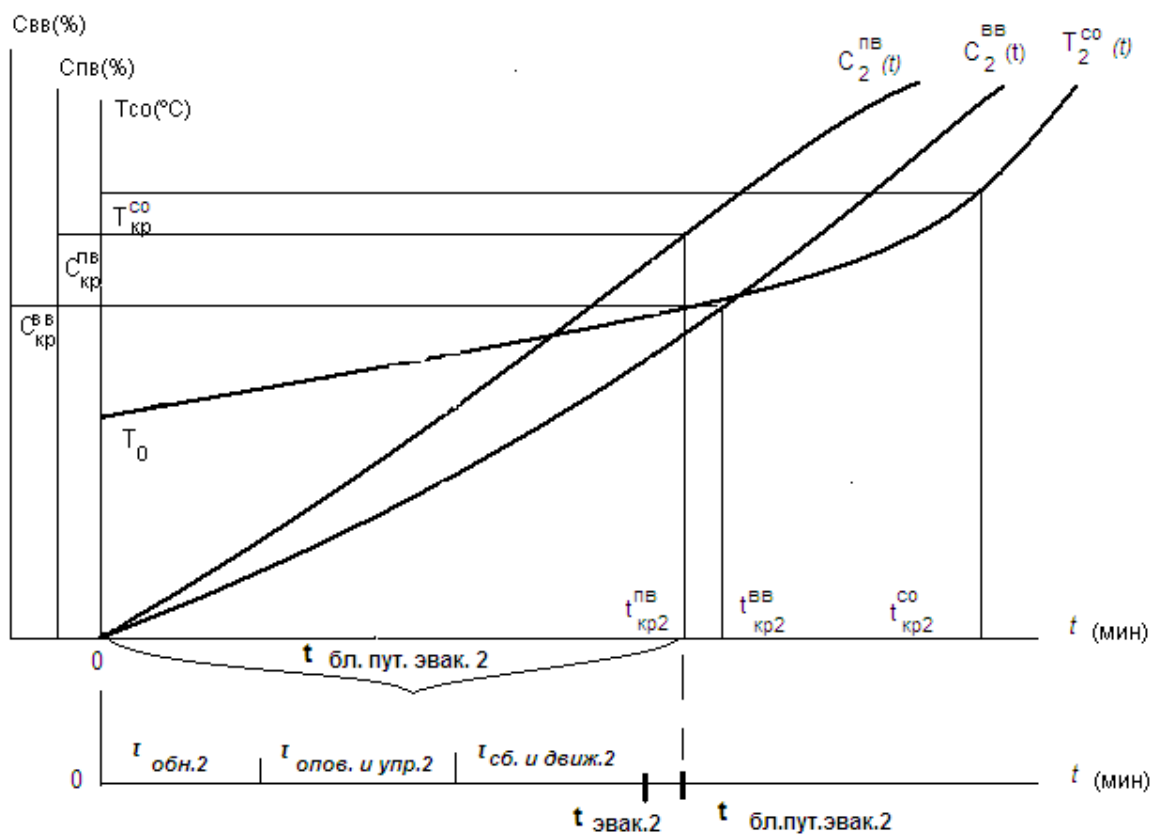


Рис.2. Схема определения параметров системы противопожарной защиты, обеспечивающих безопасную эвакуацию

Первая ( $\tau_{обн.2}$ ) и частично вторая ( $\tau_{опов. и упр.2}$ ) составляющие уравнения (2) носят объективный характер и зависят от технических характеристик соответствующих систем. Они могут быть улучшены в небольших пределах за счёт совершенствования технических средств. Кроме того, интервал времени ( $\tau_{опов. и упр.2}$ ) также может быть несколько сокращён за счёт улучшения организации и подготовленности личного состава диспетчерских служб противопожарной защиты.

В то же время интервал ( $\tau_{сб. и движ.2}$ ) является параметром, который зависит, как от состояния путей эвакуации, так и от физического состояния и подготовленности эвакуируемых. В результате проведения тренировок и принятия организационных мер по подготовке и обустройству путей эвакуации это время также может быть несколько уменьшено.

Вместе с тем, если принятыми мерами не удастся существенно уменьшить  $t_{эвак.2}$ , из-за чего неравенство (3) не выполняется, следует добиваться снижения динамики нарастания опасных факторов пожара, используя системы противодымной защиты и средства создания водяных завес, что может способствовать увеличению времени блокирования путей эвакуации  $t_{бл.пут.эвак.2}$ .

В системах противодымной защиты используются устройства приточной вентиляции для создания избыточного давления воздуха и вытяжной вентиляции для удаления продуктов горения и термического разложения в защищаемых помеще-

ниях и на путях эвакуации, что снижает скорость нарастания опасных концентраций дымовых газов и увеличивает критические времена  $t_{кр.2}^{пв}$  и  $t_{кр.2}^{вв}$

В свою очередь, системы и средства орошения помещений и создания водяных завес выполняют функции ограничения пожара и снижения среднеобъёмной температуры на путях эвакуации, что также увеличивает время  $t_{кр.2}^{со}$ .

Все эти меры вместе взятые могут обеспечить выполнение неравенства  $t_{эвак.2} < t_{бл.пут.эвак.2}$  (3), что позволяет провести безопасную эвакуацию людей на объекте, и тогда основным мероприятием по защите имущества остаётся тушение пожара.

Таким образом, при изучении положений Технического регламента о требованиях пожарной безопасности предлагаемая методика позволяет наглядно установить взаимосвязь требований к системе противопожарной защиты объекта и параметров безопасной эвакуации людей при пожаре.

#### Список литературы

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ)
2. Защита в чрезвычайных ситуациях и гражданская оборона: в 2 ч. Ч.1./В.Ф.Ефимов, А.А.Рябиков, Л.П.Титоренко, А.Д.Чебыкин; под ред. Л.П.Титоренко. М.: ООО "Ториус 77", 2009. 102 с.

## КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ СОЗДАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ СВЯЗЕЙ КАК ОСНОВА СИСТЕМАТИЧНОСТИ ПРОЦЕССНЫХ РЕШЕНИЙ В НУТРИЦИОЛОГИИ

*Крохалев Виктор Анатольевич*

*Канд. эконом наук, доцент кафедры технологии питания,  
Уральский государственный экономический университет,  
г. Екатеринбург*

*Демьянова Александра Ивановна*

*Магистр кафедры технологии питания, Уральский государственный экономический университет,  
г. Екатеринбург*

### АННОТАЦИЯ

Вещества, классифицированные по группам: основные, витамины, минеральные можно количественно выразить соотношением, как между собой, так и внутри каждой группы, например, для основной группы белки: жиры: углеводы 1:1:4. Тот же принцип может быть использован для всех химических элементов, входящих в состав всех пищевых продуктов. При расчёте степени соответствия нормальному соотношению веществ, химического состава блюда или рациона, возможно использовать принцип взаимозаменяемости пищевых продуктов, для наибольшего приближения к нормальному соотношению веществ. Следует учитывать, что различные комбинации пищевых продуктов между собой, меняют характеристику данного блюда или рациона в зависимости от соотношения элементов друг с другом, то есть их взаимного дополнения.

### ABSTRACT

The substances classified by groups: the main, vitamins, mineral it is possible to express quantitatively a ratio as among themselves, and in each group, for example, for a primary group of a squirrel: fats: carbohydrates 1:1:4. The same principle can be used for all chemical elements which are a part of all foodstuff. When calculating degree of compliance to a normal ratio of substances, the chemical composition of a dish or diet, it is possible to use the principle of interchangeability of foodstuff, for the greatest approach to a normal ratio of substances. It is necessary to consider that various combinations of foodstuff among themselves, change the characteristic of this dish or diet depending on a ratio of elements with each other, that is their mutual addition.

**Ключевые слова:** нутрициология, формула сбалансированного питания, абсолютный и относительный методы расчета химического состава.

**Keywords:** science of nutrition, formula of the balanced food, absolute and relative methods of calculation of the chemical composition.

В процессе приготовления кулинарной продукции, мучных кондитерских и булочных изделий пищевые продукты подвергаются кулинарной обработке, под которой понимается воздействие на пищевые продукты с целью придания им свойств, делающих их пригодными для дальнейшей обработки и/или употребления в пищу. Продукты подвергаются различным воздействиям: физическому – с целью уменьшения исходных размеров продуктов до размеров, заданных технологическим процессом, а также придания изделиям необходимой формы, состояния и т. д.; гидромеханическому – для удаления с поверхности продуктов загрязнений, снижение микробальной загрязненности (мытьё), изменения агрегатного состояния (замачивание, осаждение, фильтрование); термическому – для придания пищевым продуктам необходимых свойств, обеспечивающих их пригодность к употреблению в пищу (нагревание)

или частично изменению их свойств (обжаривание, ошпаривание и т.д.), а также способствующих сохранению качества и удлинению сроков годности продукции (охлаждение, замораживание); химическому – с целью улучшения технологических свойств продуктов (маринование, химическое разрыхление песочного теста, подкисление) [5, с.354]. При кулинарной обработке происходит уменьшение массы пищевых веществ.

Используя справочные данные [6, с.105], можно рассчитать химический состав сырьевого набора (исходных продуктов) с учетом отдельных компонентов по массе нетто (съедобной части). Затем определяется содержание искомого вещества в блюде (изделии) с учетом величины сохранности вещества и массы набора (полуфабриката) при тепловой обработке. Пример расчёта представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав блюда «Суп картофельный с крупой»

Наименование сырья, продуктов, полуфабрикатов	Норма закладки на 1000 г, г		Химический состав, г								ЭЦ, ккал
	брутто	нетто	сухие вещества		белки		жиры		углеводы		
			%	г	%	г	%	г	%	г	
Картофель	400	300	21,4	64,2	2,0	6,0	0,4	1,2	16,3	48,9	400,9
Крупа пшено	20	20	86,0	17,2	11,5	2,3	3,3	0,7	66,5	13,3	
Морковь	50	40	12,0	4,8	1,3	0,5	0,1	0	6,9	2,8	
Лук репчатый	48	40	14,0	5,6	1,4	0,6	0,2	0,1	8,2	3,3	
Масло подсолнечное	10	10	99,9	10,0	0	0	99,9	10,0	0	0	
Сохранность при пассеровании, %	-	50	90,0	-	98	-	90,0	-	97,0	-	
Выход пассерованных овощей	-	45	-	18,4	-	0,8	-	9,1	-	5,5	
Вода	750	750	-	-	-	-	-	-	-	-	
Содержание в сырьевом наборе	-	1115	-	99,8	-	9,1	-	11,0	-	57,7	
Сохранность при варке, %	-	88	90,0		94		95,0		-18,0		
Содержание в готовом блюде	-	1000	-	89,8	-	8,5	-	10,5	-	68,1	

Однако, поступающие в организм с пищей белки, жиры, углеводы, витамины и минеральные элементы усваиваются не в полной мере. Степень усвоения зависит от следующих факторов:

- доступность структуры продукта для «атакующих» ферментов, в частности содержание в продукте клетчатки, пектиновых веществ, способ кулинарной обработки;
- количество и активность пищеварительных ферментов, т. е. состояние функциональной активности желудочно-кишечного тракта;
- влияние «соседей» - веществ, препятствующих усвоению;
- соотношение питательных веществ в пищевой смеси;

Таблица 2 – Относительный метод расчёта химического состава блюда

Наименование сырья, продуктов, полуфабрикатов	Норма закладки на 1000 г (нетто), г	Химический состав сырьевого набора, г								
		Белки			Жиры			Углеводы		
		факт	норма	Δ	факт	норма	Δ	факт	норма	Δ
Картофель	300	6,0	12,2	-6,2	1,2	12,2	-	48,9	48,9	0
Крупа пшено	20	2,3	3,3	-1,0	0,7	3,3	-2,6	13,3	13,3	0
Морковь	40	0,5	0,7	-0,2	0	0,7	-0,7	2,8	2,8	0
Лук репчатый	40	0,6	0,8	-0,2	0,1	0,8	-0,7	3,3	3,3	0
Масло подсолнечное	10	0	10,0	-10	10	10	0	0	40,0	-40
Вода	750	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма по норме			27			27			108,3	
Сумма по отклонению				-17,6			-15			-40
Норма по отклонению				10			10			40

В рассмотренном примере расчета химического состава блюда альтернативным способом вычисления ведутся относительно соотношения 1:1:4. В данном случае по каждому отдельному продукту содержание белков, жиров, углеводов выравнивалось относительно углеводов, в случае подсолнечного масла – по жиру. Таким образом,

- режим питания, подразумевающий соблюдение определенного времени и числа приемов пищи, а также рационального распределения пищи при каждом ее приеме [7, с.101].

С практической точки зрения математический баланс по пищевым веществам трудно воспроизвести в ежедневном применении и, следовательно, есть необходимость учета с помощью других инструментов.

В таблице 2 представлен альтернативный метод расчета химического состава блюда, основанный на формуле сбалансированного питания: соотношение белков, жиров и углеводов должно составлять 1:1:4 [1, с.351].

сформировалось три колонки таблицы – фактическое содержание веществ, их приведенное значение относительно соотношения 1:1:4, отклонение (Δ) – разница между фактическим содержанием и нормой. Суммируя количества белков, жиров, углеводов по норме, находим их оптимальное соотношение, суммируя их количества по отклонениям

(Δ), получаем число, показывающее недостаток тех или иных веществ.

Таким образом, химический состав, рассчитанный абсолютным методом: белки – 8,5 г, жиры 10,5 г, углеводы 68,1. Приводя данные к соотношению 1:1:4 относительно содержания углеводов, получаем белки 17 г, жиры 17 г, углеводы 68 г. Отклонения соответственно 8,5 г по белкам, 6,5 г по жирам.

Отклонения, полученные в ходе расчета предложенным методом и приведенные к известному соотношению, 7 г по белкам, 5 г по жирам.

Данные подтверждают, что относительный метод расчета может быть применен при вычислении химического состава блюда.

#### Список литературы:

1 Петров О. Ю. Медико-биологические и нравственные аспекты полноценного питания:

учебное пособие / О. Ю. Петров, Ю. А. Александров. – Йошкар-Ола, 2008. – 224 с.

2 Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.]. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 592 с.

3 Теплов В. И. Физиология питания: учебное пособие / В. И. Теплов, В. Е. Боряев. – М.: «Дашков и К<sup>о</sup>», 2010. – 452 с.

4 Технология продукции общественного питания: учебник / А. И. Мглинец [и др.]. – СПб.: Троицкий мост, 2010. – 736 с.: ил.

5 Товароведение однородных групп продовольственных товаров: учебник для бакалавров / Л. Г. Елисеева [и др.]. – М.: «Дашков и К<sup>о</sup>», 2013. – 930 с.

6 Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТАЦИИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МНОГОСТАДИЙНЫХ МОДЕЛЕЙ

*Мартемьянов Сергей Васильевич*

*Доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой Математики и естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, институт водного транспорта им. Г. Я. Седова, г. Ростов-на-Дону*

*Ольшанский Владимир Владимирович*

*Доцент, канд. техн. наук, начальник учебно-методического управления, институт водного транспорта им. Г. Я. Седова, г. Ростов-на-Дону*

*Гавришов Владислав Андреевич*

*Студент 2 курса, институт водного транспорта им. Г. Я. Седова, г. Ростов-на-Дону*

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрена многоэтапная транспортная модель с промежуточной обработкой по критерию времени. Предложено применение венгерского метода для её решения, а также использование адаптации исходных данных в процессе реализации плана транспортировки.

### ABSTRACT

Considered a multi-phase transport model with intermediate processing by criteria time. Suggested use of the Hungarian method for its solution, as well as the use of the adaptation of the original data in the process of implementing the transportation master plan.

**Ключевые слова:** Транспортная модель. Многоэтапная задача. Оптимальное решение. Обработка исходных данных.

**Keywords:** Transport model. Multi-phase task. Optimum solution. Processing of raw data.

В статье рассматривается модель транспортировки однородных грузов из пунктов постоянной дислокации (производства) в пункты назначения через промежуточные стадии с временным критерием. Примерами таких задач могут служить многостадийное производство, какого то продукта (например, молочное производство) или многоэтапная передислокация сил (средств) к местам выполнения задач (в т.ч. и промежуточных).

Задача заключается в составлении такого плана перевозок, при котором весь продукт (груз) вывозится и полностью обрабатывается, полностью используются возможности пунктов промежуточной обработки и удовлетворяются потребности всех пунктов назначения, а время всей операции минимально. Задачи этого класса не распадаются на одностадийные. По результатам ряда вычислительных экспериментов установлено, что общее время операции, получаемое суммированием решений одностадийных задач, в среднем на 15% и

более может превышать общее время существующего оптимального решения.

В рассматриваемой задаче возможны три основных правила вывоза обработанного продукта из пунктов промежуточной обработки:

1) по окончании обработки полуфабриката на всех промежуточных пунктах рассматриваемой стадии;

2) по готовности очередной партии продукта, доставленной ранее из какого-либо пункта отправления (транзитные перевозки);

3) по окончании обработки продукта, назначенного в рассматриваемый пункт промежуточной обработки (перевозки с накоплением).

Решение в соответствии с первым правилом интереса не представляет, т.к. в этом случае оптимальное решение может быть найдено последовательным решением независимых одностадийных задач известными методами [1, с.117]. Наиболее интересен второй вариант вывоза обработанного продукта, так как в этом случае возможно получе-

ния решения лучшего по сравнению с первым вариантом, о чем говорилось ранее, а кроме того это решение служит основой для выработки оптимального плана по третьему варианту.

Для простоты изложения рассмотрим двустадийную модель, поскольку, ее обобщение для случая многостадийной обработки не вносит существенных изменений в алгоритм. Пусть  $x_{ijk}$  - количество продукта, доставляемое из пункта  $A_i$  в  $B_k$  через пункт обработки  $Q_j$ . Для ясности изложения будем полагать, что время обработки полуфабриката на всех промежуточных пунктах не зависит от объема поступившей партии и входит во время доставки этой партии из  $i$ -й базы в  $j$ -й пункт промежуточной обработки. Требуется определить план перевозок  $\|x_{ijk}\|$ , при котором достигается минимум целевой функции

$$F = \max_{ijk} t_{ijk}(x_{ijk}), \quad (1)$$

где  $t_{ijk} = t'_{ij} + t''_{jk}$  - время доставки из  $i$ -го пункта в  $k$ -й пункт назначения, через  $j$ -й пункт промежуточной обработки;

$t_{ijk}(x_{ijk})$  - функция, определяемая следующим образом:

$$t_{ijk}(x_{ijk}) = \begin{cases} t'_{ij} + t''_{jk} & \text{при } x_{ijk} > 0, \\ 0 & \text{при } x_{ijk} = 0 \end{cases}$$

при транзитных перевозках;

$$t_{ijk}(x_{ijk}) = \begin{cases} \max_i t'_{ij} + t''_{jk} & \text{при } x_{ijk} > 0, \\ 0 & \text{при } x_{ijk} = 0 \end{cases}$$

при перевозках с накоплением.

При этом должны быть выполнены условия

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s x_{ijk} &= a_i, \quad i=1..m, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ijk} &= b_k, \quad k=1..s, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^s x_{ijk} &= q_j, \quad j=1..n, \\ x_{ijk} &\geq 0, \quad i=1..m, j=1..n, k=1..s. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Необходимое и достаточное условие решения задачи

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{k=1}^s b_k = \sum_{j=1}^n q_j, \quad (3)$$

Для поиска оптимального решения предлагается определить нижнюю границу целевой функции  $t^*$ , с помощью которой затем вычислить ограничения на величину перевозимого продукта по каждому маршруту  $d_{ijk}$  по правилу

$$d_{ijk} = \begin{cases} 0, & \text{если } t^* < t_{ijk} \quad (i=1..m, j=1..n, k=1..s), \\ \min(a_i, q_j, b_k), & \text{если } t^* \geq t_{ijk} \quad (i=1..m, j=1..n, k=1..s). \end{cases} \quad (4)$$

и решить задачу о максимальном потоке в сети с ограниченными пропускными способностями коммуникаций венгерским методом.

Если в результате решения задачи о потоке все столбцы матрицы перевозок окажутся закрытыми, то оптимальное решение найдено. В противном случае значение целевой функции увеличивается до величины следующего по возрастанию времени  $t_{ijk}$  (на величину  $\Delta t$ ), и вновь решается задача о максимальном транспортном потоке и т.д.

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s d_{ijk} &\geq a_i, \quad i=1..m, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ijk} &\geq b_k, \quad k=1..s, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^s d_{ijk} &\geq q_j, \quad j=1..n. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Невыполнение первого условия свидетельствует о невозможности вывоза всего продукта из исходных пунктов, невыполнение второго - о невозможности полного удовлетворения пунктов назначения, невыполнение третьего о невозможности полного удовлетворения потребностей пунктов промежуточной обработки. При невыполнении любого из приведенных условий (5) значение  $t^*$  увеличивается до значения следующего по возрастанию времени  $t_{ijk}$  и происходит возврат к проверке выполнения условий (5). Затем составляется исходный план перевозок одним из известных методов, например, методом северо-западного угла. При этом назначение величины перевозки в каждой клетке матрицы должно производиться по правилу:

$$x_{ijk} = \min(a'_i, q'_j, b'_k, d_{ijk}), \quad (6)$$

где  $a'_i, q'_j, b'_k$  - ресурсы и потребности соответствующих пунктов с учетом уже назначенных перевозок.

Поскольку значение  $F$  при решении задачи транзитных перевозок не превышает величины  $F$  при решении задачи с накоплением при тех же исходных данных, то предлагается получать оптимальное решение задачи с накоплением используя результаты решения задачи транзитных перевозок и исключая из него после пересчета времен перевозки со временем, равным значению  $F$ .

Предложенный подход обеспечивает безусловное получение оптимального решения при неизменных значениях исходных данных. Однако как было показано в [2, с. 102] исходные данные для решения оптимизационных задач, а особенно временные данные, могут быть подвержены изменениям, что вероятней всего приведет к неоптимальности реализуемого плана. Причинами изменений значений данных могут быть дорожная ситуация, погодные условия и прочие факторы.

В этом случае целесообразным представляется использование данных актуальных в текущий момент времени, что естественно может обеспечить лишь наличие обратной связи с лицами, вы-



полняющими план операции. Для реализации такого подхода необходимо уточнять план операции через определенные временные промежутки, в соответствии с текущим положением состоянием операции, при этом каждое из времен может измениться следующим образом:

$$t'_{ijk} = t'_{ij} + t''_{jk} + \sum_{z=1}^p (t_{реал.z} - t_{расч.z}), \quad (7)$$

где  $t_{реал.z}$  - реальное время прибытия в  $p$ -й отсчетный момент времени;

где  $t_{расч.z}$  - расчетное время прибытия в  $p$ -й отсчетный момент времени;

Таким образом, в соответствии с предлагаемым подходом уточнение плана операции должно происходить в общем случае  $p$  раз, с откорректи-

рованными исходными данными. Как показали проведенные эксперименты, использование адаптированных значений исходных данных позволяет получить в среднем на 10-15% улучшенное решение.

#### Список литературы:

1. Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Задачи линейного программирования транспортного типа. -М.: "Наука", ГРФМЛ, 1969. -384 с.
2. Мартемьянов С.В., Ольшанский В.В., Богданов А.Е. Получение интервальных оценок в условиях дефицита исходных данных. Евразийский Союз Ученых. Технические науки. – 2014. – №7. – с.101-103.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ

*Мельницкий Артем Александрович*

*Аспирант ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев;*

*Нетребский Михаил Александрович*

*Канд. тех наук, ГП "ОКБ ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины", г. Киев;*

*Рабкина Марьяна Даниловна*

*Докт. тех наук, ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев.*

*E-mail: [marjanara@yandex.ru](mailto:marjanara@yandex.ru)*

#### АННОТАЦИЯ

Цель – изучение возможностей использования нейросетевого метода оценки количественных характеристик применительно к диагностике различных систем. На основании положительных результатов, полученных в области медицинской диагностики, сформулирована концепция создания автоматизированной обучающей системы в сфере технической диагностики. Предложена ориентировочная дорожная карта действий для выполнения задач автоматизации в диагностике материалов и конструкций.

#### ABSTRACT

The aim – studying the possibilities of using the neural network method for assessment the quantitative characteristics as applied to the diagnostics of various systems. Based on the positive results obtained in the field of medical diagnostics, there is formulated the concept of creating the automatic training system in the field of technical diagnostics. There is proposed the indicative road map of actions to perform automation tasks in the diagnostics of materials and constructions.

**Ключевые слова:** нейронные сети, автоматизация в диагностике, машинное обучение, qr-код.

**Keywords:** neural networks, automation in the diagnostics, machine training, qr-code.

Актуальность задачи автоматизации в любой сфере народного хозяйства с каждым годом приобретает все большее значение, поскольку это позволяет:

- сведение к минимуму количества ошибок при проведении исследований и обработке данных;
- ускорение исследований и повышение эффективности использования оборудования;
- снижение финансовых расходов и уменьшение затрат рабочего времени персонала при подготовке текущей и отчетной документации;
- обеспечение оперативного доступа к результатам исследований и соблюдение требований информационной безопасности.

Что нового могут дать современные методы машинного обучения и нейронные сети, в частности? Известно, что решение задачи автоматизации может быть осуществлено на нескольких уровнях. Хотя это разделение условно и не имеет четких

границ, однако оно существует, и логически обобщено.

*Первый* уровень автоматизации – автоматизация низкого уровня, при которой автоматизировано только оформление технологической документации.

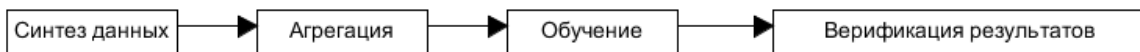
*Второй* уровень автоматизации – автоматизация среднего уровня, который достигается, когда базы данных частично сформированы и начинают работать поисковые и расчетные модули.

*Третий* уровень автоматизации – автоматизация высокого уровня, который достигается при заполнении базы данных. В этом случае становится возможным автоматизированное решение сложных логических задач, связанных, например, с выбором структуры технологического процесса и операций, назначением технологических баз и т.п.

Существующие решения, основанные на линейных алгоритмах, позволяют решать задачи на первом и втором уровнях. Что же касается треть-

го уровня, то здесь имеют место решения, основанные на способности программы устанавливать взаимосвязь между слабо коррелирующими данными, что называется логическим мышлением.

На данный момент задача искусственного интеллекта пока не решена, и тест Тьюринга [1] еще не скоро будет пройден. Но современные методы машинного обучения и анализа больших массивов данных (big data), на самом деле, могут решать подобные задачи в узко специализированном диапазоне определенной проблемы. Переходя к конкретной задаче, целесообразно разобрать пример, решение которого было представлено на первом Украинском **AI Hackathon**, прошедшем в Киеве в апреле 2016 года, где был предложен проект для диагностирования заболеваний без прямого уча-



На этапе синтеза были сгенерированы данные об анамнезах двумя путями: 1) Путем добавления шума в существующую незначительную базу реальных анамнезов.

2) Путем генерации данных из медицинских источников (справочных таблиц заболеваний и симптомов).

На этапе агрегации из полученных результатов создавали пары векторов данных, первый из которых соответствовал бит-маске симптомов (0 – отсутствует, 1 – присутствует), а второй вектор – бит-маске с заболеваниями.

Этап обучения заключается в подаче полученных данных на вход модуля принятия решений, то есть – Design Tree. Реализация данной технологии использовалась на базе библиотеки sciPy, языка Python.

Для верификации использовались реальные данные анамнезов. В результате удалось решить задачу диагностики на третьем уровне автоматизации в столь, казалось бы, сложной проблеме.

Переходя к вопросу диагностики материалов и конструкций, следует отметить, что данная задача имеет интересное решение в рамках применения нейронных сетей, как механизма распознавания образов. Формализуя задачу, и вводя на вход данные о материале, или конкретной конструкции, например, толстостенного промышленного котла, необходимо понять, выходит ли его состояние за пределы допустимых значений, с учетом совокупного влияния всех факторов и параметров. С этой целью ранее была рассмотрена задача диагностики заболеваний, ибо, как и в приведенном случае,

здесь так же необходимо учесть влияние всех факторов, количество которых может быть достаточно велико. В этом случае пользоваться вектором данных не представляется возможным по той причине, что при появлении каждого нового параметра (фактора), будет меняться формат данных для обучения. Преодолеть трудности при этом удастся, если воспользоваться qr-кодом, поскольку он допускает одновременное введение порядка 7089 факторов (цифр). Теперь все наши данные с помощью простого алгоритма классификации можно перевести в qr-код (рис. 1).



Рисунок 1. Пример qr-code

Из этого становится понятным, почему выше шла речь о нейросетях. Полученный qr-код можно передать в нейросеть, как материал для обучения, а на выход – для создания механизма обратной связи, предотвращающей проникновение и распространение ошибки, подать такой же qr-код, составленный специалистами, и отвечающий требованиям нормативных документов.

Суть задачи сводится к тому, чтобы система научилась распознавать и сравнивать qr-код реального состояния конструкции и qr-код требуемого состояния, определенного специалистами (рис. 2).

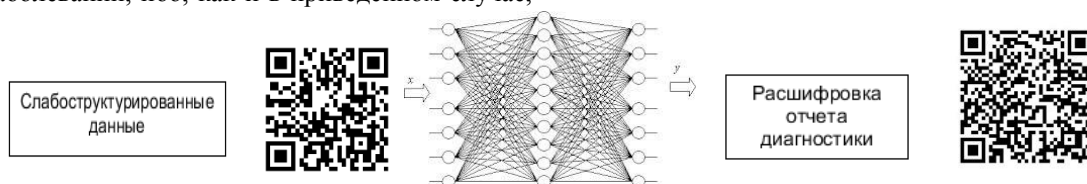


Рисунок 2. Схематическое изображение нейронной сети

Если мы обратимся к начальным тезисам данной статьи, то увидим, что в случае удачной ре-

лизации этой идеи, мы также получаем способы удобного компактного хранения и передачи отчетов о диагностике.

В рамках развития предложенной идеи планируется:

- ✓ провести эксперимент на конкретных данных и абстрактных моделях для прохождения полного цикла жизни полученного решения;
- ✓ извлечь обучающую выборку из существующих открытых архивов с помощью автоматизированных механизмов распознавания текста и дальнейшего лексического анализа полученной оцифрованной информации;
- ✓ использовать модульную библиотеку Py-Brain, предназначенную для реализации различ-

ных алгоритмов машинного обучения на языке Python.

#### Список литературы:

1. Тьюринг А. Вычислительные машины и разум [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82\\_%D0%A2%D1%8C%D1%8E%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82_%D0%A2%D1%8C%D1%8E%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0)
2. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.slideshare.net/DigiFuture/docassist>
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://scikit.learn.org/stable/modules/generated/sklearn.tree.DecisionTreeRegressor.html>

## ОПТОВОЛОКОННЫЙ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ БОЛЬШИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Горбачев Олег Викторович*

*Канд. техн. наук, Президент Ассоциации «Еврокабель», Москва*

*Самохвалов Сергей Яковлевич*

*Канд. техн. наук, доцент МПУ, Ген. дир. НПП «Свет», Москва*

*Артюхов Денис Иванович*

*Инженер программист Инновационного центра «Оптика», Москва*

#### АННОТАЦИЯ

Работа направлена на увеличение чувствительности акустико-эмиссионного способа контроля пластических деформаций и снижение затрат. Сигнал акустической эмиссии (АЭ) регистрируется волоконно-оптическим распределенным датчиком, что значительно расширяет частотный спектр регистрируемых сигналов, снижает аппаратные и монтажные затраты. Способ позволяет обнаружить на ранней стадии наиболее опасные участки, в которых может произойти разрушение контролируемой инженерной конструкции. Имеется возможность проводить постоянный дистанционный мониторинг за механизмом образования и развития дефектов в рабочих условиях, оценивать вероятность возникновения аварий и техногенных катастроф.

#### ANNOTATION

Work is directed to on an increase the sensitiveness of acoustic-emissive method of control of flowages. The signal of acoustic emission (АЭ) registers oneself the fiber-optic up-diffused sensor, that extends the frequency spectrum of the registered signals considerably, reduces apparatus and assembling expenses. A method allows to find out on the early stage the most dangerous areas destruction of the controlled engineering construction can happen in that. There is possibility to conduct permanent RMON after the mechanism of education and development of defects in working terms, to estimate probability of origin of accidents and technogenic catastrophes.

**Ключевые слова:** пластическая деформация, зонный контроль, пьезоэлектрические преобразователи, акустическая эмиссия, оптоволоконные датчики.

**Keywords:** flowage, zone control, piezoelectric transformers, acoustic emission, оптоволоконные датчики.

Технический прогресс несет для общества не только улучшение жизни, но и увеличение рисков возникновения аварий и техногенных катастроф. Со временем стареют мосты, платины ГЭС, ядерные реакторы, жилые и промышленные строения, транспортные магистрали, газопроводы, нефтепроводы, и другие сложные и протяженные технические конструкции и сооружения. Разрушение инженерных конструкций начинается с пластической деформации основных ее элементов. Поэтому, для прогнозирования техногенных катастроф необходим постоянный контроль пластической деформации основных элементов инженерных конструкций.

Для измерения величины пластической деформации наиболее часто используется акустико-

эмиссионный способ зонного контроля [1], принцип которого заключается в регистрации вибрации возникающей при растрескивании хрупкого вещества, нанесенного на контролируемый объект. В качестве хрупкого вещества обычно используют эпоксидную смолу без добавления пластификатора. После затвердевания смолы, на нее устанавливают локальные пьезоэлектрические преобразователи акустической эмиссии (ПАЭ), на предварительно зачищенные контактные поверхности. Способы крепления локальных датчиков (ПАЭ), должны обеспечивать надежный акустический контакт с поверхностью. Соединительные кабели крепят с помощью магнитов, бандажей, прижимов таким образом, чтобы не было их натяжения в процессе испытания. Данный способ

сложный и дорогой, имеет не высокую чувствительность, требует применения большого количества датчиков, соединительных проводов, многоканальной измерительной аппаратуры.

Иногда применяют дополнительное дистанционное визуальное наблюдение за контролируруемыми объектами по картине растрескивания хрупких покрытий. Но это ведет только к усложнению аппаратуры, и ее удорожанию. Причем, визуальное наблюдение не увеличивает чувствительность метода. Тем не менее, измерение деформаций и механических напряжений методом хрупких тензочувствительных покрытий с использованием АЭ измерительного комплекса широко применяется, обеспечивает возможность обнаружения и регистрацию локальных развивающихся дефектов на сравнительно ранних стадиях их образования и развития. Этот метод позволяет классифицировать дефекты по размеру и опасности, выявлять дефекты и наблюдать за их образованием и развитием в рабочих условиях, обеспечивать проведение постоянного дистанционного мониторинга.

Количество локальных датчиков, для больших протяженных объектов может достигать сотен и даже тысяч штук. Например, акустико-эмиссионные системы Лель /A-LINE 96D (DDM), содержит до 96 датчиков (ПАЭ). Каждый из датчиков должен быть присоединен к измерительной аппаратуре. Причем, длина сигнального кабеля не должна превышать 2 м. Поэтому, часто применяют встроенные в датчик (выносные) усилители. При этом необходимая чувствительность достигается только вблизи датчиков, а в удаленных от них зонах она существенно снижена из-за затухания АЭ сигнала. Также растет затухание АЭ сигнала и уменьшается чувствительность, если увеличивается частота АЭ сигнала до сотен кГц, а значит, регистрируется только низкочастотный спектр сигнала, следовательно, полученная информация не обладает достаточной достоверностью.

Для снижения стоимости АЭ метода контроля пластических деформаций, и увеличения его чувствительности, авторами данной работы были использованы оптоволоконные охранные устройства. Такие устройства позволяют фиксировать механические вибрации по всей длине оптического кабеля (до сотен километров), с локализацией источника вибрации до 3-х метров. [2] Оптический кабель является распределенным датчиком вибра-

ции, и одновременно, выполняет функцию канала связи для передачи полезного сигнала. Однако распределенный оптоволоконный датчик обладает гораздо меньшей чувствительностью по сравнению с пьезоэлектрическими датчиками. Такие вибрации могут возникать уже при разрушении объекта, а не в предшествующий разрушению период при его пластической деформации. Для повышения чувствительности оптоволоконного способа регистрации пластической деформации, покрытие наносится непосредственно на оптоволоконно, перед его креплением на контролируемую конструкцию. После затвердевания покрытия, оно становится хрупким, и жестко фиксирует оптоволоконно на поверхности конструкции. При малейшей деформации деталей конструкции, хрупкое покрытие растрескивается, вызывая изменения светового сигнала в оптической кабеле. По сравнению с зонным контролем, использующим локальные пьезоэлектрические датчики, такой способ имеет более высокую чувствительность, поскольку акустический эмиссионный сигнал зарождается в непосредственной близости от оптического волокна, и воздействует на него, меняя модовое поле, распространяемое по волокну. При этом значительно расширяется частотный спектр регистрируемых АЭ сигналов, увеличивается зона мониторинга, снижаются аппаратные затраты, и обеспечивается возможность контроля в широком температурном диапазоне.

На рисунке 1 изображена упрощенная структурная схема устройства, поясняющая способ волоконно-оптического акустико-эмиссионного контроля пластической деформации объекта. Схема содержит блок для формирования оптического зондирующего сигнала – оптический излучатель (2ОИ), и устройство для непрерывного направленного ввода оптического сигнала (ЗУВ) в распределенный чувствительный элемент (4РЧЭ). В качестве оптического излучателя используется светодиод (для малых длин РЧЭ), а для длин РЧЭ более 30 метров, используется полупроводниковый лазер. РЧЭ закрепляется на объекте (инженерном сооружении), для чего при монтаже на него наносят с помощью экструдера специальный клей - полимеризирующийся материал, который также обеспечивает его фиксацию и механический контакт с контролируемым объектом.

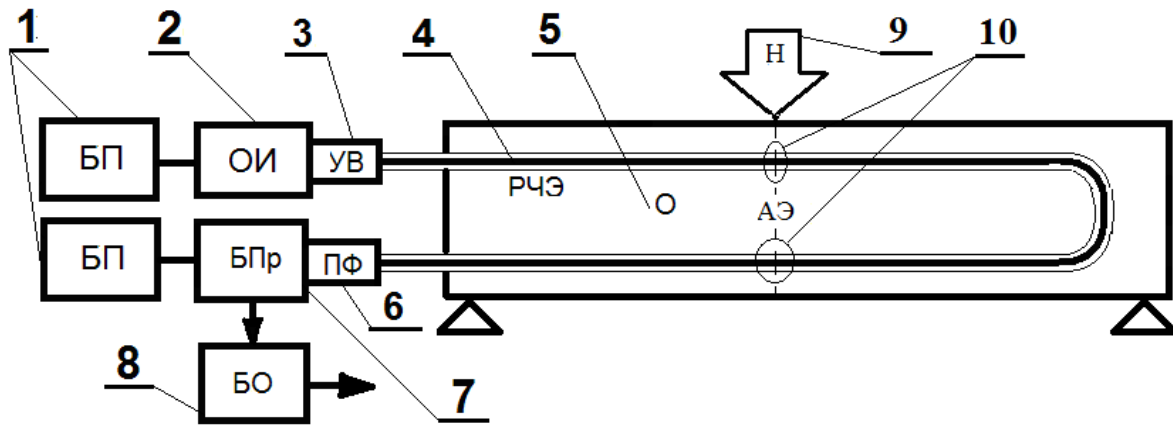


Рисунок 1. Упрощенная структурная схема волоконно-оптического акустико-эмиссионного устройства для регистрации пластической деформации крупных инженерных сооружений

1. БП – блоки питания (2 шт.), 2. ОИ – оптический излучатель, 3. УВ – устройство ввода оптического сигнала, 4. РЧЭ – распределенный чувствительный элемент, покрытый хрупким затвердевшим клеем, обеспечивающим крепление датчика (РЧЭ) на объекте, 5. О – исследуемый объект (в эксперименте - бетонный блок на двух опорах), 6. ПФ – пространственный фильтр, 7. БПр – блок приема оптического излучения, 8. БО – блок обработки, 9. Н – нагрузка, 10. АЭ – наиболее вероятные зоны возникновения акустической эмиссии.

После затвердевания клей становится хрупким, и генерирует сигнал акустической эмиссии, растрескиваясь от механического воздействия, при деформации контролируемого объекта. АЭ сигнал почти без затухания доходит до РЧЭ, т.к. хрупкий материал находится в непосредственной близости, на поверхности оптического волокна. АЭ сигналы изменяют модовое поле, и регистрируются на выходном торце волокна, по изменению статической спекл-структуры. После прохождения пространственного фильтра (6ПФ), АЭ сигналы преобразуются блоком приема оптического излучения (7БПр) в электрические сигналы, которые поступают на блок обработки (8БО). Блок обработки сравнивает принимаемый сигнал с эталонным сигналом, который соответствует невозмущенному состоянию сенсора, и детектирует опасные деформации контролируемого объекта. При определенном механическом воздействии на РЧЭ, превышающем установленный порог или обрыве РЧЭ, формируется сигнал тревоги. Для увеличения достоверности, этот сигнал тревоги формируется при превышении заданного уровня нескольких импульсов за короткий промежуток времени (время накопления импульсов). Полученная информация позволяет оценить величину и место деформации контролируемого объекта (5О). В качестве клея (хрупкого материала) использовалась эпоксидная смола без добавления пластификатора, а в качестве датчика АЭ, использовалось сенсорное оптическое волокно (распределенный чувствительный элемент - 4РЧЭ), работающее в многомодовом режиме. Источник и приемник оптического излучения запитаны от блоков питания (1БП). Конструктивно система мониторинга выполнена в ви-

де двух функционально законченных герметичных блоков в модульном исполнении (блок излучателя, блок приема и регистрации), которые соединяются между собой распределенным чувствительным элементом (РЧЭ).

В Инновационном центре «Оптика» были проведены многочисленные испытания данного способа, с применением волоконно-оптической системы «СОВА». [3] Такая система позволяет контролировать пластическую деформацию протяженных объектов (до 1 км), по всей длине оптического волокна. Экспериментальные результаты показали высокую чувствительность заявляемого способа при определении пластической деформации крупных объектов, простату реализации, технологичность, и экономическую эффективность, по сравнению с зонными методами акустической эмиссии. Стоимость волоконно-оптических систем для контроля пластических деформаций, и время их установки на большие инженерные конструкции, в сотни раз меньше чем у акустико-измерительных комплексов с локальными датчиками.

Далее приведены некоторые результаты одного из экспериментов. Эксперимент проводился при следующих условиях: 1. «Время накопления» импульсов, превышающих установленный «порог чувствительности»: 5, 10, 15, 20 с. 2. «Количество импульсов» за «время накопления»: 1, 2, 3, 4 шт. 3. После регистрации срабатывания формировалась пауза 200 мс (запрет считывания) для борьбы с колебательным процессом в оптическом кабеле. 4. Установка «времени накопления» импульсов и «количество импульсов» производилась двухпозиционным DIP переключателем.

Количество срабатываний		Время наблюдения с момента первого срабатывания (с)	
00	1	00	5
01	2	01	10
10	3	10	15
11	4	11	20

Описанный способ может найти широкое применение, поскольку является простым, недорогим, надежным, он позволяет осуществлять раннее прогнозирование образования дефектов инженерных конструкций, что способствует предотвращению аварий и техногенных катастроф.

#### Литература

1. Руководящий документ РД 03-131-97. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного метода контроля сосудов, аппара-

тов, котлов и технических трубопроводов, 2009. - С.8-11.

2. Горбачев О.В., Самохвалов С.Я., Волоконно-оптическое охранное устройство на основе релеевского рассеяния, патент РФ на полезную модель № 128372 - 2013.

3. Горбачев О.В. Волоконно-оптическая система ТСО «Сова» // Lightwave Russian Edision. – 2006. №1. – С. 46.

---

## МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ СЕТЕЙ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

---

*Семенец Вячеслав Олегович*

*Аспирант Уральского технического института связи и информатики, г. Екатеринбург*

#### Аннотация

Цель данной работы рассмотреть методы оптимизации беспроводного доступа с помощью аналитического метода. Результатом данной работы является анализ проблем при построении систем связи и выявление основных методов их решения.

#### ABSTRACT

The purpose of this paper to consider the methods of optimization of wireless access using the analytical method. The result of this work is to analyze the problems in the construction of communication systems and the identification of the main methods for solving them.

#### Ключевые слова

Методы оптимизации сетей беспроводного доступа, проблемы оптимизации сетей связи, решение проблем оптимизации систем связи.

#### Keywords

Methods for optimization of wireless access networks, networks optimization problem, the solution of the optimization problem of communication systems

Беспроводные вычислительные сети, это сети без использования проводки. Информация передается за счет радиоволн. С одной стороны использование таких сетей это очень удобно, с другой вызывает большие проблемы с оптимизацией и интеграцией данных сетей.

Беспроводные сети в наше время используются повсеместно и чем больше их становится тем труднее становится их оптимизировать так, что бы они работали корректно, а именно не вызывали у друг друга помех и других препятствующих факторов. Поэтому актуальность методов оптимизации

таких сетей на сегодняшний день очень высока.

Существует 2 варианта настройки устройств для беспроводного доступа:

#### BSS

Режим BSS наиболее часто используют. Его иногда называют режимом инфраструктуры. Он позволяет контролировать небольшое количество точек беспроводного доступа, которые подключают к проводной сети передачи данных. Каждое беспроводная сеть имеет собственное имя. Это имя является идентификатором SSID сети.

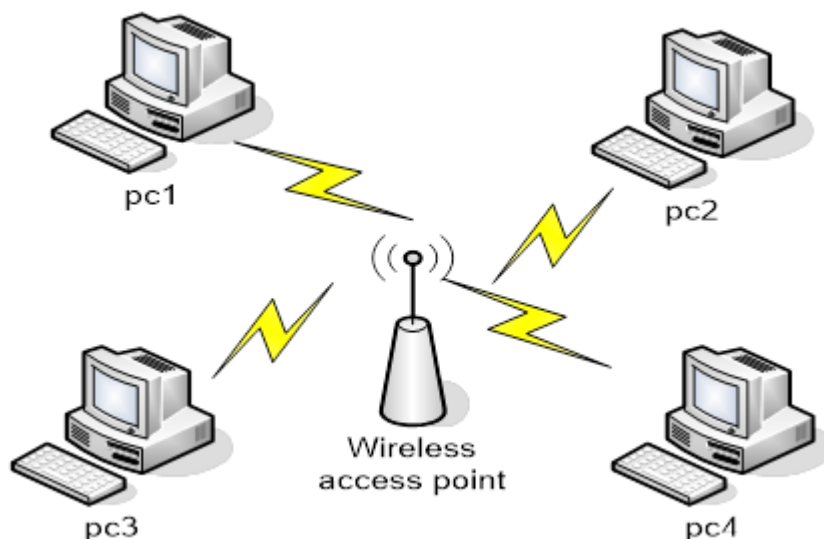


Рисунок 2 – режим BSS

К каждой из точек беспроводной сети подключаются клиенты этой сети.

Второй режим это IBSS он предназначен для соединения точка-точка. Точки Беспроводные устройства, участвующие в сети, которые являются точками доступа, позволяют определенному числу клиентов выбранной ими сети беспроводного доступа использовать их в роли центрального сетевого концентратора. При использовании точки доступа все клиенты работают через неё. Зачастую используются несколько точек доступа для полного покрытия беспроводной сетью некоторой зоны, такой, как дом, офис или парк.

Беспроводные устройства играют роль точек доступа, которые позволяют гораздо большему числу абонентов пользоваться ими в качестве центрального сетевого концентратора. При использовании точки доступа все клиенты работают через неё. Несколько точек доступа необходимо использовать на большой территории, например площадь, ресторан, парк, улица или жилой многоквартирный дом.

#### Оптимизация сетей беспроводного доступа

Существует много причин, которые могут привести к появлению проблем, одной из наиболее важных является затухание.

потеря мощности сигнала. Это отношение мощности сигнала на выходе передатчика к мощности сигнала на входе приемника, выраженное в децибелах (дБ). Чем меньше **затухание**, тем сильнее сигнал на входе приемника, тем лучше

Источником затухания может быть даже такая вещь, как алюминиевый сайдинг дома. Так же затухание вызываю поглощающие материалы, сила поглощения отчасти зависит от содержания в таких веществах воды. Например, дерево и бетон создает больше проблем, чем, к примеру, пластик.

Признак проблемы – это слабый сигнал. Способы оптимизации следующие:

- 1) Прямая видимость точек доступа
- 2) Установка направленных антенн
- 3) Увеличение мощности передатчика и чувствительности приемника

Следующая проблема это шум. В отличие от затухания он вызывает помехи (шумы). Симптомы почти те же что и у затухания, поэтому и способы решения можно применять те же, но стоит понимать, что более мощный передатчик будет мешать соседнему из-за интерференции сигналов.

Следующим фактором является количество человек, которые используют одну и ту же точку доступа. Самая большая проблема конкуренции — это возможность использовать только один радиоканал одновременно. Абоненты по очереди занимают выделенный им канал и должны завершить сеанс в строго отведенное время. Это одна из самых трудных проблем синхронизации Wi-max с Linux. Все стандартные настройки произведены так, что бы максимально удовлетворять потребностям в стандартных ситуациях, но это достаточно неэффективно с большим количеством разногласий (коллизий).

Проявляется данная проблема следующим образом:

- 1) Невозможность установить соединение
- 2) Частые задержки при загрузке web-страниц
- 3) Много поврежденных пакетов.

Решение данной проблемы:

1) Увеличение скорости подключения каждого отдельно взятого абонента.

2) Разбивка пакетов на меньшие фрагменты

3) Включение rts handshaking. Перед отправкой пакета происходит предварительный обмен с точкой доступа для того, что бы убедиться в том, что она готова принять данные.

4) Увеличение количества повторов. Когда конкуренция велика при подключении к одной точки доступа, наибольшее число повторов подключение позволит более эффективно проходить очереди.

Так же к одному из методов оптимизации можно отнести технологию MIMO так как она позволяет передавать больший объем информации по сути при тех же равных условиях.



Суть технологии MIMO заключается в том, что сигнал передается с использованием нескольких антенн на каждой стороне, тем самым позволяя передавать большие объемы данных, разделяя их на несколько условных каналов.

При правильном применении, можно удвоить частоту пропускания стандарта Wi-Fi 802.11 с 20 МГц канала на 40 МГц, также можно обеспечить

более чем в два раза увеличенную пропускную способность каналов, используемых в настоящее время. Благодаря объединению MIMO архитектуры с более широкой полосой пропускания канала, получается очень мощный и экономически целесообразный подход для повышения физической скорости передачи.

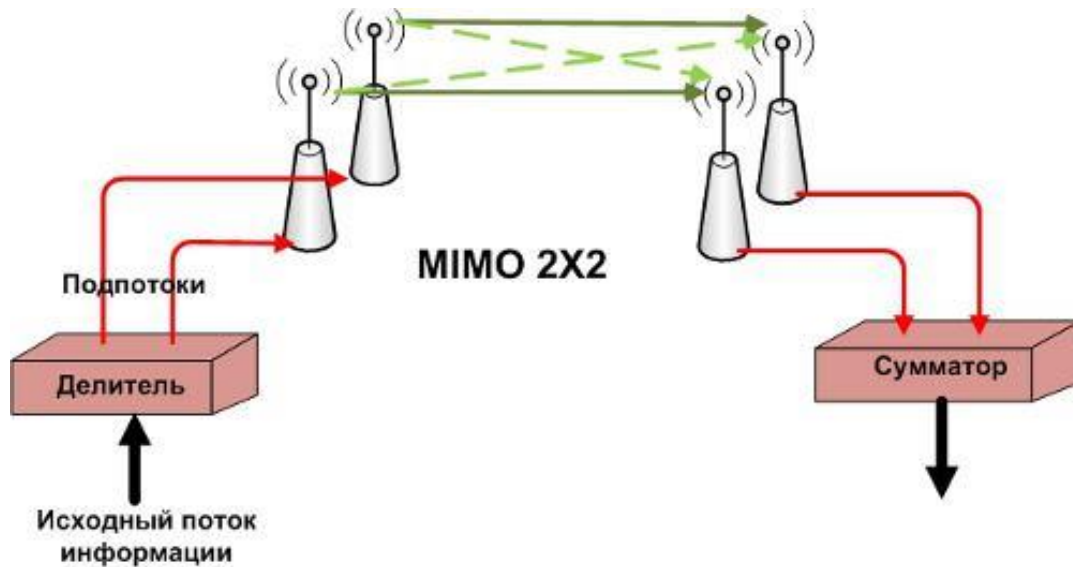


Рисунок 2 – Принцип работы технологии MIMO

При использовании технологии MIMO и ширине канала 20 МГц максимальная скорость передачи данных может достигать 300 Мбит/с.

Применяется данная технология повсеместно, начиная от домашних роутеров, кончая сетями LTE.

В заключении можно сказать следующее, что бы эффективно оптимизировать свою сеть беспроводной передачи данных в начале, необходимо точно определить проблему по соответствующим симптомам. А при выборе метода оптимизации необходимо понимать границу допустимого, так как, например, увеличение мощности передатчика не всегда может оказаться возможным в связи с

тем, что вы вызовете проблемы у других абонентов сети.

#### Список литературы

1. Зюко, А. Г., Кловский Д. Д. Теория Электрической Связи: учеб. пособие. Мн.: Москов, 199. — 290 с.
2. Макаренко С. И., Сапожников В. И., Захаренко Г. И., Федосеев В. Е. Системы связи : учеб. пособие. 2011. — 287 с.
3. К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко; под общ. ред. К.К. Васильева. Системы связи : Теория электрической связи. 2008. — 452 с.

## СРАВНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОКОЛЕБАНИЙ В РЕЛЕЙНЫХ ЦЕПЯХ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ГИСТЕРЕЗИСОМ

*Дерипаска Алина Геннадьевна*

*Инженер-программист 1 кат, концерн Океанприбор, г. Санкт-Петербург*

*Соклакова Марина Вячеславовна*

*Старший преподаватель, СПбГЭТУ (ЛЭТИ), г. Санкт-Петербург*

*Чернышев Эдуард Павлович*

*К. т. н., профессор кафедры ТОЭ СПбГЭТУ (ЛЭТИ), г. Санкт-Петербург*

*mary-v-s@mail.ru*

#### Аннотация

Оценка устойчивости автоколебаний, описание которых возможно в аналитическом виде также должна проводиться аналитическим методом. В работе распространяется разработанный ранее авторами метод оценки устойчивости на релейные цепи с отрицательным гистерезисом.

#### Abstract

This paper extends previously developed method of assessing the resistance on the relay circuit with negative hysteresis. Description evaluation of stability self-oscillations is possible in analytical form Therefore , it should be also carried out by analytical method.



**Ключевые слова:** устойчивость, релейные цепи, автоколебания.

**Keywords:** stability, relay circuits, self-oscillations.

Разработка аналитического метода расчета автоколебаний (АК) в релейных системах (РС) привело к необходимости разработки новых также аналитических методов оценки устойчивости АК. Один из методов ( $M\tau$ ) предназначен для анализа устойчивости АК [2] симметричных при сдвиге на половину периода, в другом методе ( $MT$ ) анализируется устойчивость через период  $T$ , что позволило расширить исследования и изучить несимметричные АК.

Критерием проверки второго метода служило исследование этим методом симметричных АК и сравнение результатов с полученными по методу  $M\tau$ , который разработан авторами достаточно полно и описан в [5] и в монографии [2]. Для симметричных автоколебаний результаты проверки показали правильность метода  $MT$ . Приведем оценку соответствия методов в случае РС с «отри-

$$H(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{-k}{\prod (s - s_i)} = \frac{-80}{(s + 0,2)(s + 1,25)(s + 2)}, \quad (1)$$

причем в (1)  $X(s) \div x(t)$ ,  $Y(s) \div y(t)$  – изображения по Лапласу входного и выходного сигналов соответственно; для примера принято  $k = 80$  – статический коэффициент, а полюсы ПФ  $s_1 = -0,2$ ;  $s_2 = -1,25$ ;  $s_3 = -2$ .

АК считаем устойчивыми по Ляпунову [4], если выполняется условие

$$x_\xi(0) < \varepsilon \rightarrow |x_\xi(t)| \leq \beta(\varepsilon), t \rightarrow \infty, (2)$$

т. е. в (2) при начальной вариации  $x_\xi = \tilde{x} - x$ , меньшей бесконечно малой  $\varepsilon$ , получим конечную вариацию, не выходящую за пределы бесконечно малой  $\beta$ , зависящей от  $\varepsilon$  (при этом  $\tilde{x}$  – возмущенное значение координаты  $X$ , рассматриваемое в [2] при анализе устойчивости).

Расчет АК детально описан в [5, 2], причем при различных значениях полупериода АК в рассматриваемом примере получают устойчивые и неустойчивые АК.

Аналитический метод анализа устойчивости основан на применении теории дискретных цепей. В соответствии с [1], предполагаем, что на РС воздействует «возмущение»

$$f_{\text{вх}}(t) = \varepsilon \delta(t), \quad (3)$$

причем в (3)  $\delta(t)$  – единичная импульсная функция [1], а  $\varepsilon$  – бесконечно малая величина.

В результате происходит преждевременное срабатывание на  $\Delta t$  исходного переключения РЭ в момент  $t = 0$ , из-за изменения  $x(t)$  происходят преждевременные срабатывания РЭ в моменты времени  $t = n\tau$  на бесконечно малые интервалы

$$\Delta t_n = x_\xi(n\tau) / \dot{x}_0, \quad (4)$$

«цательным» гистерезисом [3], где возможны и устойчивые, и неустойчивые варианты АК.

Предполагаем, что сигнал  $X$  на входе релейного элемента (РЭ), имеет прямоугольную форму с нормированными высотой и шириной. Условно считаем, что при  $t = 0$  координата  $X$ , увеличиваясь (т. е. скорость  $\dot{x} > 0$ ), достигла значения  $x = -1$ . Происходит переключение РЭ с уровня  $y(t-) = -1$  к уровню  $y(t+) = +1$ . Считаем, что после этого координата  $X$  в режиме АК продолжает увеличиваться, достигая максимума  $x_{\text{max}} > 1$ . Затем при уменьшении  $X$  происходит обратное переключение РЭ при  $x = 1$ .

Передаточная функция (ПФ) линейной части (ЛЧ) системы, охватывающей РЭ, имеет вид

причем в (4)  $x_\xi$  – вариация координаты  $X$ ;  $\dot{x}_0 = \dot{x}(0-)$  – скорость изменения координаты  $X$  в момент, непосредственно предшествующий переключению РЭ при  $t = 0$ .

Из-за преждевременных срабатываний РЭ появляется вариация сигнала на выходе РЭ  $y_\xi = \tilde{y} - y$ , здесь  $\tilde{y}$  – «возмущенная» координата [4] на выходе РЭ, представляющая собой смещение на  $\Delta t_n$  знакопеременных прямоугольных импульсов. В результате вариация  $y_\xi$  – это короткие прямоугольные импульсы бесконечно малой площади, которые для симметричных АК в методе  $M\tau$  можно описать периодической знакопеременной последовательностью дельта-функций [1]

$$y_\xi(t) = 2\Delta t_n \delta(t - n\tau), \quad (5)$$

причем в (5) коэффициент «2» обусловлен переключением РЭ с уровня «-1» к уровню «+1».

Таким образом с учетом (3) – (5) вариации переменных в РС можно приближенно описать уравнениями, которые представляют собой уравнения некоторой дискретной цепи (ДЦ), описывающие значения переменных в дискретные моменты времени  $t = n\tau$ , т. е. дискретные последовательности сигналов [1]:

$$\left. \begin{aligned} y_\xi(t) &= 2\dot{x}_0^{-1} [\varepsilon \delta(t) + x_\xi(t)], t = n\tau \\ X_\xi(s) &= H(s) Y_\xi(s) \end{aligned} \right\}$$

Учитывая дискретные последовательности и z-преобразование сигналов

$$\left. \begin{aligned} y_{\xi}(n\tau) &= 2\dot{x}_0^{-1} \left[ \varepsilon \delta_0(n\tau) + x_{\xi}(n\tau) \right] \\ X_{\xi}(z) &= H_{\text{Д}}(z) Y_{\xi}(z) \end{aligned} \right\}, (6)$$

причем в (6)  $\delta_0(n\tau)$  – это дискретная дельта-функция [1], а  $H_{\text{Д}}(z)$  – ПФ эквивалентной ДЦ, описывающая ЛЧ.

Окончательно уравнения (6) с использованием z-преобразования [1] записываем в виде

$$\begin{aligned} Y_{\xi}(z) &= 2\dot{x}_0^{-1} \left[ \varepsilon + X_{\xi}(z) \right]; \\ X_{\xi}(z) &= H_{\text{Д}}(z) Y_{\xi}(z). \end{aligned} \quad (7)$$

Решая (7), находим ПФ замкнутой ДЦ:

$$P(z) = \sum \frac{2B_i s_i}{1 + e^{s_i \tau}} - \sum \frac{2B_i s_i z}{z - e^{s_i \tau}} = \sum \frac{2B_i s_i e^{s_i \tau} (-1 - z)}{(1 + e^{s_i \tau})(z - e^{s_i \tau})} = 0.$$

Первый корень здесь будет  $z_1 = -1$ , что соответствует «физической картине» установившихся симметричных АК через половину периода  $\tau$ . Остальные корни с учетом данных численного примера для полупериода  $\tau = \tau_2 = 1,6025$   $z_2 = -0,5234$ ;  $z_3 = 0,0076$ , что соответствует условию устойчивости и совпадает с данными полученными значительно сложнее.

$$H_{\text{Д}}(z) = \sum B_i s_i (1 - e^{-s_i \tau}) z / (z - e^{s_i \tau}) + \sum B_i s_i e^{-s_i \tau}.$$

$$\begin{aligned} \text{А знаменатель ПФ } P(z) &= \sum \frac{2B_i s_i}{1 + e^{s_i \tau}} - \sum 2B_i s_i \left[ e^{-s_i \tau} + (1 - e^{-s_i \tau}) z / (z - e^{s_i \tau}) \right] = \\ &= \sum 2B_i s_i e^{s_i \tau} (1 - z) / \left[ (1 + e^{s_i \tau})(z - e^{s_i \tau}) \right] = 0. \end{aligned}$$

Первый корень  $z_1 = 1$ , что также полностью соответствует «физической картине» повторяемости АК через период  $T$ . Остальные корни, например, в случае  $T = 2\tau$  в том же примере для  $\tau = \tau_2 = 1,6025$  и периода  $T = 2\tau_2 = 3,205$  получим  $z_2 = -0,5911$ ;  $z_3 = 0,0026$ , также соответствует условию устойчивости и по модулю незначительно отличаются от корней в методе  $M\tau$ ,

Для полупериода  $\tau = \tau_1 = 0,8061$  и периода  $T = 2\tau_1 = 1,6122$  получим корни  $z_2 = -4,1429$ ;  $z_3 = -0,0306$ , что, как и в методе  $M\tau$ , полностью соответствует неустойчивому варианту АК.

Таким образом, в целом данные обоих предложенных методов оценки устойчивости АК, рассмотренные для одинаковых условий симметрич-

$$H_3(z) = \frac{X_{\xi}(z)}{\varepsilon} = \frac{2\dot{x}_0^{-1} H_{\text{Д}}(z)}{1 - 2\dot{x}_0^{-1} H_{\text{Д}}(z)}.$$

Корни  $z_i$  знаменателя ПФ определяют устойчивость ДЦ. Условие устойчивости ДЦ  $|z_i| \leq 1$ , что соответствует условию устойчивости по Ляпунову.

Найдя начальное значение скорости  $\dot{x}_0 = x(0)$ , импульсную характеристику в дискретные моменты времени и ПФ ДЦ  $H_{\text{Д}}(z)$ , получим знаменатель ПФ

Для полупериода  $\tau = \tau_1 = 0,8061$  получим корни полинома  $z_2 = -2,6253$ ;  $z_3 = 0,0238$ , что соответствует неустойчивым АК и совпадает с данными полученными значительно сложнее.

В более общем методе  $MT$  необходимо вместо полупериода использовать период, в результате чего ПФ ДЦ будет

ных АК, соответствуют друг другу, т. е. в одном случае свидетельствуют, что АК устойчивы, а в другом – неустойчивы. В то же время численные значения остальных корней, описывающих АК, в обоих методах несколько различаются, что свидетельствует о меньшей скорости сходимости метода анализа АК через период  $T$ . Очевидно, это объясняется тем, что в методе  $M\tau$  анализа АК через половину периода  $\tau = T/2$  действует «большая» отрицательная обратная связь, так как коррекция проходит в два раза чаще, чем в методе  $MT$ .

Преимущество метода  $MT$  в его универсальности, так как он позволяет анализировать несимметричные АК в РС, что методу  $M\tau$  недоступно. Оба разработанных метода являются аналитическими и аналогов фактически не имеют, поскольку известные классические методы расчета АК (только через период  $T$ ) являются приближенными и могут быть использованы для ограниченного числа ПФ.

**Список литературы:**

1. Бычков Ю.А., Золотницкий В.М., Чернышев Э.П. Основы теории электрических цепей. СПб.: Издательство «Лань», 2005.
2. Морозов Д. А., Соклакова М. В., Чернышев Э. П. Аналитический расчет релейных цепей и систем / Монография. СПб., Изд. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.
3. Ружников В. А., Чернышев Э. П. Расчет автоколебаний в цепях, содержащих элементы с отрицательной гистерезисной релейной характе-

ристической. / «Электричество», 1992, №10, с. 51 – 53.

4. Цыпкин Я. З. Релейные автоматические системы. М.: Наука, 1974.

5. Чернышев Э. П., Мясоедов Г. Б., Ружников В. А., Метод точного расчета автоколебаний в электрических цепях, содержащих нелинейные элементы с релейной гистерезисной характеристикой / Известия вузов «Электромеханика», 1987, №11, с. 125-128.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЛЕКТИВОВ КЛАССИФИКАТОРОВ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К МЕТА-ПРИЗНАКАМ

*Суханов Дмитрий Андреевич<sup>1</sup>  
Брестер Кристина Юрьевна<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Коммерческий директор, ООО «Стройтехнологии», г. Красноярск

<sup>2</sup>К.т.н., ст. преподаватель кафедры высшей математики, СибГАУ,  
г. Красноярск

<sup>1</sup>stroit24@gmail.com, <sup>2</sup>abahachy@mail.ru

**Аннотация**

Разработан подход для распознавания жестов, основанный на переходе к мета-признакам. Существенными преимуществами являются: сокращение признакового пространства и возможность применения коллектива различных классификаторов. На основании результатов экспериментов можно заключить, что в рамках данного подхода возможно достижение высокой точности распознавания жестов (до 97%).

**Abstract**

An approach for gesture recognition based on the use of meta-features was developed. The main advantages are: the dimensionality of a feature vector is reduced and it is possible to use ensembles of classifiers. According to the experimental results, this approach enables to achieve a high accuracy of gesture recognition (up to 97%).

**Ключевые слова:** распознавание жестов, переход к мета-признакам, коллектив классификаторов.

**Key words:** gesture recognition, meta-features, ensemble of classifiers.

Среди методов, наиболее часто применяемых для распознавания жестов, можно выделить сети Маркова, DTW-алгоритм для выравнивания временных рядов, рекуррентные нейронные сети, подходы, основанные на переходе к мета-признакам [1, 2, 3]. В работе [4] было показано, что переход от временного ряда к мета-характеристикам, агрегирующим информацию за определенный временной интервал, демонстрирует наилучший результат.

Поэтому было решено разработать подход, основанный на переходе к новым мета-признакам и позволяющий в дальнейшем применять коллективы классификаторов различной природы для повышения надежности системы.

Жест или последовательность жестов принято описывать в форме временного ряда:  $X = \{\bar{x}^1, \bar{x}^2, \dots, \bar{x}^n\}$ , где  $\bar{x}^i$  – совокупность значений признаков в момент времени  $i$ . Всего таких дискретных измерений  $n$ . Для описания жеста используются измерения, полученные из таких каналов как: положение ладони относительно подбородка (координаты  $x, y, z$ ), поворот ладони, наклон пальцев.

В предлагаемом подходе [5] вместо временно-го ряда используются мета-признаки, включающие такие характеристики атрибутов как:

– оценка математического ожидания  $\hat{m}_j = \sum_i \frac{x_i^j}{n}$ , где  $j$  – номер атрибута в БД;

– максимальное значение признака

$$x_j^{max} = \max\{x_1^j, \dots, x_n^j\}$$

;

– минимальное значение признака  $x_j^{min} = \min\{x_1^j, \dots, x_n^j\}$ ;

– оценка среднеквадратического отклонения

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\sum_i \frac{(\hat{m}_j - x_i^j)^2}{n}}$$

Также вводится дополнительная характеристика – продолжительность жеста, т.е. количество дискретных измерений, изначально используемых для описания всего жеста.

Для исследования данного подхода использовалась БД Auslan [6], содержащая 95 слов на австралийском жестовом языке. Всего было проведено 9 сессий (в течение 9 недель): в рамках сессии каждый жест повторялся 3 раза (итого количество повторений слова в БД равнялось 27). Для получения признаков использовались перчат-

ки с сенсорами (показания фиксировались для обеих рук). Общее количество измеренных признаков – 22 (для каждой руки – 11). Три атрибута описывают положение руки относительно подбора (координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ), еще три атрибута отражают поворот ладони и пять показателей характеризуют наклон пальцев. В течение одной секунды производилось 100 измерений в дискретные промежутки времени.

На первом этапе исследование эффективности предлагаемого подхода проводилось в совокупности с набором стандартных классификаторов проводилось в формате кросс-валидационной проверки: каждая из 9 частей выборки по очереди выступала в качестве тестового множества примеров. В ходе экспериментов оценивалась точность распознавания на тестовой выборке – отношение числа верно классифицированных примеров к общему числу примеров (таблица 1). Несмотря на то, что наилучший результат демонстрирует классификатор *полносвязный перцептрон* (96,76%), в ходе статистической проверки (t-критерий Стьюдента при уровне значимости  $p=0.05$ ) было установлено, что различия с результатами, полученными при помощи модели *машины опорных векторов* (96,37%), статистически не значимы. Кроме того, *логистическая регрессия* также показывает высокую точность распознавания (94,89%).

Для повышения точности и надежности системы были спроектированы алгоритмические схемы, реализующие принятие решений коллективом классификаторов:

- Голосование (Voting) – на тестовом множестве примеров модели участвуют в голосовании за тот или иной номер класса, победителем признается класс, набравший относительное большинство голосов. Если несколько классов имеют одинаковое количество голосов, то среди них победитель определяется случайным образом.

- Взвешенное голосование (Weighted Voting) – на тестовом множестве примеров модели участвуют во взвешенном голосовании; весовые коэффициенты определяются на основании точности классификаторов на обучающем множестве. Для получения значений данных коэффициентов реализована кросс-валидационная проверка с тремя частями, т.е. на каждой из трех итераций часть обучающих примеров признается оценочным множеством.

- «Голосование с рулеткой» (Voting with proportional random choice) – на тестовом множестве примеров модели участвуют в голосовании. Также как и в схеме «Взвешенное голосование» на обучающих примерах определяются коэффициенты для каждой модели. Далее среди них по правилу рулетки определяется модель, чье решение и признается финальным (т.е. вероятность выбора того или иного классификатора пропорциональна его весовому коэффициенту).

- С помощью K-ближайших соседей (Based on K-nearest neighbours) – на тестовом множестве примеров модели участвуют во взвешенном голосовании. В данном случае для каждого тестового примера определяется множество ближайших соседей из обучающей выборки. Именно по результатам классификации на множестве ближайших соседей оцениваются коэффициенты для взвешенного голосования.

Можно отметить, что на различных тестовых примерах наиболее эффективные классификаторы (MLP, SVM, Logit) демонстрируют разную точность: например, на первом разбиении наилучший результат показали SVM, в то время как на втором – MLP, а на четвертом – Logit. Это значит, что для повышения эффективности и надежности системы целесообразно объединить в коллектив классификаторы различной природы.

Таблица 1

Сравнение эффективности коллективов классификаторов.  
Точность распознавания, %

	MLP	SVM	Logit	Voting	Weighted Voting	Voting with Prob.	Based on K-nn (k=3)	Based on K-nn (k=5)	Based on K-nn (k=10)
1	83,509	85,614	81,053	87,719	86,316	87,719	88,070	87,368	88,772
2	92,632	90,175	87,368	93,333	93,333	92,983	92,983	93,333	92,983
3	98,246	96,842	97,895	98,246	98,246	98,246	97,894	97,895	97,895
4	99,298	99,649	100,000	99,649	99,649	99,649	99,649	99,649	99,649
5	98,597	98,597	98,246	98,597	98,597	98,597	98,597	98,597	98,597
6	99,298	98,597	98,246	99,298	99,298	99,298	99,298	99,298	99,298
7	99,649	98,947	96,491	99,298	99,298	99,649	99,298	99,298	98,947
8	99,649	99,298	96,140	99,649	99,649	99,649	99,649	99,649	99,649
9	100,000	99,649	98,597	100	100	100	100	100	100
	96,764	96,374	94,893	<b>97,310</b>	97,154	<b>97,310</b>	97,271	97,232	<b>97,310</b>

В таблице 1 представлены результаты тестирования коллективов классификаторов, в которых финальное решение формируется по разным алгоритмическим схемам. В ансамбли были включены

полносвязный перцептрон, машины опорных векторов и логистическая регрессия. На основании полученных результатов можно заключить, что ни один из ансамблей не уступает по точности самой

эффективной модели. Кроме того, использование коллективов моделей позволяет избежать выбора одного наиболее эффективного классификатора.

На данном этапе проанализированы существующие подходы к распознаванию жестов человека. За основу разрабатываемой технологии взята идея перехода к новым классификационным признакам. Реализована программная система, с помощью которой была исследована эффективность предлагаемого подхода в совокупности с различными классификаторами. В результате тестирования коллективов классификаторов было выявлено, что ни один из ансамблей не уступает по точности самой эффективной модели. А это значит, что применение коллектива классификаторов оправдано и с точки зрения надежности системы, и в силу отсутствия необходимости выбора одной наиболее эффективной модели для рассматриваемой задачи.

#### Список литературы:

1. Liang R.-H., Ouhyoung M. A Real-time Continuous Gesture Recognition System for Sign Language // Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Proceedings, 1998.
2. Lichtenauer J. F., Hendriks E. A., M. Reinders J.T. Sign Language Recognition by Combining Statistical DTW and Independent Classification // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 30, no. 11, 2008.
3. Gweth Y. L., Plahl C., Ney H. Enhanced Continuous Sign Language Recognition using PCA and Neural Network Features // Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2012 IEEE Computer Society Conference on. Providence, Rhode Island.
4. Kadous, M. W. Temporal Classification: Extending the Classification Paradigm to Multivariate Time Series // PhD Thesis (draft), School of Computer Science and Engineering, University of New South Wales, 2002.
5. Суханов Д.А. «Об эффективности перехода к мета-признакам в задаче распознавания жестов человека» // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии», Кемерово, 2015.
6. URL: <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Australian+Sign+Language+signs+%28High+Quality%29>.

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ «ПОДШИПНИК-МАСЛОЗАХВАТНОЕ КОЛЬЦО» ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Боев Александр Алексеевич*

*Аспирант кафедры «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П.Королёва, г. Самара*

*Фалалеев Сергей Викторович*

*Докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П.Королёва, г. Самара*

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен дефект радиально-упорного подшипника ротора высокого давления, выраженный в его разрушении. Разрушение подшипника возможно из-за недостаточного объема охлаждающей жидкости. Поэтому предложен способ подачи масла к подшипниковому узлу газотурбинного двигателя через маслозахватное кольцо. Представлена и описана конструкция маслозахватного кольца. Особенностью такого кольца является способность его подавать жидкость вопреки действию центробежных сил. Отмечены недостатки и преимущества такого способа подвода смазки. Создана модель и описан расчёт виртуальной конструкции, представлены входные данные и полученные результаты. В заключительной части, сделаны выводы о применении маслозахватных колец, подтверждающие эффективность использования такого способа подвода смазки.

#### ABSTRACT

The paper describes the defect of HP rotor radial-thrust bearing resulted in its failure. Bearing failure could be caused by insufficient liquid coolant supply. Thus the paper presents the method of oil supply to gas turbine engine bearing assembly through an oil-catching ring. It also introduces and describes the oil-catching ring design. This ring features the capability of providing the liquid coolant supply in spite of the centrifugal effect. The authors enumerate the disadvantages of this method of lubricant supply as well as the advantages of the proposed design application. The paper describes the virtual structure calculation and provides the input data and obtained results. The paper concludes with the summary of oil-catching ring usage, which proves the efficiency of such lubricant supply method application.

**Ключевые слова:** Газотурбинный двигатель, подшипник, подвод масла, маслозахватное кольцо, расчёт виртуальной конструкции.

**Keywords:** gas turbine engine, bearing, oil supply, oil-catching ring, testing, virtual structure calculation.

Радиально-упорный подшипник является одним из наиболее ответственных элементов газотурбинного двигателя. Повреждения и отказы в

работе радиально-упорных подшипников являются достаточно частой причиной аварийных остановов двигателей и газотурбинных приводов [1].

За время эксплуатации двигателей НК-37 и НК-36СТ произошло несколько случаев разрушения радиально-упорного шарикового подшипника компрессора высокого давления в средней опор со значительным разрушением материальной части.

Данный подшипник является одним из самых нагруженных деталей газотурбинного двигателя. Он работает при высоких скоростях вращения, испытывает воздействие температурного градиента, влияющего на величину радиального зазора в подшипнике и, следовательно, на его долговечность. Разность температур возникает из-за различного охлаждения наружной и внутренней обоймы подшипника. Наружная обойма омывается холодным маслом (40-50°C), подаваемого на тела качения и отбрасываемого от сепаратора центробежной силой. К внутренней обойме масло практически не поступает. Кроме этого, во внутренней полости вала проходит относительно горячий воз-

дух (350°C), поступающий на охлаждение турбины, который подогревает вал и внутреннюю обойму подшипника.

Поэтому было сделано предположение, что возможной причиной разрушения подшипников является недостаточный расход масла, подводимого на охлаждение внутренней обоймы подшипника. В связи с этим было предложено осуществлять подвод масла от форсунки через внутреннюю обойму подшипника при помощи вращающегося кольца с центростремительными спиралевидными каналами, так называемого маслозахватного кольца (рис. 1) [2].

Маслозахватное кольцо (рис. 2) представляет собой деталь цилиндрической формы с центральным отверстием, в которой в окружном направлении выполнены наклонные пазы, которые заканчиваются коническими раскрывающимися к торцу подшипника канавками.

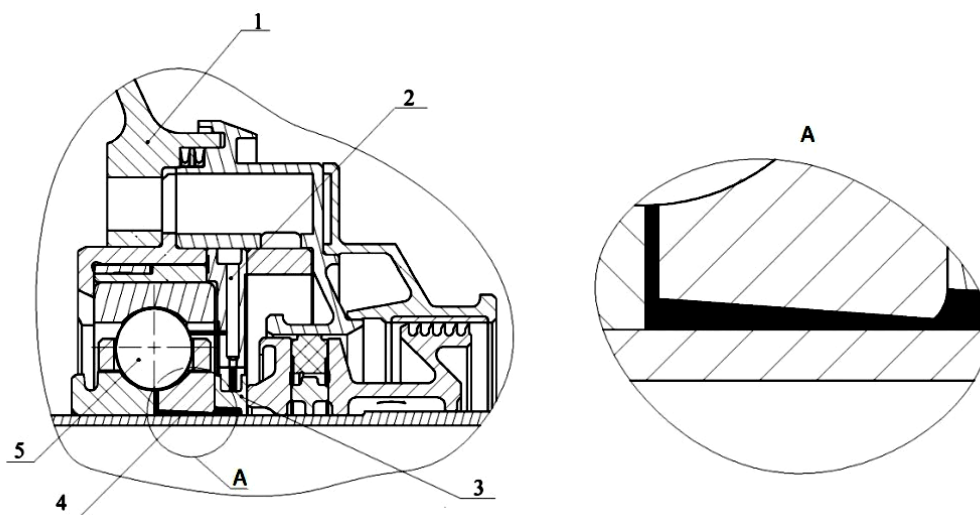


Рисунок 1. Подвод масла через маслозахватное кольцо:

1 – опора двигателя; 2 – форсунка; 3 – маслозахватное кольцо; 4 – каналы в подшипнике; 5 – подшипник

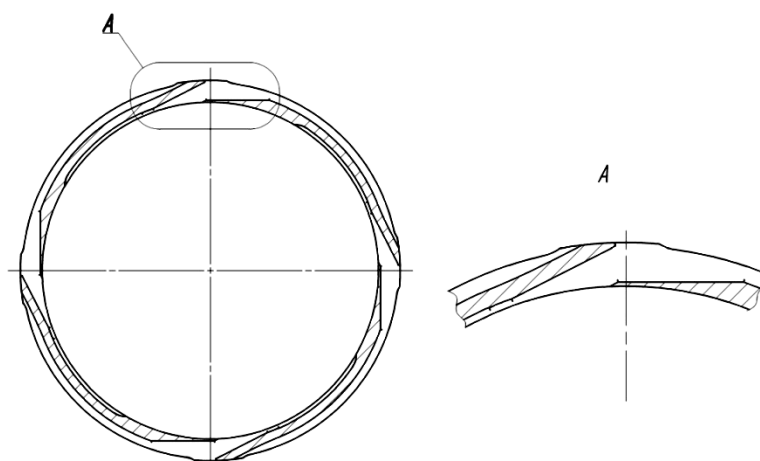


Рисунок 2. Разрез маслозахватного кольца

Струя масла из форсунки, направленная в сторону маслозахватного кольца, взаимодействует с поверхностью входного участка канала кольца, и его кинетическая энергия преобразуется в статическое давление потока масла в канале. Главной сложностью при осуществлении такого способа

подвода масла является то, что масло должно двигаться в направлении, противоположном центробежным силам. В связи с этим важное значение для работоспособности такого подвода смазки имеют следующие параметры: частота вращения ротора, скорость истечения масла из форсунки,

число каналов и их геометрия. Данный способ подачи масла позволяет, не увеличивая габариты опоры, подавать масло непосредственно в зону контакта тел качения и беговой дорожки подшипника.

Выполнена модернизация опоры газотурбинного двигателя путем внедрения в конструкцию узла радиально-упорного подшипника ротора высокого давления подвода смазки через маслозахватное кольцо. Так как экспериментальная обработка конструкции требует значительных временных и материальных затрат, то предварительно была использована технология её «виртуальной» разработки.

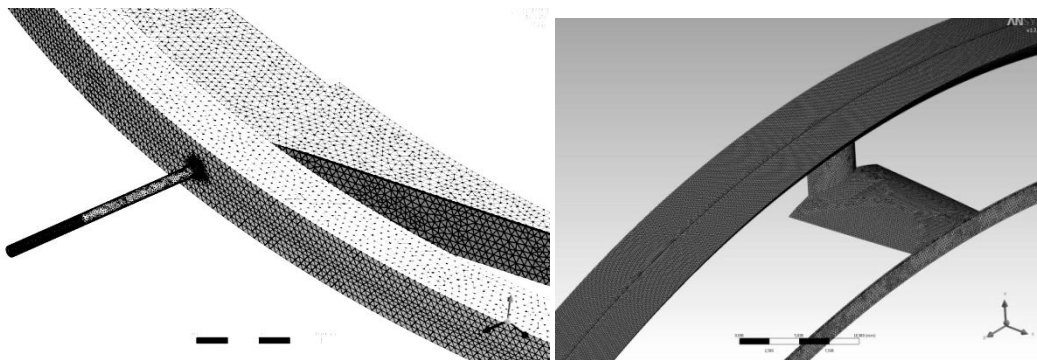


Рисунок 3. Фрагменты модели подвода масла к маслозахватному кольцу и внутренних каналов в подшипнике

Расчет проводился при следующих исходных данных:

- давление масла на входе 0,5 МПа;
- давления на выходе и в полостях 0,1 МПа;
- скорость вращения ротора 9600 об/мин;
- температура масла 80°C.

Проводился стационарный расчет с использованием модели турбулентности k-epsilon, а также с учётом двухфазности среды (масло и воздух).

Для определения оптимальных геометрических параметров системы подвода масла через

Была построена компьютерная модель конструкции подшипникового узла и проведено моделирование течения смазки с целью выбора оптимальных параметров. Моделирование течения смазки проведено с использованием пакета ANSYS CFX. Использовалась неструктурированная тетраэдрическая сетка с призматическим подслоем, 7,2 млн. элементов. Размер элементов сетки составлял 0,2 мм, пристеночный слой на наклонной поверхности маслозахватного кольца выполнен пятью слоями с максимальной толщиной 0,2 мм. На рис. 3 представлен фрагмент модели течения масла на входе в канал маслозахватного кольца.

маслозахватное кольцо были определены зависимости расхода масла от:

- числа захватов;
- угла наклона форсунки;
- угла наклона захвата;
- расстояния форсунки до кольца;
- ширины кольца.

На рис. 4 представлена зависимость расхода масла от числа захватов. Анализ расчётных данных показал, что имеется явно выраженный максимум при числе захватов равным четырем.

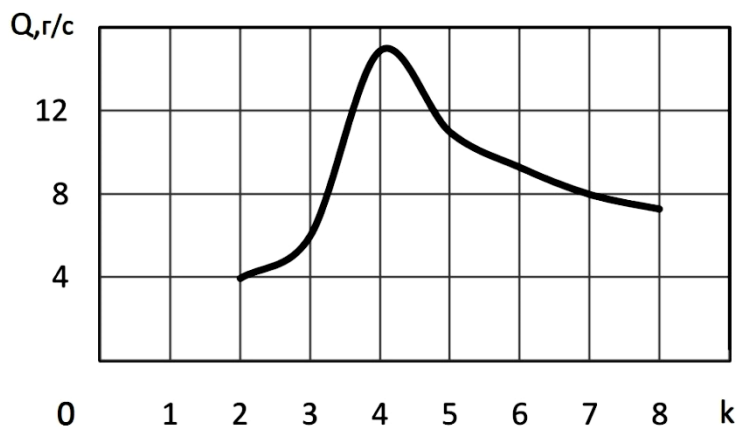


Рисунок 4. Зависимость расхода масла  $Q$  от числа захватов  $k$

Для определения оптимального угла наклона форсунки были построены расчетные модели с четырьмя захватами и углами наклона форсунки навстречу захвату 10°, 25°, 40°, 50°, 60° и вслед захвату 60°.

При направлении струи вслед направлению вращения захвату масло практически не захватывается (расход составляет 0,2 г/с). В случае направления струи навстречу захвату при увеличении угла наклона форсунки количество захватываемого масла уменьшается (рис. 5).

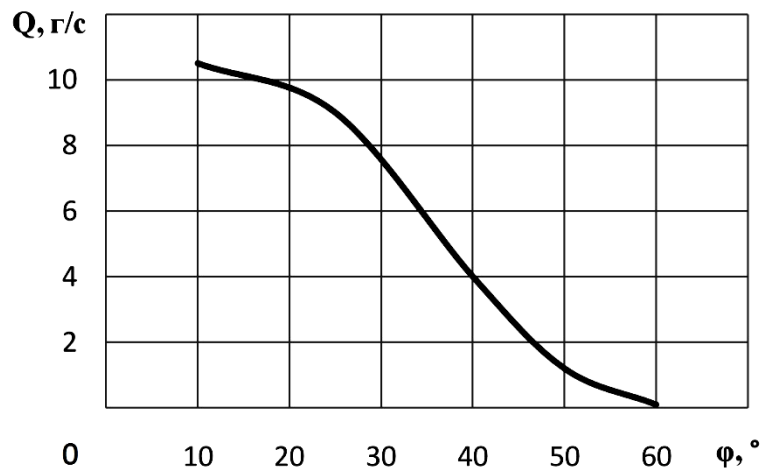


Рисунок 5. Зависимость расхода масла от угла наклона форсунки

Значительное влияние оказывает угол наклона стенки захвата. При больших углах центробежные силы отбрасывают значительную часть масла, а при малых углах невозможно конструктивно выполнить необходимое количество каналов в заданных габаритах. Для определения оптимального

угла наклона стенки были построены расчетные модели с углами  $23^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $27^\circ$ ,  $29^\circ$ ,  $31^\circ$ . Результаты расчета представлены на рис. 6. Зависимость имеет максимум. Также на этом рисунке продемонстрировано влияние давления подачи масла.

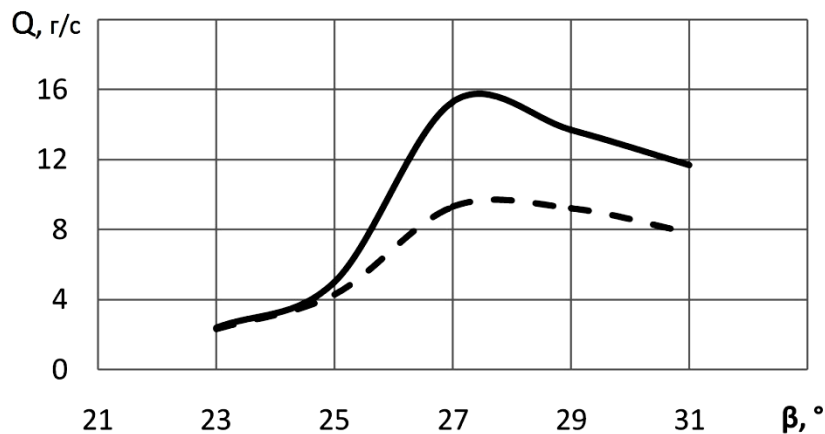


Рисунок 6. Зависимость расхода масла от угла наклона стенки захвата при различных значениях давления подачи масла: — 0,5 МПа; ---- 0,3 МПа

Для определения зависимости расхода масла через маслозахватное кольцо от диаметра расположения форсунки  $d$ , который определяет удалённость форсунки от маслозахватного кольца

Наружный диаметр маслозахватного кольца равен 195 мм), были построены модели с различными диаметрами и выполнен расчёт, результаты которого представлены на рис. 7.

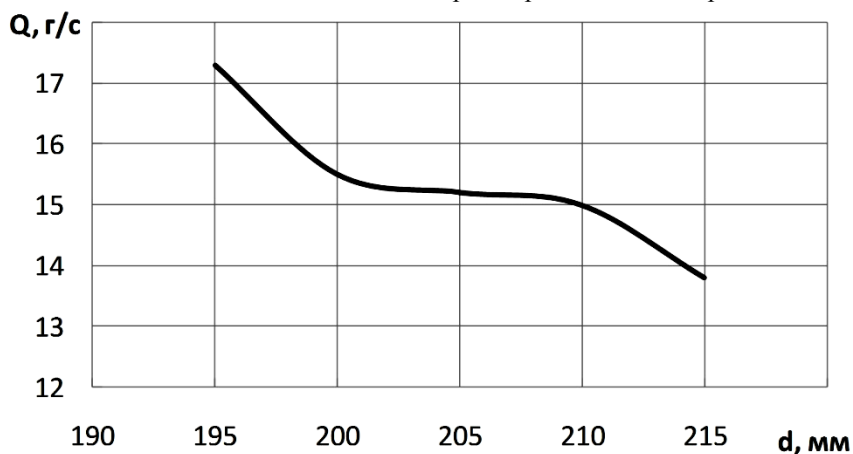


Рисунок 7. Зависимость расхода масла от диаметра расположения форсунки



Также были выполнены расчеты с различной шириной маслозахватного кольца (рис. 8).

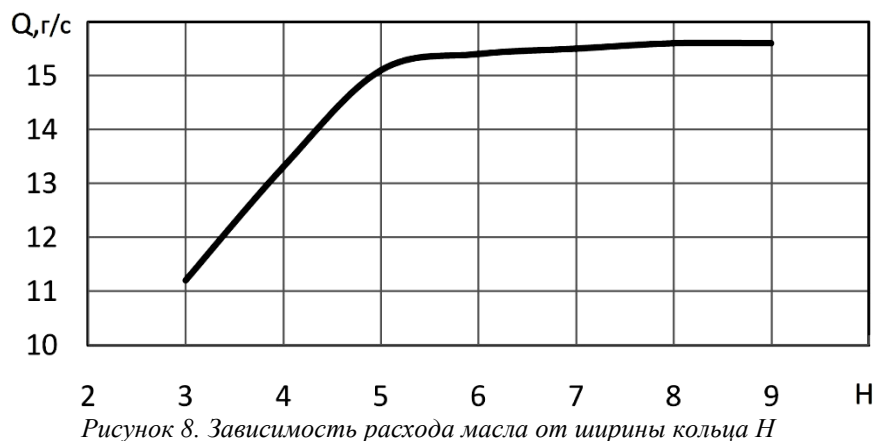


Рисунок 8. Зависимость расхода масла от ширины кольца H

Начиная с ширины, равной 5,5 мм, увеличения расхода масла не происходит из-за ограничения пропускной способности каналов в подшипнике.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что для радиально-упорного подшипника для ротора с скоростью вращения 9600 об/мин, смазываемого маслом с давлением 0,5 МПа через две форсунки с диаметром жиклёра 1,2мм, оптимальная конструкция маслозахватного кольца включает четыре захвата с наклоном стенки 27 градусов, шириной не менее 5 мм, диаметром расположения форсунки не более 210 мм и углом наклона форсунки 0°. Подшипник с маслозахватным кольцом с выбранными по результатам моделирования течения смазки параметрами был успешно испытан на стенде [3] и в настоящее время эксплуатируется в составе двигателя НК-36СТ на компрессорной станции «Тольяттинская» (ООО "Газпром трансгаз Самара).

Преимуществом способа подвода смазки через маслозахватное кольцо является то, что возможно его применение не только на вновь проектируемых двигателях, но и на существующих авиационных двигателях, позволяя увеличить ресурс одних из самых высоконагруженных под-

шипников с незначительным изменением конструкции. Особенно актуально это решение для конвертируемых двигателей (их ресурс по сравнению с базовым двигателем должен быть увеличен в десятки раз), позволяя достичь требуемых показателей надёжности с максимальным сохранением материальной части.

#### Список литературы

1. Медведев С.Д., Фалалеев С.В., Новиков Д.К., Балякин В.Б. Повышение эксплуатационной надёжности ГПА развитием конвертированных авиационных технологий. – Самара: Самарский научный центр Российской академии наук, 2008. - 371с.
2. Боев А.А., Петрухин А.Г., Шкловец А.О. О перспективном подводе масла к подшипниковому узлу ГТД // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2013. Том 15, №6(4). - С. 1022-1026.
3. Боев А.А., Петрухин А.Г., Михайлов А.А. Испытание подвода масла к подшипниковому узлу газотурбинного двигателя через маслозахватное кольцо // Вестник самарского государственного аэрокосмического университета, 2015. Том 14, №3 ч. 2. - С. 460-466.

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАДАЧИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

*Щербакова Ирина Сергеевна*

*старший преподаватель МГТУ им. Н.Э.Баумана город Москва*

**Аннотация:** В данной статье излагаются основные документы и принципы, принятые на международных конференциях по экологическому развитию человечества, а также те задачи, которые необходимо решать государствам для дальнейшего успешного экономического и экологического развития.

**Ключевые слова:** декларация по окружающей среде, принципы устойчивого развития, целостность экосистем, рациональное ведение хозяйства, охрана окружающей среды.

**Abstract:** this article outlines the principal documents and the principles adopted at the international conference on the environmental development of mankind, as well as the tasks that need to be addressed to States for the further successful economic and ecological development.

**Keywords:** Declaration on environment, sustainable development, ecosystem integrity, sustainable agriculture, environmental protection.

Со второй половины XX века люди начали осознавать, что в мире, где так ухудшается окружающая среда и так много социальных проблем,

невозможно здоровое общество и экономика. К началу 90-х годов стало понятно, что более нельзя рассматривать окружающую среду и социально-

экономическое развитие как изолированные области. Разумеется, экономическое развитие не может остановиться, но оно должно происходить по другому пути, т.е. прекратив активно разрушать окружающую среду. В 90-х годах была поставлена задача преобразовать это осознание в конкретные дела и совершить переход к устойчивому развитию. Основы этого процесса были заложены в 1972 году, когда представители 113 стран собрались на Стокгольмскую конференцию по окружающей среде – первую всемирную встречу по окружающей среде. В 1983 году Организация Объединенных Наций создала Всемирную комиссию по окружающей среде и развитию. Четыре года спустя в отчете «Наше общее будущее» было сказано о том, что человечество должно изменить многое в своей деловой активности и образе жизни, иначе нас ждут тяжелые испытания и резкое ухудшение окружающей среды. Комиссия заявила, что экономика должна удовлетворять нужды и законные желания людей, но ее рост не должен достигать пределов экологических возможностей планеты, т.е. человечество способно сделать развитие устойчивым – обеспечить, чтобы оно удовлетворяло нужды настоящего, не подвергая риску способность будущих поколений удовлетворять свои потребности.

В Рио-де-Жанейро в июне 1992 года прошла самая крупная встреча мировых лидеров, в которой приняли участие главы и высокопоставленные должностные лица 179 правительств, сотни официальных лиц из организаций системы ООН, представители местных властей, деловых, научных, неправительственных и других кругов. Всемирный Форум-92 провел серию встреч, лекций, семинаров и выставок для общественности по вопросам окружающей среды и развития. В них приняло участие 18000 представителей из 166 стран, а также 400000 посетителей. Конференцию в Рио-де-Жанейро освещали 8000 журналистов.

В результате встречи в Рио-де-Жанейро были заключены два международных соглашения, приняты два заявления о принципах и план основных действий в целях достижения устойчивого развития, т.е. пять документов, которые включают:

### **1. Декларацию по окружающей среде и развитию.**

Двадцать семь принципов, основанные на Стокгольмской декларации, принятой еще в 1972 году, включают в себя следующие положения:

- люди имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;
- сегодняшнее развитие не должно осуществляться во вред окружающей среде на благо нынешнего и будущего поколений;
- государства имеют суверенное право разрабатывать свои собственные ресурсы, но без ущерба окружающей среде за пределами их границ;
- государства должны разработать международное законодательство о компенсации за нанесенный ущерб;
- государства должны применять меры предосторожности для охраны окружающей среды;

- искоренение нищеты и неравенства в уровне жизни в различных частях мира необходимо для обеспечения устойчивого роста и удовлетворения потребности большинства населения;

- государства сотрудничают в целях сохранения, защиты и восстановления целостности экосистемы Земли, причем развитые страны признают особую ответственность в этом вопросе;

- государства должны ограничить и ликвидировать нежизнеспособные модели производства и потребления и поощрять соответствующую демографическую политику;

- экологические вопросы решаются наиболее эффективным образом при участии всех заинтересованных граждан;

- государства принимают эффективные законы по окружающей среде, разрабатывают национальные законы, касающиеся ответственности и компенсации жертвам загрязнения среды и другого экологического ущерба;

- государства должны сотрудничать в деле создания открытой международной экономической системы и экологическая политика не должна использоваться для неоправданного ограничения международной торговли;

- тот, кто загрязняет окружающую среду, должен нести и финансовую ответственность за это загрязнение.

- государства уведомляют друг друга о стихийных бедствиях или деятельности, которые могут иметь вредные трансграничные последствия;

- устойчивое развитие требует более глубокого научного понимания проблем и государствам следует делиться знаниями и новыми технологиями для достижения целей устойчивости;

- государства должны признавать и поддерживать самобытность, культуру и интересы коренного населения;

- мирное сосуществование, развитие общества и охрана окружающей среды взаимосвязаны между собой и неразделимы.

**2. Повестку дня на XXI век** – программу, как сделать развитие устойчивым с социальной, экономической и экологической точки зрения.

Обеспечить себе безопасное, процветающее будущее человечество может лишь в том случае, если будет решать проблемы окружающей среды и экономического развития в комплексе. Ни одна страна не может добиться этого в одиночку, но совместными усилиями в рамках всемирного сотрудничества эта задача вполне выполнима.

Принятые документы отражают согласие и политические обязательства государств по вопросам развития и экономического сотрудничества. Надо признать, что обеспечение устойчивого развития является в первую очередь обязанностью правительств и требует разработки национальных программ, планов и политики. Промышленно развитые страны признали, что они должны играть более важную роль в улучшении окружающей среды, чем бедные страны, а также увеличить финансовую помощь другим странам для такого раз-

вития, которое имеет меньшие экологические последствия.

Повестка дня на XXI век:

- объясняет, что движущими силами перемен в окружающей среде являются население, потребление и технология;

- излагает, что нужно сделать для сокращения расточительных и неэффективных структур потребления;

- предлагает меры в области политики и программы для достижения устойчивого равновесия между развитием экономики и способностью Земли поддерживать жизнь;

- описывает некоторые методы и технологии, которые необходимо разработать для удовлетворения потребностей людей при рациональном использовании природных ресурсов;

- рассматривает варианты предотвращения ухудшения состояния почвы, воздуха и воды, сохранения лесов и разнообразия форм жизни;

- рассматривает вопросы бедности и чрезмерного потребления, здравоохранения и образования, городов и сельских районов;

- возлагает основную ответственность на национальные правительства, но указывает, что они должны тесно сотрудничать с международными организациями, деловыми кругами, региональными и местными властями, неправительственными группами и объединениями граждан.

**3. Заявление о принципах, касающихся управления, защиты и устойчивого развития всех видов лесов**, которые жизненно необходимы для обеспечения экономического развития и сохранения всех форм жизни. Это первое глобальное соглашение принципы:

- всем странам следует принимать участие в «озеленении мира» посредством посадки и сохранения лесов;

- страны имеют право использовать леса для нужд своего социально-экономического развития;

- леса следует необходимо использовать удовлетворяя социальные, экономические, экологические, культурные и духовные потребности современного и будущего поколений;

- выгоды от продукции биотехнологии и генетических материалов следует на взаимно согласованных условиях делить по странам, в которых находятся эти леса;

- посаженные леса являются экологически приемлемыми источниками возобновляемой энергии и промышленного сырья;

- национальные программы должны защищать уникальные леса;

- развивающимся странам в деле защиты их лесов следует предоставить международную финансовую поддержку, включая средства из частного сектора;

- странам необходимы планы рационального ведения лесного хозяйства;

- в планах ведения лесного хозяйства следует учитывать как экономическую, так и неэкономическую ценность лесов;

- торговля лесной продукцией должна основываться на принципах равных возможностей, согласованных между государствами;

- меры в области торговли должны способствовать установлению более высоких цен на обработанную продукцию;

- необходим контроль за загрязняющими веществами, которые наносят ущерб лесам.

#### **4. Конвенцию ООН об изменении климата**

Целью ее является стабилизация концентрации газов, вызывающих парниковый эффект в атмосфере, на таких уровнях, которые не вызовут опасного дисбаланса в мировой климатической системе.

Глобальный характер изменения климата требует самого широкого сотрудничества между всеми странами и их участия в соответствующих эффективных и необходимых международных мероприятиях. Государствам необходимо эффективное законодательство по вопросам окружающей среды для сокращения выбросов парниковых газов. Конечная цель Конвенции об изменении климата заключается в том, чтобы добиться стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на таких уровнях, которые не будут оказывать опасного воздействия на глобальную климатическую систему. Это следует сделать в сроки, достаточные для естественной адаптации экосистем к изменению климата и позволяющие избежать угрозы производству продовольствия и обеспечивающие дальнейшее экономическое развитие на устойчивой основе.

При этом все страны должны:

- предоставлять информацию об объемах выброса парниковых газов на их территории и об их поглощении;

- систематически публиковать последние данные о программах сокращения выбросов и адаптации к изменению климата;

- содействовать рациональному использованию и сохранению таких поглотителей парниковых газов как растения, леса и океаны;

- сотрудничать в планировании мер по уменьшению влияния изменения климата на прибрежные зоны, водные ресурсы и сельское хозяйство;

- сотрудничать по защите районов, подверженных воздействиям наводнений и засух;

- информировать общественность об изменении климата и его последствиях.

**5. Конвенцию о биологическом разнообразии**, которая требует от стран принятия мер для сохранения разнообразия живых существ.

Биологическое разнообразие представляет собой большую ценность по экологическим, генетическим, социальным, экономическим, научным, образовательным, культурным, рекреационным и эстетическим причинам. Разнообразие важно для эволюции и сохранения систем жизнеобеспечения биосферы. Сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия особенно важно для удовлетворения потребностей увеличивающегося населения Земли в области обеспечения про-

довольствием, здравоохранения, а также других потребностей. Утрата биологического разнообразия на планете продолжается главным образом из-за разрушения среды обитания, чрезмерной эксплуатации сельскохозяйственных ресурсов, загрязнения окружающей среды и привнесения инородных растений и животных. Уменьшение биологического разнообразия происходит, в первую очередь, из-за жизнедеятельности человека и представляет собой серьезную угрозу нашему развитию. Биологическое разнообразие значительно уменьшается в связи с определенными видами деятельности человека, и очень важно предвидеть, предупредить и устранить причины этого уменьшения.

Страны имеют право распоряжаться своими биологическими ресурсами, но они также несут ответственность за сохранение их биологического разнообразия и рациональное использование их биологических ресурсов. При этом все страны должны:

- осуществлять контроль за видами деятельности, которые могут оказать вредное влияние на их биологическое разнообразие;
- разрабатывать национальные стратегии, планы или программы по сохранению и рациональному использованию биологического разнообразия;
- использовать средства массовой информации и образовательные программы, чтобы показать важность биологического разнообразия и необходимость принятия мер по его сохранению;
- принять законы для защиты вымирающих видов, системы заповедников;
- восстановить и возродить экосистемы;
- внедрить средства контроля за ГМО;
- проводить открытые слушания по проектам при участии общественности с целью определения угрозы биологическому разнообразию с тем, чтобы избежать или свести к минимуму наносимый ущерб;
- предотвращать появление чуждых биологических видов, которые угрожают экосистемам,

поселениям или биологическим видам, контролировать или уничтожать их.

Таким образом, эти документы расширили всемирную систему знаний и опыта в области устойчивого развития, что открывает двери международных переговоров для многих деловых кругов, неправительственных и других групп и создаст предпосылки для последующих действий. Практически во всех странах были разработаны национальные планы действий в целях достижения устойчивого развития, дополненные специальными программами, посвященными проблемам удовлетворения потребностей человека, а также рационального использования и сохранения окружающей среды.

В итоговом документе конференции по вопросам окружающей среды и развитию «Повестке дня на XXI век», носящим рекомендательный характер, были охарактеризованы основные экологические проблемы Земли и сделана попытка описать пути их решения на основе концепции устойчивого развития, т.е. такого развития, которое обеспечивает удовлетворение потребностей настоящего времени без ущерба основным параметрам биосферы и не ставит под угрозу потребности будущих поколений. Концепция устойчивого развития рассматривает в единстве экологические, экономические, социальные и многие другие процессы в системе «человек-общество-природа». Чтобы обеспечить устойчивое развитие, потребуются изменить мировую экономику, демографическую политику, формирование разумных потребностей у людей. Цель этих изменений – восстановление равновесия между численностью населения Земли и природными ресурсами, между социально-экономическим и экологическим развитием и они должны идти более быстрыми темпами – им отпущено всего несколько десятилетий.

#### **Литература.**

1. Из материалов Решений Второй сессии Ассамблеи ООН по окружающей среде Программы ООН по окружающей среде. 23-27 мая 2016г. Найроби (Кения).2016

---

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

---

*Элеманова Римма Шукуровна*

*к.т.н., Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика  
rimma\_76@list.ru*

### **АННОТАЦИЯ**

В работе рассматривается возможность расширения ассортимента сывороточных напитков, обладающих функциональной направленностью, а также определены некоторые физико-химические показатели предлагаемых напитков.

### **ABSTRACT**

In work the possibility of expansion of the range of the serumal drinks possessing a functional orientation is considered and also some physical and chemical indicators of the offered drinks are defined.

**Ключевые слова:** молочная сыворотка, фруктовые наполнители, вишневый сироп, малиновое варенье, черносмородиновое варенье.

**Keywords:** whey, fruit fillers, cherry syrup, raspberry jam, blackcurrant jam.

В последние годы ведутся целенаправленные работы по разработке и внедрению в производство функциональных продуктов питания, обладающих высокой пищевой, биологической ценностью и защитными свойствами. При этом решаются следующие задачи: разработка рецептур и технологий целевых продуктов путем комбинирования сырья животного и растительного происхождения. Данная работа посвящена этой актуальной проблеме.

Молочная сыворотка является ценным в биологическом отношении продуктом питания, на основе которого можно приготовить большой ассортимент разнообразных продуктов. Обладая физиологической ценностью, молочная сыворотка имеет также и лечебное значение.

Из литературных источников можно выделить, что проблема полного и рационального использования имеющихся ресурсов молочной сыворотки существует во всех странах с развитой молочной промышленностью, независимо от форм собственности и системы экономических взаимоотношений. По сведениям Международного молочного фонда до сих пор до 50% молочной сыворотки сливается в канализацию и, по данным экспертов, эта тенденция сохранится в ближайшие годы.

Проблема переработки молочной сыворотки непосредственно связана с рациональным, экономически выгодным использованием получаемых из нее продуктов. Авторы занимаются решением актуальной проблемы полного и рационального использования молочной сыворотки в пищевых целях, как и любого вида молочного сырья, с возможной промышленной переработкой. Принципиально новый методологический подход

к оценке сырьевых ресурсов молочной промышленности позволил приступить к решению научной проблемы по разработке нового поколения технологий продуктов из молочной сыворотки, часть которой до настоящего времени не используется, что наносит не только экономический, но и экологический ущерб [1-4].

**Целью** данной работы является разработка рецептуры напитков на основе молочной сыворотки с добавлением плодово-ягодного наполнителя, обладающих повышенной функциональностью и соответствующими органолептическими показателями.

#### Материалы и методы

При проведении исследований использовали творожную неосветленную сыворотку, вишневый сироп концентрацией 58 %, варенье из малины и черной смородины.

Сухие вещества определены рефрактометрическим методом, титруемая кислотность напитка определена титрованием децинормальным раствором едкого натра, витамин С по ГОСТ 24556 [5].

#### Экспериментальная часть

Оптимизация рецептуры напитка производилась путем варьирования состава. Растительное сырье и соотношение его составляющих подбирали не только с учетом их биологической совместимости, но и вкусовой сочетаемости с целью создания единой органолептической гаммы, обладающей дополнительно и определенным пробиотическим действием на организм человека.

Ниже приведены варианты приготовления напитков с использованием вишневого сиропа (табл. 1).

Таблица 1

Варианты рецептур предлагаемых напитков

Наименование ингредиентов	Варианты		
	1	2	3
Молочная сыворотка, %	65	75	85
Вишневый сироп, %	35	25	15

По представленным вариантам приготовили пробные образцы напитков и исследовали их органолептические показатели.

Были определены такие показатели качества, как внешний вид, консистенция, цвет, запах и вкус. По этим показателям лучшим оказался напиток, приготовленный по **варианту 3**.

Ниже приведены варианты приготовления напитков с использованием варенья.

**Вариант 1.** Для получения напитка образцом 100 мл, предварительно молочную сыворотку 75 мл прокипятили и добавили малиновое варенье 25 мл с содержанием сухих веществ 58,5 %. Затем полученную смесь перемешали и отфильтровали через плотную ткань.

**Вариант 2.** Способ осуществляют по варианту 1, но соотношение неосветленная сыворотка:варенье в напитке составляет 4:1.

**Вариант 3.** Отличается от варианта 1 тем, что соотношение неосветленная сыворотка:варенье в напитке составляет 6:1.

**Вариант 4.** Способ осуществляется по варианту 1, но вместо малинового варенья используется черносмородиновое содержанием сухих веществ 62 %, соотношение неосветленная сыворотка:варенье составляет 2:1.

**Вариант 5.** Отличается от варианта 4 тем, что соотношение неосветленная сыворотка:варенье в напитке составляет 2,5:1.

**Вариант 6.** Отличается от варианта 4 тем, что соотношение неосветленная сыворотка:варенье в напитке составляет 3:1.

По органолептическим показателям лучшим оказался напиток, приготовленный с использованием малинового варенья по **варианту 2** и черносмородинового варенья по **варианту 6**.

Физико-химические показатели предлагаемых напитков, представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Физико-химические показатели сыровоточных напитков

Наименование показателя	Характеристика напитка		
	с вишневым наполнителем	с малиновым наполнителем	с черносмородиновым наполнителем
Содержание сухих веществ, %	17	21	19
Кислотность, см <sup>3</sup> раствора NaOH 1,0 моль/дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> напитка	8,1	8	11
Витамин С, мг%	2,3	1,144	1,056

Табличные данные свидетельствуют, что содержание сухих веществ сыровоточного напитка с малиновым наполнителем больше на 2 ед., чем с черносмородиновым, это объясняется тем, что исходное варенье было с повышенным содержанием сухих веществ.

Высокое значение кислотности предпочтительно для длительного хранения напитка, а повышенное содержание витаминов способствует увеличению биологической ценности готового продукта.

Результаты данного исследования являются решением перспективного направления переработки сыровотки. Практически неисчерпаемы возможности комбинирования молочной сыровотки с различными ингредиентами, большей частью растительными, в качестве которых предложено использовать фруктовые наполнители.

**Список литературы:**

1. Рощункина Н.В. Новый функциональный продукт для профилактики остеопороза // Сыроделие и маслоделие. - 2006. - № 2. - С. 41-42.

2. Лысова А.С. Обоснование технологии тонизирующих напитков из молочной сыровотки // Материалы 4 Съезда Общества биотехнологов России им. Ю.А.Овчинникова. - Пущино, 2006. - С. 142-144.

3. Пат. 980091.1 КР. Прохладительный напиток / М.Б. Баткибекова, М.М. Мусульманова, А.М. Аксупова. - № 980091.1; Заявл. 17.09.98; Опубл. 01.03.01, Бюл. №2.

4. Пат. 2396757 РФ. Способ производства напитка из молочной сыровотки/Ю.А.Щепочкина. - № 2008133695/10; Заявл. 15.08.2008; Опубл. 20.08.2010.

5. Великая Е.И., Суходол В.Ф., Томашевич В.К. Общие методы контроля броидильных производств. -М.: Пищевая промышленность, 1964. -273 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЧАСТИЦ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АСМ СКАНИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

*Гончаров Вадим Дмитриевич*

*д.т.н., проф. кафедры теоретических основ электротехники<sup>1</sup>*

*Яшкардin Ростислав Владимирович*

*Аспирант<sup>1</sup>*

*Герасимов Михаил Александрович*

*<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»*

**АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрен метод обработки результатов АСМ сканирования поверхности, позволяющий объективно оценить объем ультрадисперсных частиц, нанесённых на исследуемую поверхность.

**ABSTRACT**

The article describes the method of processing the results of AFM scans surfaces, allowing to objectively assess the volume of ultrafine particles deposited on the test surface.

**Ключевые слова:** Ультрадисперсные частицы, атомно силовая микроскопия, сканирование, волнистость, шероховатость.

**Keywords:** Ultrafine particles, atomic force microscopy, scanning, waviness, roughness.

В ходе работ по разработке импульсной технологии нанесения ультрадисперсных частиц [1, с. 37] мы столкнулись с проблемой определения объёма нанесённых частиц и их распределения по размерам. Предварительный анализ АСМ изображений поверхности с частицами показал, что подобный анализ сложнейшая операция, неподдающаяся полной автоматизации. К тому же на конечный результат этого анализа оказывает

большое влияние человеческий фактор. Дополнительную сложность создает также наличие артефактов, возникающих при сканировании [2, с. 111]. Для того чтобы уменьшить влияние этих факторов и сделать полученные результаты более объективными была разработана методика и специальное программное обеспечение.

**Обработка статистических данных**

При проведении АСМ исследований мы использовали СЗМ «Certus» и программное обеспечение Gwyddion. Подробное описание методики сканирования приведено в работе.

При исследованиях мы использовали полу-контактный режим работы, т.к. некоторые из нанесённых частиц не обладали хорошей адгезией к поверхности. В результате использование контактного режима оказалось практически не возможным.

Одним из наиболее важных и трудно определяемых параметров при обработке изображений является объем нанесенных ультрадисперсных частиц. Для оценки объема нанесенных частиц мы использовали методику, основанную на одномер-

ном анализе параметров шероховатости в программе Gwyddion.

Стандартизованные одномерные параметры шероховатости могут быть рассчитаны с помощью инструмента измерения шероховатости, в рамках которого одномерная текстура исследуемой поверхности разбивается на волнистость (низкочастотные компоненты, определяющие общую форму) и шероховатость (высокочастотные компоненты) на частоте среза. Частота измеряется в долях от частоты Найквиста, то есть, значение 1.0 соответствует самой частоте Найквиста. Изменяя порог шероховатости, его можно задать его на уровне чистого стекла, таким образом, волнистость будет показывать только нанесенные частицы.

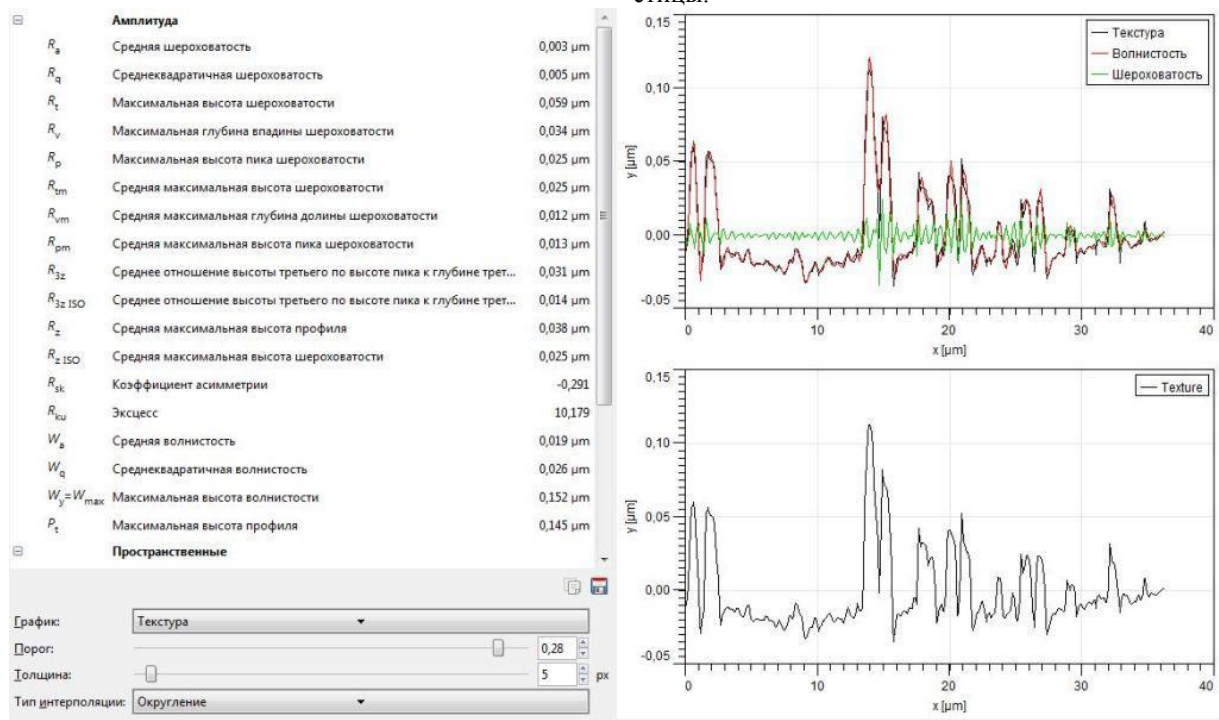


Рисунок 1. Одномерный анализ в Gwyddion.

Для расчета объема частиц используются параметры «Средняя волнистость» ( $w_a$ ) и «Средняя длина профиля» ( $l_p$ ). Средней волнистостью является средняя амплитуда графика волнистости, а средняя длина профиля это расстояние между соседними максимумами (Рисунок 1) т.е. расстояние между частицами.

Для того что бы определить объем на необходимо проинтегрировать синусоидальное распределение по двум пространственным координатам по X и Y. При этом средняя длина волны профиля — это средний период косинуса, а волнистость — это его амплитуда. В результате получается двойной интеграл: (1)

$$\frac{(R_s)^2}{l_p} \cdot \iint_0^{l_p} w_a \left(1 - \cos\left(\frac{(2\pi)}{l_p} \cdot z\right)\right) \left(1 - \cos\left(\frac{(2\pi)}{l_p} \cdot y\right)\right) dz dy = V \quad (1)$$

, где: -  $R_s$  – разрешение сканирования,  $V$  – объем получаемых частиц.

Значение интеграла нужно умножить на квадрат разрешения сканирования, деленный на сред-

нюю длину. Только тогда мы получим объем нанесенных частиц. Адекватность этого метода была проверена на решетке с заранее известными параметрами. Сравнение результатов, полученных с использованием предложенной методики и известным объемом частиц на решётке показал, что наша методика занижает объем на 35-40%.

#### Список литературы:

1. В.Д. Гончаров, Д.С. Самсонов. Получение ультрадисперсных частиц с одновременным нанесением их на подложку в импульсном газовом разряде атмосферного давления, перемещающемся по поверхности электродов в собственном магнитном поле. Журнал технической физики, 2015, том 85, вып. 5. – с. 158
2. И.Е.Грачёва, К.Г.Гареев, В.А, Мошников, В.И, Альмяшев. Исследование наноконпозиционных материалов с иерархической структурой на основе системы Y-Fe-Si-O. Наносистемы: Физика, Химия, Математика, 2012, 3 (5), С 111-114. УДК 621.315.592. – с. 143



# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 53.083

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОЛНОВОЙ ГОЛОГРАФИИ

*Грузин Владимир Васильевич,*

*д.т.н., проф.,*

*Жантлесов Ербол Жангабулович,*

*магистр,*

*Байгужинов Ринат Александрович,*

*бакалавр*

*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, кафедра Вычислительной техники и программного обеспечения, г Астана*

### Аннотация

В статье рассматриваются особенности проведения пилотного эксперимента при обнаружении скрытых металлических предметов на основе микроволновой голографии. Применение доплеровских радаров в комбинации с мультимастотным мультистатическим методом измерения голограмм позволило создать прототип, при помощи которого экспериментально получено изображение металлического отражателя скрытого за различными маскирующими материалами.

### Abstract

The article discusses the features of the pilot experiment in the detection of hidden metal objects based on microwave holography. The application of Doppler radar in combination with multifrequency multistatic measurement method of holograms allowed us to create a prototype with the help of which image of a metallic reflector hidden behind various masking materials was experimentally obtained.

**Ключевые слова:** голография, металлический отражатель, мультимастотный мультистатический метод, радар, моделирование.

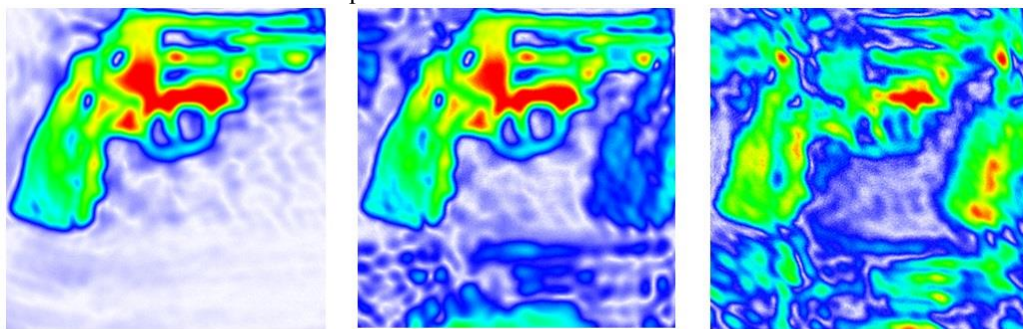
**Keywords:** holography, metal reflector, multifrequency multistatic method, radar, modeling.

В настоящее время практически во всех международных аэропортах внедрены микроволновые сканеры, которые позволяют определить наличие запрещенных предметов скрытых под одеждой [1]. Однако, достаточно высокая стоимость сканирующего оборудования и его сложность конструкции ограничивают более широкое применение подобных систем в местах скопления людей: торговые центры, учебные заведения, различные административные здания, парки отдыха, многочисленные развлекательные комплексы, стадионы и т.д.

Перспективным направлением в создании подобных технических систем является применение

принципа голографии, который заключается в измерении интерференционной картины, полученной при смешивании микроволн отраженных от объекта и от опорного отражателя [2].

Основной проблемой реализации существующих микроволновых голографических систем сканирования является их высокая себестоимость, так как требуется большое количество излучателей и измерителей интенсивности излучения. Для качественного распознавания запрещенного предмета, например револьвера, (см. рисунок 1) требуется не менее 4000 комбинаций излучатель- приемник [3].



А

Б

В

*Рисунок 1. Изображения полученные голографическим методом на основе смоделированных данных для матричной сенсорной системы апертурой 1000 x 1000 мм, для частоты 24 ГГц, расстояние от сенсорной системы до револьвера 1 метр*

*Рисунок А – 180 излучателей и 180 приемников, 16110 комбинаций;*

*Рисунок Б – 90 излучателей и 90 приемников, 4005 комбинаций;*

*Рисунок В – 32 излучателей и 32 приемника, 496 комбинаций*



Для оптимизации разработчики подобных систем пошли по пути использования небольшого количества излучателей и приемников с применением технологии мультиплексоров - СВЧ свитчей [4, 5]

Между тем, на рынке доступны очень дешевые радары: НВ – 100 (10 ГГц), LV002 (10 ГГц),

CDM324 (24 ГГц), RSM-1700 (24 ГГц), которые применяются для обнаружения движения. Из представленных радаров, самый распространенный и доступный является радар НВ-100 частотой излучения 10,525 ГГц [6] (см. рисунок 2).

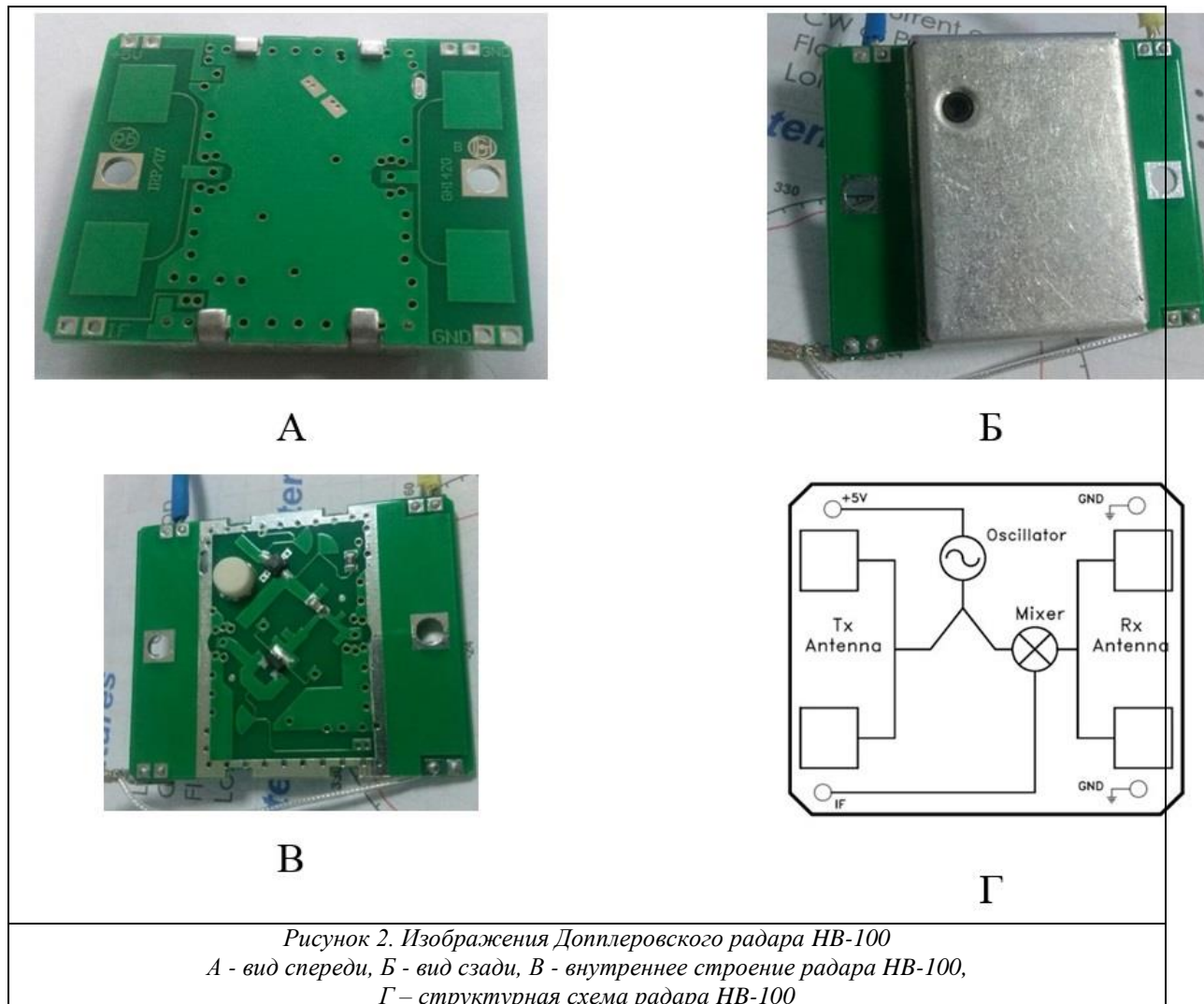


Рисунок 2. Изображения Доплеровского радара НВ-100  
А - вид спереди, Б - вид сзади, В - внутреннее строение радара НВ-100,  
Г – структурная схема радара НВ-100

На основе данного радара была разработана структурная схема линейной измерительной голографической системы (см. рисунок 3), включающая в себя: модуль 1 из 16 радаров, маскирующий экран 2 и объект обнаружения 3. Экспериментальная модель измерительной системы (см. рисунок 4) представляет собой модуль, включающий 16 радаров, установленных в один ряд на одинаковом расстоянии друг от друга. Все радары работают

одновременно в обычном режиме измерения скорости и независимо друг от друга, излучая волны сверхвысокой частоты. Методом измерения и расчета получаемого изображения является мультисигментная мультистатическая голография, позволяющая измерить отраженный сигнал электромагнитных волн излученных в пространство [7].

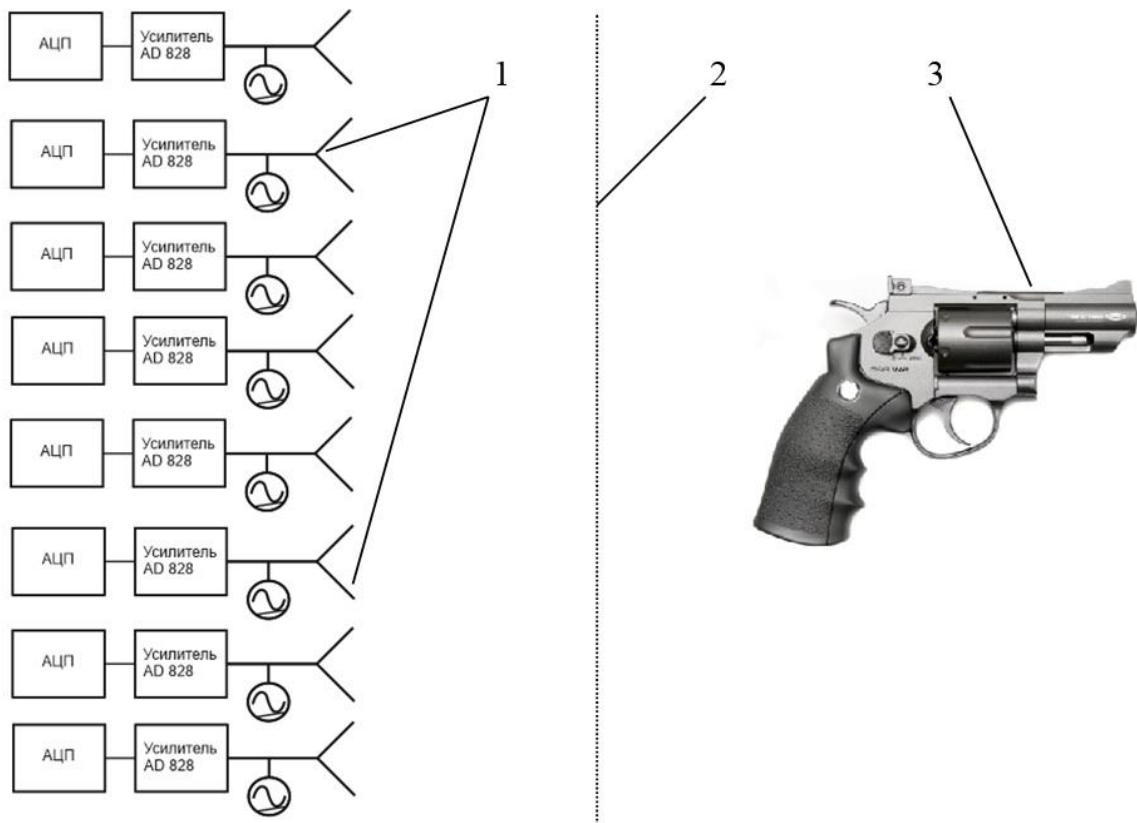


Рисунок 3. Структурная схема измерительной голографической системы:  
1 – радарный модуль; 2 – маскирующий экран; 3 – объект обнаружения

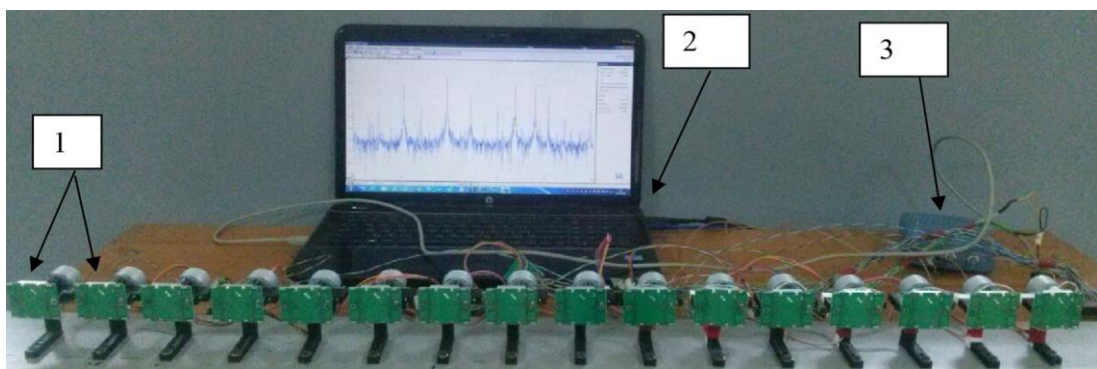
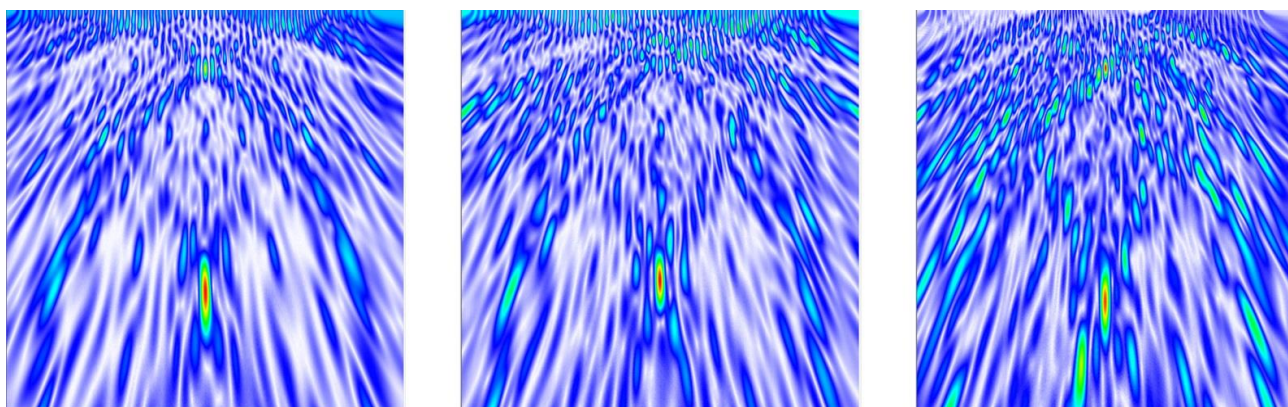


Рисунок 4. Лабораторная установка на основе доплеровских радаров НВ 100: 1 – Радарный модуль, 2 – компьютер, 3 - осциллограф

Каждый радар одновременно измеряет несколько отраженных волн от других радаров. Смешанный сигнал от каждого радара усиливается и преобразуется в цифровой вид аналого-цифровым преобразователем и передается в вычислительный модуль. При помощи спектрального анализа определяется амплитуда отраженной волны для каждого радара и затем синтезируется голограмма исследуемого объекта.

В результате проведения пилотного эксперимента были получены мультистатические голограммы, на основе которых было рассчитано изображение объекта – металлического стержня диаметром 15 мм при применении различных маскирующих материалов. Расстояние от сенсорной системы до стержня 1 м, диаметр стержня 15 мм. Сенсорная система 16 излучателей и 16 приемников, расстояние между соседними излучателями 60 мм, частота излучения 10,525 ГГц



А

Б

В

Рисунок 1. Изображения металлического стержня полученное линейной голографической системой.  
 Рисунок А – микроволновое изображение стержня без маскирующих материалов;  
 Рисунок Б – микроволновое изображение стержня маскированного бумагой;  
 Рисунок В – микроволновое изображение стержня маскированного хлопчатобумажной тканью.

Из рисунка видно, что препятствие в виде бумаги и ткани влияют на общую картину реконструкции, но изображения стержня обладают достаточной визуализацией исследуемого объекта. В дальнейшем для получения трехмерной картины скрытого предмета, необходимо создать матрицу из 256 доплеровских радаров, расположенных в плоскости на эквидистантном расстоянии друг от друга.

#### Список литературы:

1. D. L. McMakin, D. M. Sheen, H. D. Collins, T. E. Hall, and R. R. Smith, "Millimeter-wave, high-resolution, holographic surveillance system," EUROPTO International Symposium on Substance Identification Technologies, Innsbruck, Austria, SPIE Vol 2092, pp. 525 - 535, 1993.
2. Leith E. N. and Upatnieks J. Wavefront reconstruction with diffused illumination and three-dimensional objects // J. Opt. Soc. Am.—1964.—V. 54.—P.1295.
3. Жантлесов Е.Ж., Грузин В.В., Жантлесов Ж.Х., Наушек К., Даукенов О.К., Имажанов Б.Г. "Оптимизация распределения радаров микровол-

нового томографа" перспективы современной науки и результаты. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. 15 октября 2015 г., г. Алматы.

4. Sherif A. Electronic Microwave Imaging with Planar Multistatic Arrays. Dissertation. Faculty of Engineering Friedrich-Alexander-University at Erlangen-Nurnberg. April 26, 2013

5. Воробьев С. И. "Методическое и алгоритмическое обеспечение информационно-измерительных систем построения и анализа СВч-изображений динамических объектов" Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 28 октября 2015г.

6. <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=61989.0>  
Ссылка 27.09.2016.

7. Ли Я., Тань Ю. "Способ и система для динамической настройки радиочастотных параметров мультисигнальной метки и мультисигнальная метка" Патент Республики Беларусь. Номер патента: 18689 от 30.10.2014

---

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

---

**Вокринг Алекс Манулович,**  
 студент, Санкт-Петербургский государственный университет,  
 г. Санкт-Петербург, РФ,  
 E-mail: [vokorol@bk.ru](mailto:vokorol@bk.ru)

**Королев Владимир Степанович,**  
 кандидат физ.-мат. наук, доцент,  
 Санкт-Петербургский государственный университет,  
 г. Санкт-Петербург, РФ,  
 E-mail: [v.korolev@spbu.ru](mailto:v.korolev@spbu.ru)

#### АННОТАЦИЯ

Предлагается обсуждение свойств фундаментальных понятий и классических определений: пространство, время, движение, материя, энергия, взаимодействие, силы, гравитация для возможностей выбора алгоритмов построения математических моделей сложных динамических систем в задачах механики.

**ABSTRACT**

It is proposed to discuss the properties of the fundamental concepts and the classical definition: space, time, motion, matter, energy, interaction forces, gravity and choice of algorithms for constructing mathematical models of complex controlled dynamic systems in mechanics problems.

**Ключевые слова:** математические модели, динамические системы, силы взаимодействия материи.

**Keywords:** mathematical models, dynamic systems, forces, matter interaction.

*Ты никогда не решишь проблему,  
если будешь думать так же, как те, кто ее  
создал  
Альберт Эйнштейн*

Можно добавить много других высказываний Эйнштейна. Размышление о свойствах фундаментальных понятий и современных открытиях может стимулировать новые идеи для решения задач, методы исследования, свойства и ограничения, условия и утверждения, которые со временем превращаются в теории.

Математические истины выводятся из небольшого числа очевидных предположений при помощи цепи логических рассуждений. «Истина — это то, что выдерживает проверку опытом.» Аксиомы и принципы, которые были в основании, могут со временем изменяться или дополняться, но гипотезы и теории продолжают оказывать свое влияние на развитие науки [1-3, 5-7].

Физические науки основаны на наблюдениях, открытиях, экспериментах, индукции, ожидая повторения явлений при воспроизведении условий или обстоятельств, при которых они произошли в прошлый раз. Это может быть вероятно, но не всегда достоверно. Отсюда появление понятия вероятности и создание новых направлений в науке под названием квантовая и релятивистская механика после попыток обобщения классических результатов и теорий.

Многие тысячелетия наблюдений убеждают нас, что вся материя реальной Вселенной находится в движении и взаимодействии. Это основное свойство, которое проявляется по-разному при исследованиях на глобальном космическом уровне движения звездных скоплений или на микроуровне взаимодействия элементарных частиц. Моделирование динамических процессов предполагает выбор главных сил, которые определяют дальнейшее поведение сложных систем, отбрасывая или не замечая действие других проявлений взаимодействия [4].

Математики могут наделять физическое пространство и время структурой или свойствами при создании своих теорий. Главное в формализации алгоритмов и методов описания процессов на основе аппарата аналитической геометрии, математического анализа, дифференциального и тензорного исчисления, которые можно было бы считать достаточными для новой модели существующей реальности. Полученные следствия, выводы и результаты дают особые возможности для развития или обобщения абстрактных моделей и теоретических построений, которые могут выходить за пределы начальной постановки задачи.

Математическое моделирование процессов сложных динамических систем может менять наше представление о наблюдаемых явлениях. Воображение позволяет сформировать, а компьютер может изобразить на экране даже то, чего нет и не может быть в реальном мире. Когда не было компьютеров, достаточно было включить свои внутренние картины и образы фантазии, чтобы дополнить реальность новыми возможностями.

Гипотезы или теории о строении окружающего мира создавали еще во времена Платона и Птолемея. После работ Декарта, Коперника, Галилея и Ньютона пространство приобретало структуру, систему координат, особые возможности представления аффинного или векторного пространства [4, 5]. Понятие «пространство» получило много очевидных и дополнительных свойств. Размерность пространства — это число параметров, составляющих систему координат, необходимых для локализации точки или положения объекта в некоторой ограниченной области. Координаты и время определяют главное: где происходили события и когда это случилось.

В классической механике закон всемирного тяготения и основные законы динамики [6] хорошо описывают движение планет Солнечной системы и многих других естественных или искусственных небесных тел.

Величина и направление гравитационной силы определяется положением Солнца и планет в абсолютной системе отсчета, которую мы вводим по своему выбору и считаем инерциальной. Необходимо учитывать также влияние других сил, которые могут изменяться со временем. В свою очередь это определяет изменения гравитационного поля в окрестности нашей планеты. Силовые поля в каждой точке области действия определяют величину и направление силы, которая будет приложена к материальной точке или телу, если оно там находится.

Поля моделируются скалярными силовыми функциями, градиент которых определяет величину и направление силы. Используют на практике различные модели: поле силы тяжести (над поверхностью Земли в ограниченной области), центральное гравитационное поле для описания движения в окрестности планеты, которое можно считать материальной точкой в рамках задачи двух тел. При движении искусственных спутников Земли, учитывали особенности гравитационного поля с помощью аномалий геопотенциала. В случае движения малых тел вдали от крупных скоплений звездных масс действие гравитационного поля считается пренебрежимо малым и в пределе возникает модель однородного и изотропного пространства, в которое случайно залетела матери-



альная точка. Реальная физическая система не является идеальной изолированной из-за потери энергии в виде излучений электромагнитного и гравитационного.

Законы классической механики выполняются в соответствии с **принципом относительности Галилея** одинаково во всех инерциальных системах отсчета. Другими словами, все системы отсчета механически эквивалентны. Среди выделенной совокупности тел принципиально невозможно определить какие из них находятся «в движении», а какие «покоятся». Говорить о движении можно лишь относительно какой-либо системы отсчета. В неинерциальных системах отсчета производится введение сил инерции, чтобы придать уравнениям движения классическую форму. Исаак Ньютон [6] для описания движения объектов использует понятия силы и инерции. В ряде случаев такой подход позволяет определять движения более удобным и наглядным образом, а решение соответствующих задач получают более простым способом. Силы инерции принципиально отличаются от остальных тем, что реальному взаимодействию они не соответствуют.

В общей теории относительности Эйнштейна гравитация характеризуется силой, которая связана с пространством. Свободное движение тел рассматривается как движение по геодезической линии в четырехмерном «пространстве-времени», в котором время в разных точках течет по-разному. В теории относительности постулируется, что гравитационные эффекты обусловлены деформацией самого пространства-времени и взаимосвязаны с присутствием и распространением массы-энергии. «Если инертная и гравитационная массы равны, то невозможно отличить, какая сила действует на данное достаточно малое тело — гравитация или сила инерции.» Этот эвристический принцип использован при выводе общей теории [1, 8]. Другой принцип предполагает, что для всех тел движения ограничены значением скорости света для потока фотонов в пустоте. Можно использовать для преобразований свойства пространства кватернионов. Они оказались удобным математическим средством, позволяющим решать многие проблемы [5]. В рамках теории «пространство-время» имеет единую природу, а его взаимодействие со всеми физическими объектами (телами) и есть гравитация.

Концепцию пространства-времени допускает и классическая механика, но там такое объединение искусственно, так как пространство-время классической механики — это прямое произведение трехмерного пространства на одномерное время, то есть они независимы друг от друга. В классической механике уместно использование пространства Евклида, не зависящего от одномерного времени, так как время рассматривается как всеобщее, непрерывное и неизменное, будучи независимым от состояния движения наблюдателя.

Мы не видим время, хотя научились отмечать промежутки длительности с помощью различных явлений, процессов или приборов. Говорят, что

время идет вперед. Но время только уходит назад в прошлое, а будущего пока нет. Двигается весь мир и оставляет следы во времени в виде событий, которые состоялись или продолжаются. Впереди пока ничего нет, но может реализоваться при подходящих обстоятельствах. Как поется в известной песне: «Есть только миг между прошлым и будущим. Именно он называется жизнь.» Только в этот момент происходит превращение и «мнимое» время становится «действительным».

В случае релятивистских моделей время не может быть отделено от трёх измерений пространства, потому что наблюдаемая скорость, с которой течёт время для объекта, зависит от его скорости относительно наблюдателя, а также от гравитационного поля, которое может изменить течение времени [1, 7]. В космологии концепция «пространства-времени» объединяет пространство и время в одну абстрактную Вселенную, которая математически является многообразием, состоящим из «событий», описанных системой координат [5].

Современные попытки построения новых моделей Вселенной является лишь иллюстрацией всеобщего внимания к изучению мира, рассматриваемого как единое целое [9]. Единая субстанция проявляется в разных обстоятельствах в различных формах и свойствах материи-энергии. Если необходимо учитывать не только текущее положение для материальных точек и тел, но и состояние движения, то следует добавить составляющие вектора количества движения и переменный параметр энергии для получения новых уравнений.

#### Список литературы:

1. Брумберг В.А. Релятивистская небесная механика. – М: Наука, 1972.
2. Королев В.С. Структура окружающего мира при образовании и развитии Вселенной // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив-плюс», 2014. – С. 188-192.
3. Королев В.С. Аксиомы и теории о бесконечности, вечности и непрерывности. // Наука, образование и инновации. Уфа, 2015. – С. 8-14.
4. Новоселов В.С., Королев В.С. Аналитическая механика управляемой системы. Учебное пособие. СПб: Изд. СПбГУ, 2005. 298.
5. Новоселов В.С., Королев В.С. Пространство, время и кватернионы. // Наука вчера, сегодня, завтра. 2016, № 2-1 (24). – С. 28-41.
6. Ньютон И. Математические начала натуральной философии // В серии «Классики науки». М.: Наука. 1989. – 687 с.
7. Фридман А.А. Мир как пространство и время. 2-е изд. – М: Наука, 1965.
8. Хокинг С. Краткая история времени. От большого взрыва до черных дыр. – СПб: Амфора, 2007.
9. Korolev V.S. Thinking about the structure of the construction and the possible development of the Universe // Variety of Interaction Forms of Material Objects through a Prism of the Latest Analytical Concepts. – London, IASHE. P. 25-27.

## СТАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

*Мордовина Светлана Александровна*

*Магистрант Рязанского государственного радиотехнического университета,  
РФ, г. Рязань*

### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена моделированию дыхательной системы человека в системе LabVIEW. Вынесены основные теоретические допущения, обозначения используемых переменных и констант, основные и дополнительные уравнения. Представлены лицевая панель и блок-диаграмма разработанного виртуального прибора.

### ABSTRACT

The article is devoted to modeling of the human respiratory system in LabVIEW system. Basic theoretical assumptions, notation of used variables and constants, basic and advanced equation are delivered. The front panel of designed virtual instrument and its block diagram are presented.

**Ключевые слова:** компартментная модель Милхорна, модель системы дыхания человека, кислород, углекислый газ.

**Keywords:** Milhorn compartment model, model of human respiratory system, oxygen, carbon dioxide.

**Введение.** В основу разработанной виртуальной модели положены основные уравнения и допущения из работы Ховарда Милхорна (Howard T. Milhorn) и соавторов [1], представляющих дыхательную систему человека (ДСЧ) в виде компартментной структуры, состоящей из компартментов легких, мозга, тканей тела и двух компартментов сердца (правая половина сердца, левая половина сердца).

Дыхательная система человека проявляет свойства системы управления типа регулятора. Она регулирует уровни кислорода и углекислого газа через отрицательную обратную связь. Изменения уровня  $O_2$  или  $CO_2$  вызывают регулирующие эффекты через вентиляционные (параметры дыхания) и циркуляционные (параметры кровообращения) параметры.

### Допущения.

1. Система состоит из трех компартментов (легкие, ткани мозга, ткани тела).

2. Приток крови к мозгу зависит от церебрально-артериальных парциальных давлений кислорода ( $P_{O_2}$ ) и углекислого газа ( $P_{CO_2}$ ).

3. Минутная альвеолярная вентиляция регулируется  $P_{O_2}$  и  $P_{CO_2}$ .

4. Время циркуляции конечно.

5. Кривые диссоциации кислорода одинаковы для артериальной и венозной крови.

6. Артериальное  $P_{O_2}$  равно  $k_5 \times$  альвеолярное  $P_{O_2}$  во всех случаях, когда  $k_5$  есть константа, меньше единицы.

7. Венозное  $P_{O_2}$  равно  $P_{O_2}$  в тканях постоянно. Это относится и к резервуару мозга и к резервуару тканей.

8. Кривые диссоциации углекислого газа одинаковы для артериальной и венозной крови.

9. Артериальное  $P_{CO_2}$  равно альвеолярному  $P_{CO_2}$  постоянно.

10. Венозное  $P_{CO_2}$  равно  $P_{CO_2}$  в тканях постоянно.

11. Быстрые фазовые изменения концентрации газов в альвеолах и крови на каждом дыхательном цикле игнорируются.

12. Дыхательный коэффициент постоянен и равен единице.

**Таблица 1.**

**Используемые обозначения переменных и констант**

Обозначение	Величина
$M_B O_2$	Потребление мозгом кислорода
$M_B CO_2$	Выработка углекислого газа мозговой тканью
$M_T O_2$	Потребление телом кислорода
$M_T CO_2$	Выработка углекислого газа тканями тела
$\dot{Q}$	Сердечный выход
$\dot{Q}_B$	Мозговой кровоток
$\dot{Q}_{BN}$	Нормальный мозговой кровоток
$\dot{V}_A$	Минутная альвеолярная вентиляция
$V_A$	Средний альвеолярный объем
$C_{1O_2}, C_{1CO_2}$	Концентрации поглощенных кислорода и углекислого газа, насыщенных водяным паром

	паром при температуре тела человека
$C_{A O_2}, C_{A CO_2}$	Альвеолярные концентрации кислорода и углекислого газа
$C_{B O_2}, C_{B CO_2}$	Концентрации кислорода и углекислого газа в мозговой ткани
$C_{T O_2}, C_{T CO_2}$	Концентрации кислорода и углекислого газа в тканях тела
$C_{a O_2}, C_{a CO_2}$	Альвеолярно-артериальные концентрации кислорода и углекислого газа
$C_{VB O_2}, C_{VB CO_2}$	Концентрации кислорода и углекислого газа в венах мозга
$C_{VT O_2}, C_{VT CO_2}$	Концентрации кислорода и углекислого газа в венах тела
$P_B$	Нормальное атмосферное давление на уровне моря
$S$	Коэффициент растворимости кислорода при температуре тела
$k_1, k_2$	Коэффициенты кривой диссоциации углекислого газа
$k_3, k_4$	Коэффициенты кривой диссоциации кислорода
$k_5$	Отношение нормального артериального парциального давления кислорода к нормальному альвеолярному парциальному давлению кислорода
$a, b$	Коэффициенты зависимости альвеолярной вентиляции от $C_{B CO_2}$
$d, n, m$	Коэффициенты зависимости альвеолярной вентиляции от $C_{A O_2}$
$h, i, j, p, q, r$	Эмпирические коэффициенты зависимости мозгового кровотока от $C_{A CO_2}$
$f, s, g$	Эмпирические коэффициенты зависимости мозгового кровотока от $C_{A O_2}$
$W$	Число 100-граммовых приращений мозговой массы, деленное на 1000 для перевода кубических сантиметров в литры

### Уравнения основные и дополнительные.

Стационарные уравнения, описывающие функционирование нормальной ДСЧ:

$$M_{B_{CO_2}} + \dot{Q}_B \cdot \left[ k_1 \left( P_B \cdot C_{A_{CO_2}} \right)^{k_2} - C_{B_{CO_2}} \right] = 0; \quad (1)$$

$$M_{T_{CO_2}} + \left( \dot{Q} - \dot{Q}_B \right) \left[ k_1 \cdot \left( P_B \cdot C_{A_{CO_2}} \right)^{k_2} - C_{T_{CO_2}} \right] = 0; \quad (2)$$

$$\dot{Q}_B \left( C_{B_{CO_2}} - C_{T_{CO_2}} \right) + \dot{Q} \cdot \left[ C_{T_{CO_2}} - k_1 \cdot \left( P_B \cdot C_{A_{CO_2}} \right)^{k_2} \right] + \dot{V}_A \cdot \left( C_{I_{CO_2}} - C_{A_{CO_2}} \right) = 0; \quad (3)$$

$$-M_{B_{O_2}} + k_3 \cdot \dot{Q}_B \left[ \left( 1 - \exp \left( -k_4 \cdot k_5 \cdot P_B \cdot C_{A_{O_2}} \right) \right)^2 - \left( 1 - \exp \left( \frac{-k_4 \cdot P_B \cdot C_{B_{O_2}}}{S} \right) \right)^2 \right] = 0; \quad (4)$$

$$-M_{T_{O_2}} + k_3 \left( \dot{Q} - \dot{Q}_B \right) \left[ \left( 1 - \exp \left( -k_4 \cdot k_5 \cdot P_B \cdot C_{A_{O_2}} \right) \right)^2 - \left( 1 - \exp \left( \frac{-k_4 \cdot P_B \cdot C_{T_{O_2}}}{S} \right) \right)^2 \right] = 0; \quad (5)$$

$$-k_3 \cdot \dot{Q}_B \left[ \left( 1 - \exp \left( \frac{-k_4 \cdot P_B \cdot C_{B_{O_2}}}{S} \right) \right)^2 - \left( 1 - \exp \left( \frac{-k_4 \cdot P_B \cdot C_{T_{O_2}}}{S} \right) \right)^2 \right] +$$

$$+ k_3 \cdot \dot{Q} \left[ \left( 1 - \exp \left( \frac{-k_4 \cdot P_B \cdot C_{T_{O_2}}}{S} \right) \right)^2 - \left( 1 - \exp \left( -k_4 \cdot k_5 \cdot P_B \cdot C_{A_{O_2}} \right) \right)^2 \right] + \dot{V}_A \cdot \left( C_{I_{O_2}} - C_{A_{O_2}} \right) = 0; \quad (6)$$

$$-\dot{V}_A + a \cdot \left( C_{B_{CO_2}} \right)^{\frac{1}{k_2}} - b + d \cdot \left( m - k_5 \cdot P_B \cdot C_{A_{O_2}} \right)^n = 0; \quad (7)$$

$$-Q_B + W \cdot \left[ h(C_{A_{CO_2}})^5 + i(C_{A_{CO_2}})^4 + j(C_{A_{CO_2}})^3 + p(C_{A_{CO_2}})^2 + qC_{A_{CO_2}} + r + f\left(g - \frac{1}{k_5}(P_B \cdot C_{A_{O_2}})\right)^2 \right] + Q_{BN} = 0. \quad (8)$$

Кроме того, необходимо использовать дополнительные выражения для артериальных и венозных концентраций:

$$C_{a_{CO_2}} = k_1 \cdot (P_B \cdot C_{A_{CO_2}})^{k_2}; \quad (9)$$

$$C_{V_{B_{CO_2}}} = C_{B_{CO_2}}; \quad (10)$$

$$C_{V_{T_{CO_2}}} = C_{T_{CO_2}}; \quad (11)$$

$$C_{V_{B_{O_2}}} = k_3 \cdot \left( 1 - \exp\left(\frac{-k_4 \cdot P_B \cdot C_{B_{O_2}}}{S}\right) \right)^2; \quad (12)$$

$$C_{V_{T_{O_2}}} = k_3 \cdot \left( 1 - \exp\left(\frac{-k_4 \cdot P_B \cdot C_{T_{O_2}}}{S}\right) \right)^2; \quad (13)$$

$$C_{a_{O_2}} = k_3 \cdot \left( 1 - \exp\left(-k_4 \cdot k_5 \cdot P_B \cdot C_{A_{O_2}}\right) \right)^2. \quad (14)$$

Вектор переменных:

$$\bar{x} = (Q_B; V_A; C_{B_{CO_2}}; C_{T_{CO_2}}; C_{A_{CO_2}}; C_{B_{O_2}}; C_{T_{O_2}}; C_{A_{O_2}})^T = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8)^T.$$

**Лицевая панель.** Указанные переменные и формулы вошли в разработку виртуального прибора в системе LabVIEW. На рисунке 1 представлена лицевая панель разработанного виртуального прибора.

На лицевой панели расположены следующие элементы управления и индикации:

- 1) блок задания концентраций поглощенных кислорода и углекислого газа;
- 2) блок вывода результатов расчета альвеолярной вентиляции в виде графиков и таблиц;
- 3) таблица результатов вычисления параметров ДСЧ.

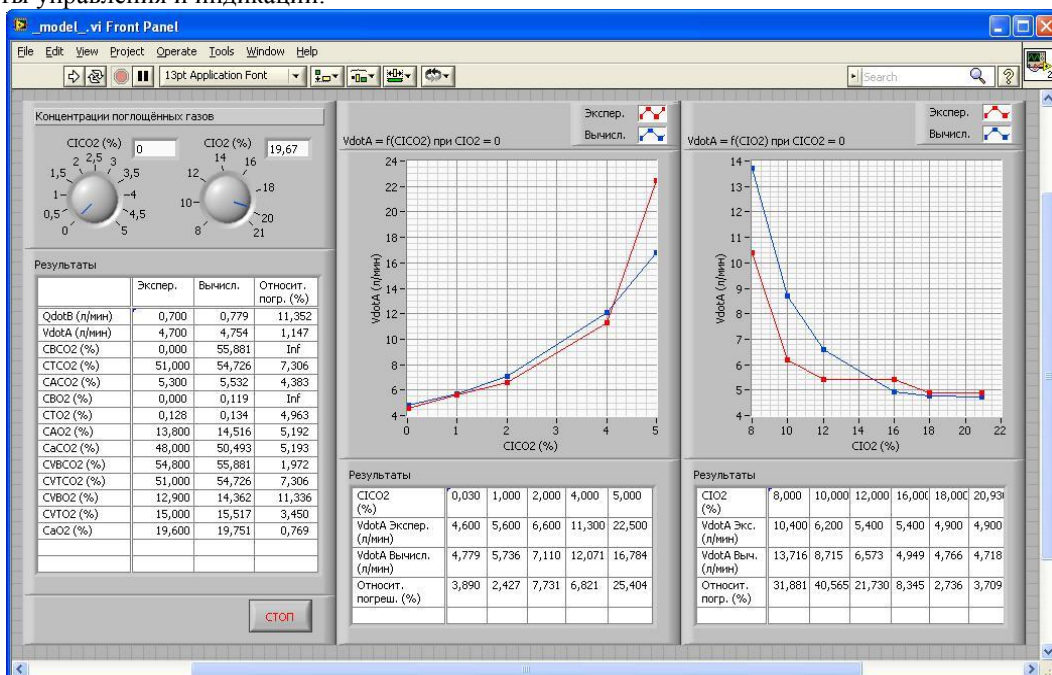


Рисунок 1. Лицевая панель виртуального прибора



**Блок-диаграмма.** На рисунке 2 представлена блок-диаграмма разработанного ВП, состоящая из трех блоков:

1) блок вычисления параметров дыхательной системы при заданных параметрах  $C_{I_{O_2}}$  и  $C_{I_{CO_2}}$  и вывод результатов в виде таблицы;

2) блок вычисления альвеолярной вентиляции при различных значениях  $C_{I_{CO_2}}$  и вывода результатов в виде графика и таблицы;

3) блок вычисления альвеолярной вентиляции при различных значениях  $C_{I_{O_2}}$  и вывода результатов в виде графика и таблицы.

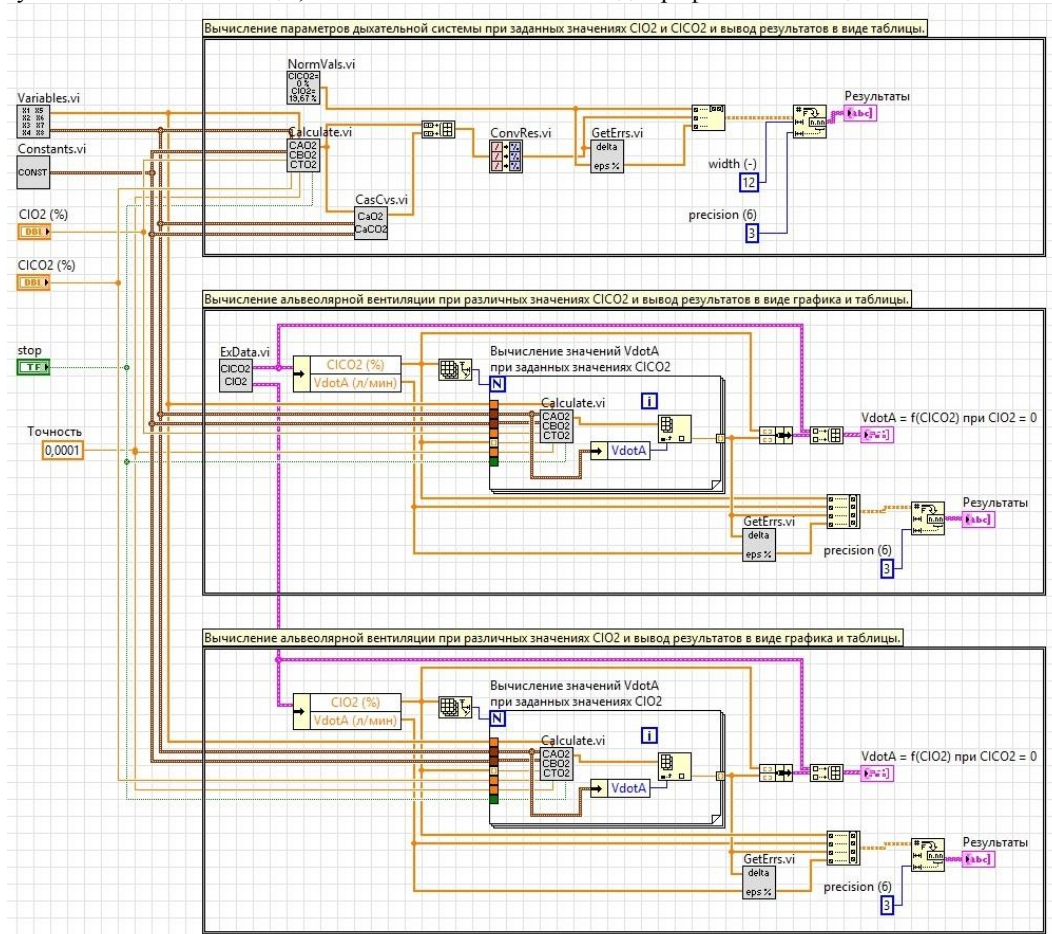


Рисунок 2. Блок-диаграмма виртуального прибора

**Заключение.** Проведенные эксперименты над моделью показывают, что модель адекватна и соответствует реальной работе дыхательной системы.

**Список литературы:**

1. Howard T. Milhorn, Jr., Richard Benton, Richard Ross, and Arthur C. Guyton. A mathematical model of the human respiratory control system // *Biophysical Journal*. – 1965. – Volume 5. – P. 27-46.

## МОЕ ОТНОШЕНИЕ К ЗАКОНУ БЭРА.

*Овсяник Михаил Васильевич  
инженер, г. Тула.*

### АННОТАЦИЯ

В настоящей работе с помощью простых математических средств сделана попытка обосновать закон Бэра: реки, текущие в Северном полушарии Земного Шара по меридиану, подмывают правый берег, а в Южном полушарии Земного шара - левый. А.Эйнштейн, который в 1926 году выступил с докладом «Причины образования извилин в руслах рек и так называемый закон Бэра» в Прусской академии, попытался найти объяснение этому явлению, однако до конца своими слушателями понят не был. Попытаемся исправить эту ошибку.

### ANNOTATION

In the present work, using simple mathematical tools, an attempt is made to justify the law Baer: the rivers flowing in the Northern hemisphere of the Globe along the Meridian, tempted right Bank, and in the southern hemisphere of the globe left. A. Einstein, who in 1926 made a report "the causes of the formation of meanders in rivers and the so-called Baer's law" in the Prussian Academy, tried to find an explanation for this phenomenon, however, until the end of their listeners was not understood. Will try to fix this error.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА** : БЭРА ЗАКОН**KEY WORDS** : The Law Baer.**ТЕКСТ РАБОТЫ.**

Многие учёные задавались вопросом: почему реки, русла которых пролегают по меридиану, в Северном полушарии Земного шара подмывают правый берег, а в Южном полушарии – левый, независимо от того, в каком направлении течёт река : с севера на юг или с юга на север. Проще говоря реки Северного полушария, текущие с юга на север, подмывают восточный берег, а текущие с севера на юг - западный, причем подмываемые берега - высокие, даже скалистые; а противоположные - низкие, равнинные.

Но только знаменитому русскому академику Бэру удалось найти для этого явления объяснение, которое и теперь принимается еще большинством ученых. Подмывание правого берега меридионально текущими реками северного полушария и левого — реками южного полушария Бэр объясняет совокупной деятельностью вращения Земли и движения воды в реке (течения).

Попытаемся разобраться, как это происходит.

**Попытка 1.** Река, текущая в Северном полушарии с юга на север.

Прежде всего вспомним, что движущийся поток жидкости, который мы привыкли называть - река, вследствие вязкости жидкости в этом потоке имеет разные скорости течения: у берега - небольшая, в середине - максимальная. Для простоты рассуждения разделим общий поток жидкости на множество небольших потоков (от  $q1$  до  $qn$ ) равных по сечению как это сделано на рис. 1. Скорость движения жидкости в каждом потоке будет разная: от минимальной  $v1$  в потоках  $q1$  и  $qn$  до максимальной  $vх$  в потоке  $qx$ .

В момент  $t1$  на широте Земли  $\phi1$  в потоке  $qx$  обозначим элементную частицу воды  $m1$ . В тот же самый момент  $t1$  на широте  $\phi2$  в потоке  $qx-1$  обозначим элементную частицу воды  $m2$ . Обратим внимание на то, что широта  $\phi2$  выше широты  $\phi1$ , хотя следует отметить, что  $[\phi2]-[\phi1] \rightarrow 0$ . В следствии этого расстояние  $R1$  от частицы  $m1$  до оси вращения Земли будет больше, чем расстояние  $R2$  от частицы  $m2$  до оси вращения Земли. На этом же самом основании силы инерции, которые получают выделенные частицы от вращения Земли, также будут разными и сила инерции  $F1$  частицы  $m1$  будет больше, чем сила инерции  $F2$  частицы  $m2$ .

Также следует отметить, что скорость жидкости  $vх$  в потоке  $qx$  будет больше, чем скорость жидкости  $vх-1$  в потоке  $qx-1$ .

В какой-то момент времени  $t2$  на широте  $\phi3$ , которая выше широты  $\phi2$ , частица  $m1$  догонит частицу  $m2$  и они начнут взаимодействовать. В силу опять той же инерции какое-то время сила инерции  $F1$  будет больше силы инерции  $F2$ . Учитывая, что энергии у частицы  $m1$  больше, чем у частицы  $m2$  вследствие разности скоростей перемещения этих частиц, энергия частицы  $m1$  будет «подавлять» энергию частицы  $m2$ . Таким же образом буду взаимодействовать силы инерции частиц  $F1$  и  $F2$ . Математически это будет выглядеть примерно вот так:

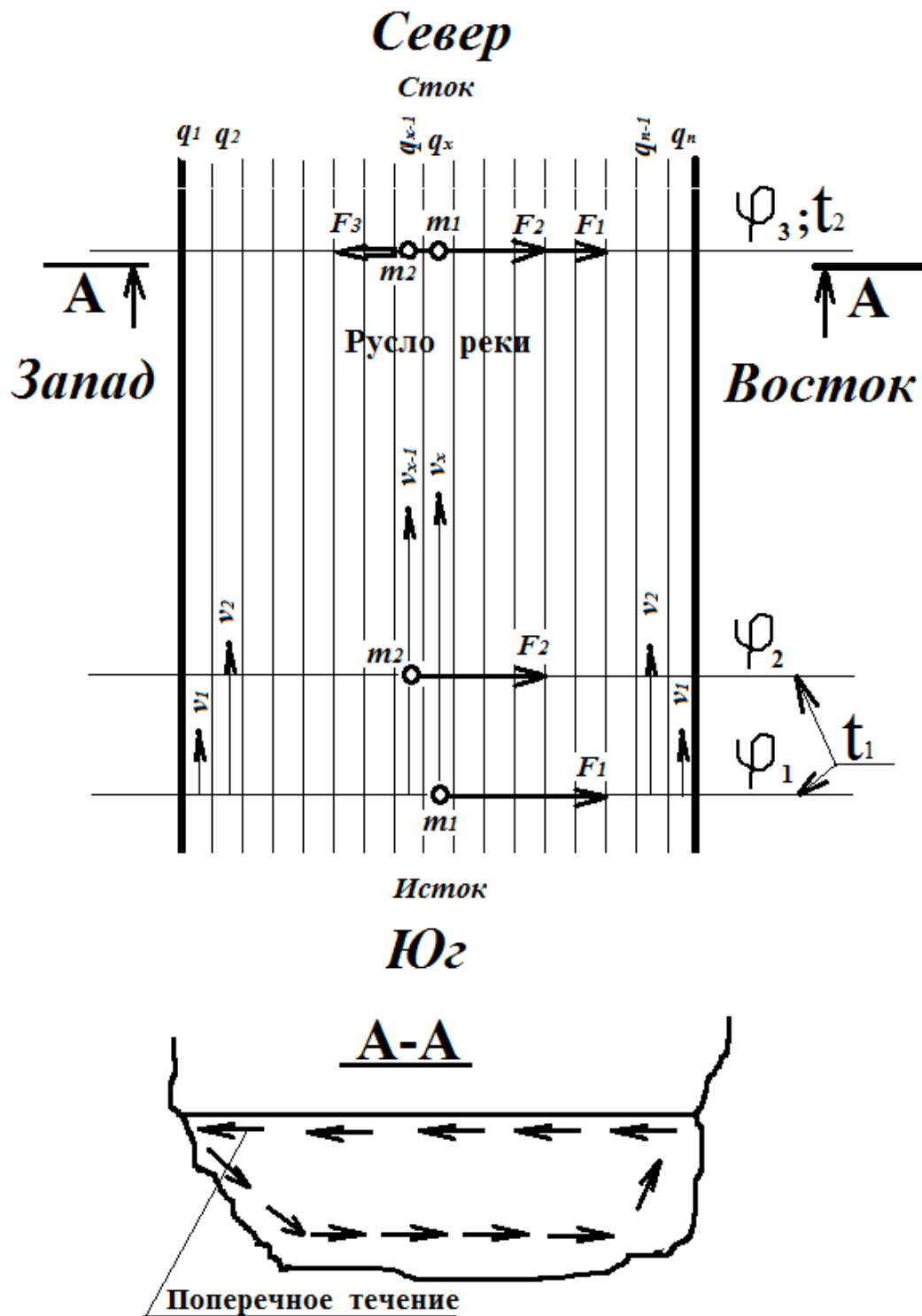
$$F2 - F1 = -F3$$

Но в связи с тем, что  $F1$  что по абсолютной величине больше  $F2$ , то перед результатом  $F3$  следует поставить знак «минус». Математически это означает, что равнодействующая сил  $F1$  и  $F2$ , направлена в сторону, противоположно направлению этих сил. Эта сила и будет образовывать поперечное течение в движущемся потоке жидкости реки. А поперечное течение (см. рис.1, сеч. А-А) будет размывать левый (западный) берег и намывать на него ил, а также подмывать правый (восточный) берег реки и вызывать его обрушение.

**Попытка 2.** Река, текущая в Северном полушарии с севера на юг.

Предварительные рассуждения будут те же самые. Движущийся поток жидкости, который мы привыкли называть - река, вследствие вязкости жидкости в этом потоке имеет разные скорости течения: у берега - небольшая, в середине - максимальная. Для простоты рассуждения разделим общий поток жидкости на множество небольших потоков (от  $q1$  до  $qn$ ) равных по сечению как это сделано на рис. 2. Скорость движения жидкости в каждом потоке будет разная: от минимальной  $v1$  в потоках  $q1$  и  $qn$  до максимальной  $vх$  в потоке  $qx$ .

В момент  $t1$  на широте Земли  $\phi1$  в потоке  $qx$  обозначим элементную частицу воды  $m1$ . В тот же самый момент  $t1$  на широте  $\phi2$  в потоке  $qx-1$  обозначим элементную частицу воды  $m2$ . Обратим внимание на то, что широта  $\phi1$  выше широты  $\phi2$ , хотя следует отметить, что  $[\phi1]-[\phi2] \rightarrow 0$ . В следствии этого расстояние  $R1$  от частицы



**Рис. 1**

$m_1$  до оси вращения Земли будет меньше, чем расстояние R2 от частицы  $m_2$  до оси вращения Земли. На этом же самом основании силы инерции, которые получают выделенные частицы от вращения Земли также будут разными и сила инерции  $F_1$  частицы  $m_1$  будет меньше, чем сила инерции  $F_2$  частицы  $m_2$ . Также следует отметить, что скорость жидкости  $v_x$  в потоке  $q_x$  будет больше, чем скорость жидкости  $v_{x-1}$  в потоке  $q_{x-1}$ .

В какой-то момент времени  $t_2$  на широте  $\varphi_3$ , которая ниже широты  $\varphi_2$ , частица  $m_1$  догонит

частицу  $m_2$  и они начнут взаимодействовать. В силу опять той же инерции какое-то время сила инерции  $F_2$  будет больше силы инерции  $F_1$ . Учитывая, что энергии у частицы  $m_1$  больше, чем у частицы  $m_2$  вследствие разности скоростей перемещения этих частиц, энергия частицы  $m_1$  будет «подавлять» энергию частицы  $m_2$ . Таким же образом будут взаимодействовать силы инерции частиц  $F_1$  и  $F_2$ . Математически это будет выглядеть примерно вот так:

$$\vec{F}_2 - \vec{F}_1 = -\vec{F}_3$$

Но в связи с тем, что  $F_2$  по абсолютной величине больше  $F_1$ , то перед результатом  $F_3$  следует поставить знак «плюс». Математически это означает, что равнодействующая сил  $F_1$  и  $F_2$ , направлена в ту же сторону, что и эти силы. Эта сила и будет образовывать поперечное течение в

движущемся потоке жидкости реки. А поперечное течение (см. рис.2, сеч. А-А) будет размывать левый (восточный) берег и намывать на него ил, а также подмывать правый (западный) берег реки и вызывать его обрушение.

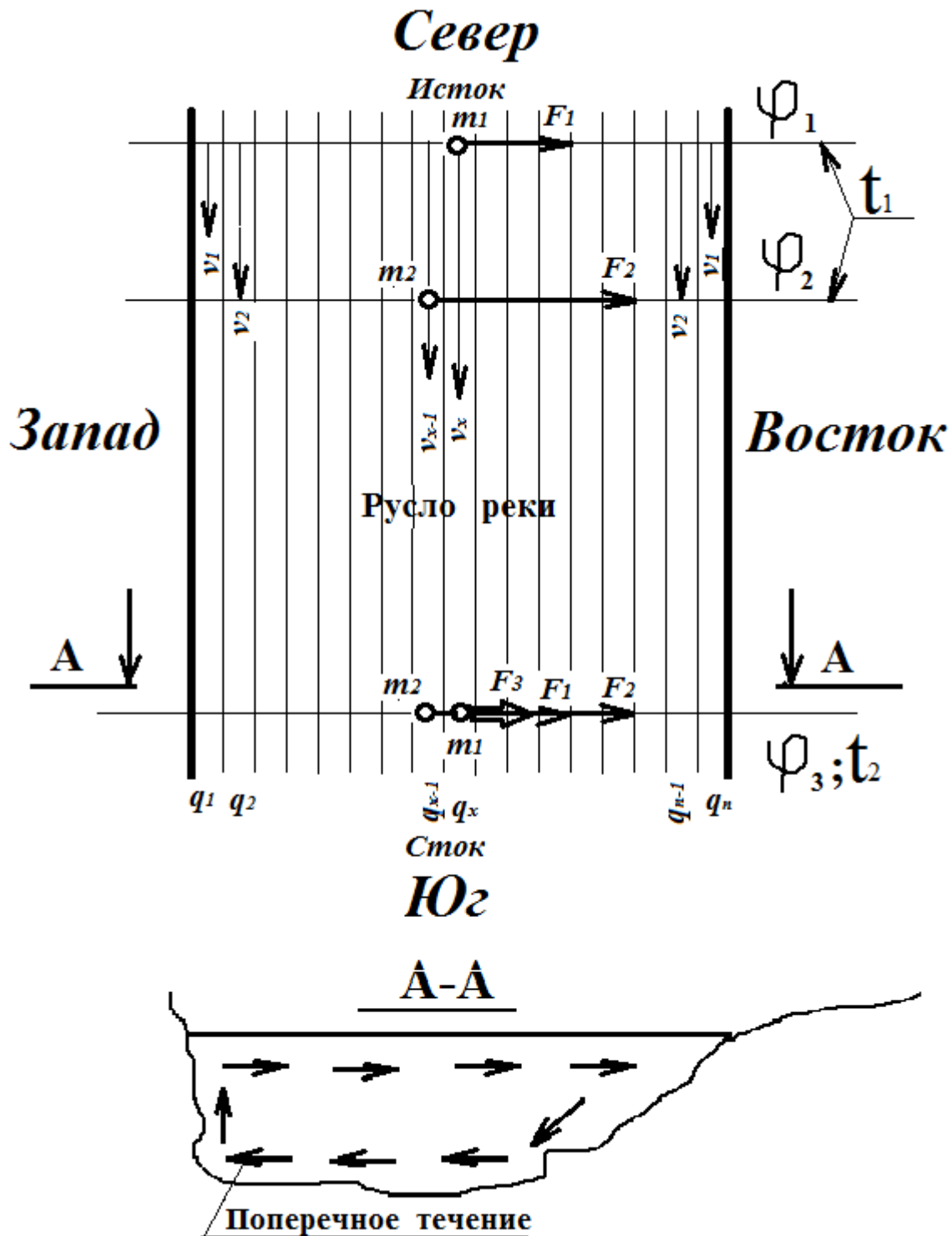
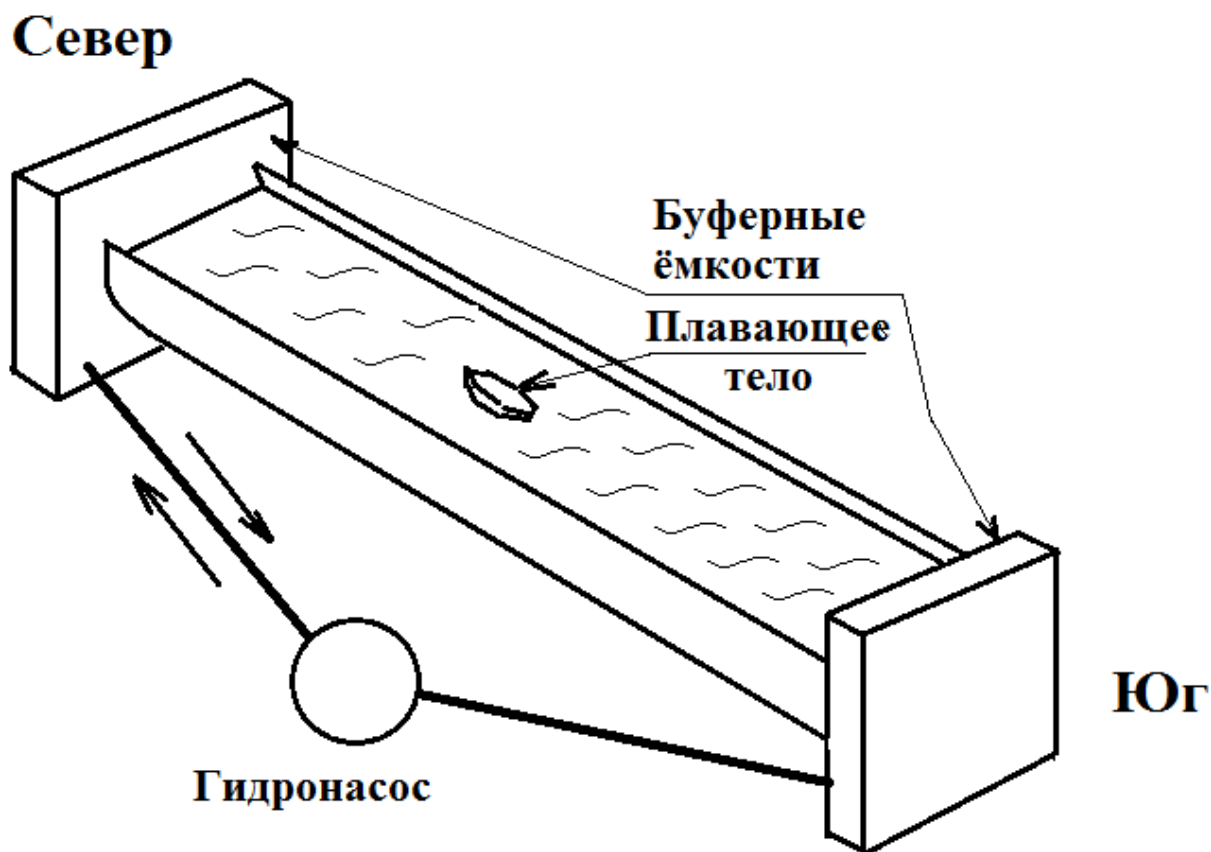


Рис. 2

P.S. Казалось бы, эти предположения не совсем похожи на доказательства, а какая-то смесь

алгебры, геометрии и энергетики. Но, во-первых, почему-то выводы – направление поперечного

течения реки – совпадают с природными. А, вот следующий опыт (см. рис. 3) вторых, предлагаю сомневающимся людям поста-



**Рис. 3**

Возьмём 4-5 труб диаметром от 600мм до 1000мм и разрежем их пополам вдоль строго по середине. После этого торцы полученных полутруб сварим между собой так, чтобы получился единый жёлоб. Этот жёлоб расположим строго с севера на юг (или с юга на север) и выверим его строго по горизонтали. К торцам жёлоба приварим буферные ёмкости, которые соединим между собой трубопроводом через гидронасос. Буферные ёмкости необходимы для снижения влияния гидронасоса

на получаемый поток жидкости. Заполним систему жидкостью - водой. С помощью гидронасоса устроим течение жидкости в жёлобе в ту или иную сторону, запустим в этот искусственно созданный поток воды плавающее тело и будем наблюдать за его поведением.

Кстати с помощью этого опыта можно определить величину усилия, развиваемым поперечным течением реки.

## ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ АППРОКСИМАЦИЯ ФУНКЦИИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДПО

*Подколзин Вадим Владиславович*

*канд. ф.-м. наук, доцент Кубанского государственного университета,  
г. Краснодар*

*Уварова Анастасия Викторовна*

*преподаватель Кубанского государственного университета, г. Краснодар*

### АННОТАЦИЯ

Определение аппроксимирующего полинома характеристической функции. Построение модели нейронной сети для аппроксимации одноместных функций. Применение нейронной сети к задаче определения значений характеристик ДПО.

### ABSTRACT

Defining characteristic approximating polynomial function. Building a neural network model for the approximation of single functions. Application of neural network to the problem of determining the values of the DSD.

**Ключевые слова:** аппроксимация; нейронная сеть; функциональная сеть; аппроксимирующий полином.

**Keywords:** approximation; neural network; functional network; approximately polynomial.

В рамках решения задачи определения параметров сети ДПО [1] решается задача аппроксимации характеристической функции некоторым полиномом.

Решение задачи нахождения значений характеристик всех сущностей в функциональной модели предметной области, используя метод градиентного спуска [1], при определенных наборах узлов  $\Omega^K$  приводит к достаточно большой погрешности в узлах множеств  $\Omega^O$  и  $\Omega^R$ , либо к невозможности решения такой задачи за конечное число шагов с заданной точностью (правила, задающие эти множества описаны в [1]).

Предложено построение универсальных моделей детерминированной предметной области (ДПО) [1], не зависящих от набора узлов  $\Omega^K$ , в

виде сетевой математической модели ДПО. Каждый узел модели организован как нейронная сеть (рисунок 1), где на вход подается некоторое значение  $x$ , на выходе сеть дает значение  $Y$ , аппроксимируя характеристическую функцию (1)

$$Y = f(x) = \sum_{i=0}^N a_i x^i \quad (1).$$

Для аппроксимации полинома аппаратом нейронных сетей предлагается использовать алгоритм обучения с обратным распространением ошибки [2], используя произвольные начальные значения весовых коэффициентов. В качестве ошибки используется среднеквадратичное отклонение для пар  $(x, Y)$  обучающей выборки.

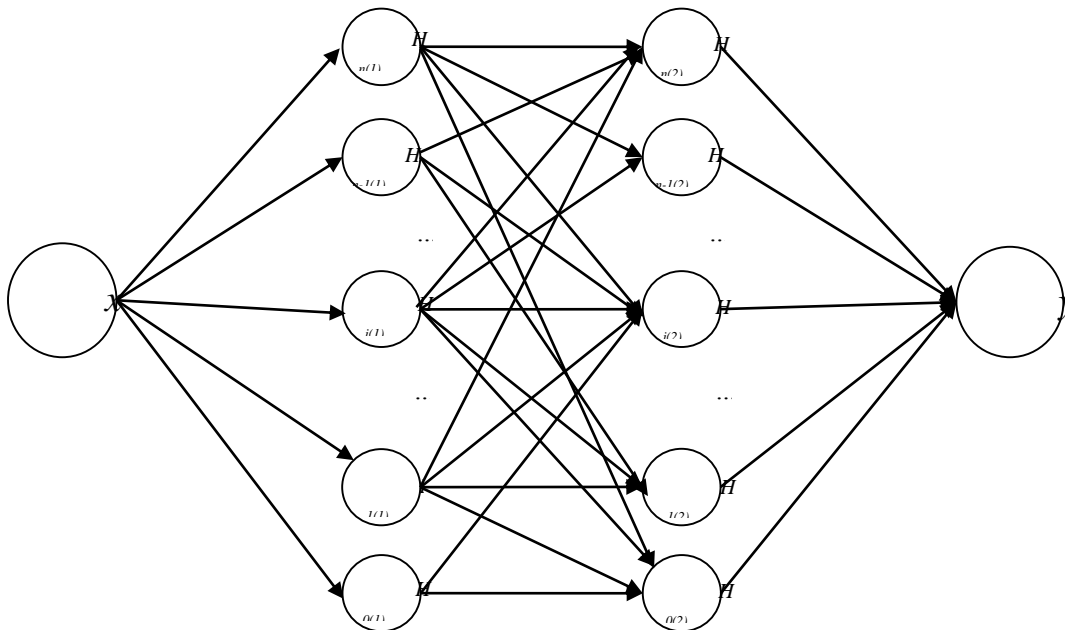


Рисунок 1. Структура нейронной сети с 2-мя скрытыми слоями.

Опытным путем было показано, что такая инициализация весовых коэффициентов влечет за собой существенно разные результаты обучения сети. Действительно, так как каждое слагаемое полинома (1) линейно, изменение любого из них может привести к изменению ошибки, в частности к ее уменьшению. Данный факт может привести к постоянному изменению весовых коэффициентов одного из узлов сети в ущерб других.

Для устранения эффекта, описанного выше, предлагается каждый узел сети, представляющий одночлен полинома  $a_i x^i$ , представлять двумя узлами  $a_i' x^i$  и  $a_i'' x^i$ , причем  $a_i' > 0$ , а  $a_i'' < 0$ . Такое представление узлов позволит организовать «конкуренцию» между парами узлов сети и изменять тот из них, для которого ошибка оказывается более существенной.

Для минимизации «лавиного» эффекта увеличения весовых коэффициентов, в рамках данной

работы предлагается заменить положительные значения  $a_i$  на функцию  $a_i/(1+e^{-a_i})$  (рисунок 2), а отрицательные – на  $a_i/(1+e^{a_i})$  (рисунок 3).

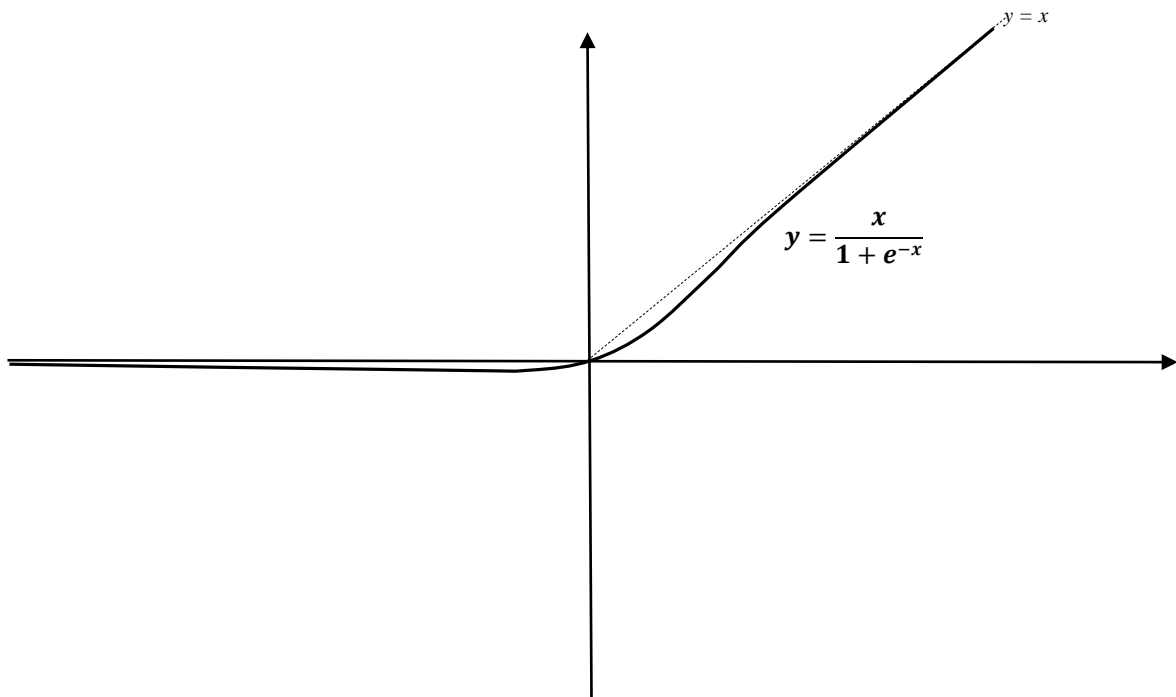


Рисунок 2. График функции для положительных коэффициентов. Данное преобразование позволит определить гладкую функцию при корректировке коэффициентов.

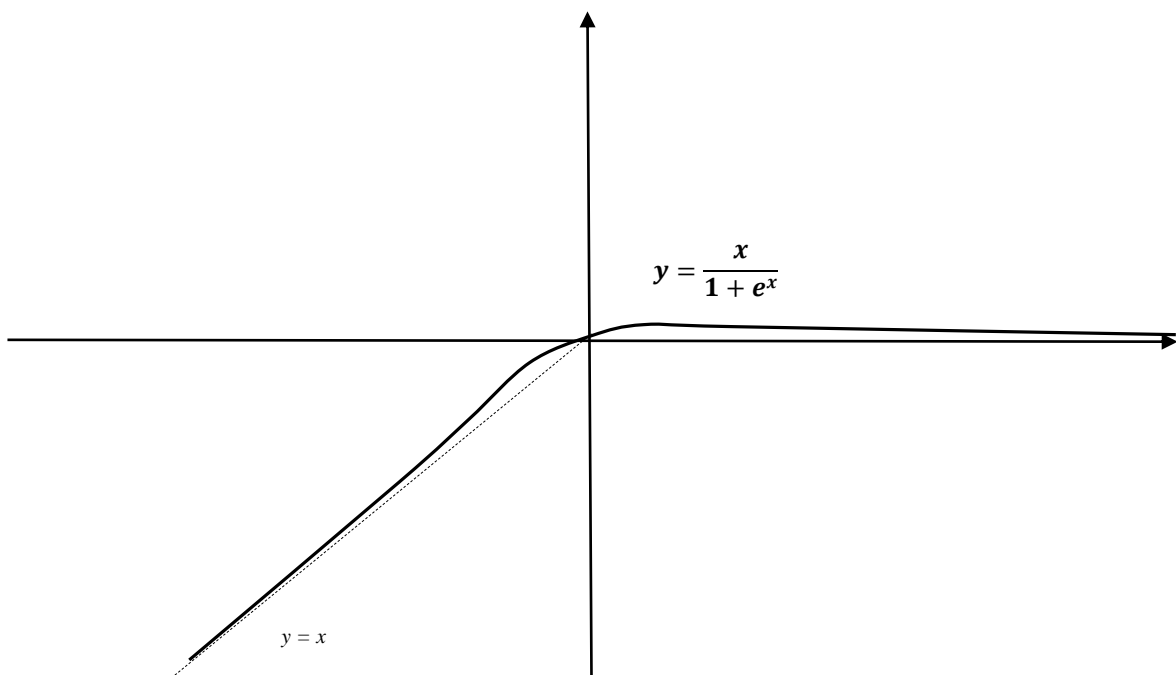


Рисунок 3. График функции для отрицательных коэффициентов.

Серия экспериментов позволила выявить оптимальную на данном этапе структуру сети. Сеть имеет входной слой, 2 скрытых слоя и выходной слой. Элементы 1-го скрытого слоя определяют элементы  $X_i^i$  и обозначены как  $H_{i(1)}$  ( $i=1...n$ ), 2-го слоя – как  $H_{j(2)}$  ( $j=1...m$ ), весовые коэффициенты

связей между ними определены как  $\omega_{ij(1)} = \frac{a_{ij(1)}}{1+e^{-a_{ij(1)}}}$  и  $\omega'_{ij(1)} = \frac{b_{ij(1)}}{1+e^{b_{ij(1)}}}$ ,  $\omega_{ij(1)} > 0$ ,  $\omega'_{ij(1)} < 0$ .

На вход нейронов второго скрытого слоя подается значение

$$s_j = \sum_{i=0}^n x^i \left( \frac{a_{ij(1)}}{1+e^{-a_{ij(1)}}} + \frac{b_{ij(1)}}{1+e^{b_{ij(1)}}} \right). \quad (2)$$

Для уменьшения количества нейронов в скрытом слое, воспользуемся свойством суперпозиции двух полиномов. При 2-х скрытых слоях,

$$Y = F(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0 \quad (3)$$

аппаратом нейронных сетей согласно предложенной модели удалось достичь приемлемой точности.

$$\Delta a_{j(2)} = -\mu \frac{dE}{da_{j(2)}} = \mu \Delta y_j^j \left( 1 + a_{j(2)} - \frac{a_{j(2)}}{1+e^{-a_{j(2)}}} \right) \frac{1}{1+e^{-a_{j(2)}}} \quad (4)$$

$$\Delta b_{j(2)} = -\mu \frac{dE}{db_{j(2)}} = \mu \Delta y_j^j \left( 1 - b_{j(2)} - \frac{b_{j(2)}}{1+e^{b_{j(2)}}} \right) \frac{1}{1+e^{b_{j(2)}}} \quad (5)$$

$$\Delta s = -\mu \frac{dE}{ds_j} = \mu \Delta y_j s_j^{j-1} \left( \frac{a_{j(2)}}{1+e^{-a_{j(2)}}} + \frac{b_{j(2)}}{1+e^{b_{j(2)}}} \right) \quad (6)$$

$$\Delta a_{ij(1)} = -\mu \frac{dE}{ds_j} \frac{ds_j}{da_{ij(1)}} = \Delta s_j x^i \left( 1 + a_{ij(1)} - \frac{a_{ij(1)}}{1+e^{-a_{ij(1)}}} \right) \frac{1}{1+e^{-a_{ij(1)}}} \quad (7)$$

$$\Delta b_{ij(1)} = -\mu \frac{dE}{ds_j} \frac{ds_j}{db_{ij(1)}} = \Delta s_j x^i \left( 1 - b_{ij(1)} + \frac{b_{ij(1)}}{1+e^{b_{ij(1)}}} \right) \frac{1}{1+e^{b_{ij(1)}}} \quad (8)$$

Последовательно применяя формулы (4) - (8) для изменения весовых коэффициентов связей между нейронами, необходимо добиться уменьшения ошибки.

Результатом работы сети является полином вида

$$y = \sum_{i=0}^m s_i^i \left( \frac{a_{i(2)}}{1+e^{-a_{i(2)}}} + \frac{b_{i(2)}}{1+e^{b_{i(2)}}} \right),$$

аппроксимирующий характеристическую функцию.

После определения аппроксимирующего полинома коэффициенты  $a_{j(2)}$ ,  $b_{j(2)}$ ,  $a_{ij(2)}$ ,  $b_{ij(2)}$  фиксируются как параметры узла, и используются при работе сети.

Предложенная в данной работе модель нейронной сети позволяет искать аппроксимирующий полином произвольной степени при небольшом размере сети. Степень искомого полинома не превышает  $\prod_{t=1}^k n_t$ , где  $t$  – количество скрытых слоев сети, а  $n_t$  – количество нейронов каждого скрытого слоя. Степень аппроксимирующего полинома и его свойства, прежде всего, зависят от топологии сети. Максимальная степень достигается в полносвязанных сетях. Например, для поиска полинома 25 степени достаточно иметь два слоя с пятью нейронами в каждом.

Анализ предложенной модели обучения функциональной сети выявил целесообразность обучения нейронных сетей с использованием методов генетических алгоритмов обучения [3]. На каждой итерации обучения система должна принимать решение какие значения параметров изменять. Для обеспечения данного свойства, необходимо ввести функции  $\gamma()$ , характеризующие возможность изменения  $a_{j(2)}$ ,  $\beta_{j(2)}$ ,  $a_{ij(2)}$ ,  $\beta_{ij(2)}$ . Совокупность всех изменений параметров весовых на одной итерации назовем мгновенным описанием обучения. Мгновенные описания представляют собой нечеткие множества [4], и представляется интересным изучить влияние свойств этих множеств на скорость сходимости обучения. Анализ влияния свойств мгновенных описаний обучения (МОО) на характеристики обучения и его результатов выходит за рамки данной работы.

содержащих  $n$  и  $m$  нейронов соответственно, можно аппроксимировать полином степени  $n * m$ .

При аппроксимации одноместных функций вида

В процессе обучения нейронной сети с коэффициентом обучения  $\mu$  для изменения весовых коэффициентов используются следующие соотношения:

Каждая итерация обучения заключается в изменении весов согласно (4), (5), (6), (7), (8) и анализа изменения ошибки. Если ошибка не уменьшилась, то уменьшается коэффициент обучения  $\mu$ . Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность. Использование МОО позволит сделать попытку оптимизировать процесс обучения, за счет увеличения количества итераций до изменения  $\mu$ . Если при очередной итерации ошибка не уменьшилась, то предлагается сделать попытку повторить процесс, но с другим МОО. Если после выполнения очередной итерации с каким-то набором изменяемых параметров привел к уменьшению ошибки, то данные изменения применяются и обучение продолжается без изменения коэффициента обучения  $\mu$ . После очередной итерации ошибка на выходе сети не уменьшилась, система принимает решение сделать еще одну попытку с новым МОО или уменьшить  $\mu$ . Таким образом, использование мгновенных описаний обучения позволяет говорить о том, что в процессе обучения система пытается «угадать» какие коэффициенты искомого полинома аппроксимации изменять, что является естественным для многопараметрической задачи в условиях неопределенности.

#### Список литературы:

1. Уварова А.В., Подколзин В.В. Аппроксимация параметров сети на основе неполной информации о предметной области: Математические методы и информационно-технические средства: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции, г. Краснодар Краснодарский университет МВД России, 2015. – с. 303-308.
2. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
3. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 384 с.
4. Яхьева Г. Нечеткие множества и нейронные сети. М.: Бином, 2008. – 320 с.



УДК 52-42; 52-423; 521.172; 550.3; 550.367; 551.58

**ЭНДОГЕННАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛИ В СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЯХ***Смольников Г.Я.*

ФГБУН Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

*Посвящается памяти проф. Ю.В.Баркина*

**Аннотация.** Состояние изучения солнечно-земных связей, определяющих изменчивость природной среды на Земле и в околоземном пространстве, невозможно считать удовлетворительным по следующим обстоятельствам: 1) традиционно сложившиеся подходы к изучению и объяснению СЗС ограничиваются поиском корреляционных связей наземных откликов лишь на СА и потоки ГКЛ, попытками объяснений понятиями профессиональных направлений авторов; 2) использование для изучения связей в прошлом несовершенных прокси данных приводит к неопределённости результатов исследований и прогнозов; 3) координация их изучения по национальным и международным программам и проектам не привела к общепризнанному мнению обо всех исходных факторах, их роли и вкладах; 4) энергетика и механизм СЗС, проявления их цикличности, полярной асимметрии, синхронности, нестабильности суточного вращения Земли, скачкообразных и др. проявлений не объяснены; 5) учёт эндогенной активности в планетарной геофизике не привел к разрешению этих вопросов. Для объяснения особенностей проявления СЗС необходимо учитывать еще эндогенную активность Земли, обусловленную гравитационным воздействием Луны, Солнца и других планет в процессе барицентрического движения Солнечной системы, а также последствия внешнего воздействия на Солнечную систему в целом.

**Ключевые слова:** солнечная активность (СА), галактические космические лучи (ГКЛ), солнечно-земные связи (СЗС), эндогенная активность Земли (ЭАЗ), центр массы Земли (ЦМЗ), нестабильность суточного вращения Земли (НСВЗ).

**Abstract.** State study of solar-terrestrial relations, determining the variability of the natural environment on Earth and near-Earth space, can not be considered satisfactory for the following reasons: 1) traditionally developed approaches to the study and explanation of STR is limited by the correlations ground responses only CA and flow of GCR, an attempt to explain the concepts of professional directions of authors; 2) use to explore relationships in the past recover observed proxy data leads to the uncertainty of the results of studies and forecasts; 3) coordination of their study on national and inter-national programs and projects are not led to the current opinion about all the original factors of their roles and contributions; 4) energetics and mechanisms of STR, the manifestations of their cyclicity, polar asymmetry, synchronicity, non-stability of the daily rotation of the Earth, with jump-like and other forms are not explained; 5) accounting endogenous activity in planetary geophysics did not lead to the resolution of these issues. To explain the features of display of STRs should take into account the endogenous activity of the Earth due to the gravitational influence of the Moon, the Sun and other planets in the Solar system barycentric movement and the impact of external influences on the Solar system as a whole.

**Key words:** solar activity (SA), galactic cosmic rays (GCR), solar-terrestrial relations (STR), endogenous activity of the Earth (EEA), the center of mass of the Earth (EMC), instability of the daily rotation of the Earth (IDRE).

**Состояние изучения СЗС.** Одной из актуальных проблем XXI века является знание причин изменчивости СЗС, необходимых для успешного использования современных наземных и орбитальных технологий, прогнозов неблагоприятных природных событий и процессов, минимизации возможных ущербов от них [1,2]. Традиционно сложившиеся подходы к изучению и объяснению СЗС ограничиваются поиском корреляционных связей наземных откликов лишь на СА и потоки ГКЛ, попытками их объяснения понятиями своих профессиональных направлений. Качества корреляционных связей зачастую не оцениваются [3]. Общепризнанного мнения обо всех исходных факторах, их роли и вкладах в изменения окружающей среды до сих пор нет, даже при координации изучения СЗС по национальным и международным программам и проектам. Поэтому в моделях вынужденно допускаются нелинейности СЗС и обратные связи, для изучения связей в прошлом используются несовершенные прокси данные, приводящие к неопределённости результатов исследований и прогнозов, оставляя открытыми во-

просы об энергетике, механизмах, цикличности, синхронности, полярной асимметрии, нестабильности суточного вращения Земли, скачкообразных и других формах проявления природных событий и процессов [4-6].

В изучении земной сферы до сих пор преобладает половинчатое геоцентрическое мировоззрение. При этом отрицается возможность явлений глобального и закономерного характера. Считается, что основные геологические, климатические, биологические и другие планетарные изменения и явления вызваны причинами, обусловленными эндогенными процессами, происходящими внутри Земли и на ее поверхности при наличии практически стабильного потока энергии от Солнца. Ярким примером деградации и так ограниченного поля геоцентризма явилась антропоцентрическая теория техногенного потепления климата. Создаваемые в ее рамках стохастические модели предполагают линейный рост приземных температур от увеличения в атмосфере индустриальных газов [7, 8]. Следует отметить, что климатологи ООН вынужденно признали свои прогнозы по глобально-

му потеплению ([http://lb.ua/news/2010/01/20/21015\\_klimatologi\\_oon\\_priznali\\_svoi\\_pr.html](http://lb.ua/news/2010/01/20/21015_klimatologi_oon_priznali_svoi_pr.html)) ошибочными, продолжая считать основным фактором потепления антропогенный.

Эндогенная активность связывается или сводится также геоцентрически к вулканической и/или сейсмической, замыкается на наземные проявления, обусловленные причинами земного происхождения [9-11]. Поэтому учет эндогенной активности в рамках планетарной геофизики не привел к ответам на перечисленные нерешённые вопросы. Подобным образом все обозримые попытки объяснения СЗС только частью внешних факторов, например 15 соавторами из 18 научных организаций [12], также остаются на уровне догматики геоцентризма. Это подтверждает наше мнение о том, что изучение СЗС нуждается в поиске и учёте всех исходных факторов, обуславливающих изменчивость природной среды [2,4-6,13].

Изучение эволюции СА, климата и тектонической активности Земли показало, что эти процессы изменяются синхронно, будто ими управляют из одного центра. У исследователей возникает естественный соблазн приписать дирижёрские функции собственной отрасли знаний: солнечным, атмосферным, тектоническим процессам или воздействиям электромагнитных, магнитных и гравитационных полей. Но в этом конкурсе выигрывает Солнечная система в целом, потому что основные причины, например, климатических колебаний находятся вне Земли [13].

С точки зрения прикладной геофизики проблема источников энергии, определяющей тепловой режим и тектоническую активность, - одна из самых фундаментальных в планетной геофизике, и решаться она должна системно, с учётом современных данных о составе, строении и эволюции Земли. Основными процессами могут быть только глубинные энергетические, в наибольшей мере снижающие потенциальную (внутреннюю) энергию планеты и системы Земля-Луна за счёт трансформации её в тепло и кинетическую энергию движения земных масс. Природа эндогенной активности Земли связана не просто с гравитационной, а с гравитационно-тепловой конвекцией. В свою очередь, любые перемещения земных масс также сопровождаются диссипацией кинетической энергии и выделением тепла, способствующему частичному расплавлению вещества верхней мантии и питанию тем самым магматизм Земли. Это тепло постепенно теряется с тепловым излучением Земли через её поверхность и рассеивается в космосе [14]. Однако исходные причины не были установлены.

Несмотря на различие профессиональных интересов, и, соответственно, подходов неизбежно накапливались совместные или индивидуальные признания ключевых процессов и факторов: противозональности или полярной асимметрии [15], признание основными процессами энергообеспечения - глубинной геодинамики, т.е. общее понимание [16] роли ядра [15, 17], доминирующей роли сме-

щений ядра, процессов на границе мантия-ядро, внутреннего строения, кинематики структур Земли, деформации и взаимодействия её оболочек [9,15,16,17), взаимодействия небесных тел Солнечной системы между собой, необходимости системного изучения природы климата [9,16], влияние внешних в Солнечной системе и дальних космических сил [8, 9,17-21]. Неизбежно вынужденной оказалась ориентация на концепцию эндогенной активности Земли, исходя из положений небесной механики [13,22, 23].

При рассмотрении связей НСВЗ и глобальных изменений природных процессов обнаружилось противоречия, для устранения которых вынужденно обращено внимание на существование *третьей причины*, одновременно влияющей на процессы в земном ядре и в климатической системе. Весь комплекс явлений, возникающих при этом в земных оболочках, назван «*обобщённым приливом*» [22], поскольку помимо классических приливов, притяжение Луной, Солнцем и другими планетами несферичных, неоднородных оболочек Земли, занимающих эксцентричные положения, приводит к относительным смещениям и колебаниям их центров масс, к вынужденным перемещениям масс [13]. Многолетняя НСВЗ коррелирует с геофизическими, гидрометеорологическими, геомагнитными, биологическими и др. процессами [24, 25], потому, что все они имеют одну и ту же небесно-механическую первопричину – *обобщённые приливы*. Многолетние колебания угловой скорости вращения Земли признаны интегральным индексом глобальных изменений [21].

Первостепенными вопросами теории природных планетарных процессов на Земле (и на других небесных телах) являются вопросы об источниках энергии ЭАЗ и об основном механизме циклического энергетического возбуждения небесных тел. Решение этой вековой проблемы предложено на основе механизма возбуждения оболочек небесного тела внешними небесными телами [13]. Основное положение развиваемой геодинамической концепции состоит в том, что планеты, спутники и Солнце представляют собой системы оболочек согласно их эволюции - у Земли: ядра (твёрдое и жидкое), мантия (пластичная и твёрдая), литосфера, земная кора, которые совершают друг относительно друга малые поступательные - вращательные движения, а также деформационные и иные изменения под гравитационным воздействием. Вся Солнечная система представляется совокупностью небесных тел, взаимно - возмущающих друг друга. Взаимовлияние Земли, Луны и Солнца, находящихся в одной системе, обуславливает синхронность процессов, происходящих в Солнечной системе [13]. Рассмотрение лишь наземных процессов взаимодействия суши, моря и атмосферы при учете СА и КГЛ явно недостаточно для изучения и объяснения СЗС.

Важнейшим результатом явилось предсказание и обоснование существования векового тренда ЦМЗ относительно мантии, получившего четкие подтверждения в данных космической геодезии, и

его небесно-механического истолкования, как следствия векового близ полярного северного дрейфа ядра Земли относительно мантии (со скоростью  $27.4 \pm 0.8$  мм/год). Изменение во времени приливов в вязкоупругой мантии планеты, порождаемых гравитационными силами взаимодействия с подвижным ядром, приводит к рассеянию механической энергии в материале планеты (в мантии), которая переходит в тепло и формирует температурное поле внутри планеты. Эта и многие другие проблемы геодинамики, геофизики и других наук о Земле решаются с помощью гравитационного механизма вынужденной раскачки ядра и мантии небесного тела и их взаимодействия [13].

Смещения ядра приводят к смещениям ЦМЗ по отношению к мантии, которые стали доступными для изучения методами космической геодезии. При этом выявлен широкий спектр колебаний ЦМЗ и обнаружен его вековой тренд в северном направлении (в район полуострова Таймыр) [13, 26]. С другой стороны по смещениям ЦМЗ удается восстановить стиль и особенности относительных смещений ядра и мантии Земли, изучить геодинамические следствия этих смещений, таких как деформации слоев мантии, вариации ее упругой энергии, мощности диссипации и формирования теплового потока на планете, других физических полей, перераспределение флюидных масс и др.

Циклические смещения ядра, с его колоссальной избыточной массой примерно в 17 масс Луны, оказывают циклические гравитационные воздействия на все оболочки Земли, включая её биосферу. Всё живое на Земле находится под неуслышимым вниманием и контролем “сердца Земли” – колеблющейся системы ядро-мантия. Все геологические, геофизические и геодинамические процессы имеют циклический характер и происходят синхронно. Современные данные космической геодезии о вариациях положения ЦМЗ и о вариациях коэффициентов второй гармоники и гармоник более высокого порядка однозначно свидетельствуют в пользу существования векового тренда и колебаний ядра Земли. Активно работающие учёные мира фактически не смогли предложить никаких теоретических обоснований изучаемым геодезическим изменениям Земли [13].

Геодинамическая модель вынужденных относительных смещений ядра уже получила впечатляющие приложения при изучении и решении сложных геофизических проблем. Ряд геодинамических и геофизических явлений получили теоретическое объяснение в хорошем согласии с данными наблюдений. В геодинамике - при объяснении векового дрейфа полюса оси вращения и неприливного ускорения в осевом вращении Земли [13]. В гравиметрии - при объяснении наблюдаемых вековых изменений силы тяжести на известных ведущих гравиметрических станциях мира [13]. В океанологии при объяснении векового изменения уровня океана как глобального, так и средних уровней океана в Северном и Южном полушариях [13]. В геодезии при интерпретации наблюдаемых явлений вековых укорачиваний

длин широтных кругов в Северном полушарии и их удлинении в Южном полушарии [13]. Вследствие этого Земля имеет не сферически симметричную, а «квази-грушевидную» форму [13]. А также в решении проблем в сейсмологии и климатологии и широкого ряда других геофизических, геодинамических, геодезических явлений на Земле и других планетах и спутниках [13].

По оценкам с упрощениями, исходя из концепции ЭАЗ, энергетический баланс Земли и мощность процессов составляют: сейсмических событий  $3 \times 10^{10}$  вт, вулканических событий  $10^{10}$  вт, тепловой конвекции  $10^{13}$  вт, теплового потока  $(4,4-4,8) \times 10^{13}$  вт, приливов  $4 \times 10^{11}$  вт, диссипации из-за колебаний ядра и вязко-упругих деформаций мантии  $3,38 \times 10^{14}$  вт, полная мощность диссипации энергии в мантии Земли  $10^{14} - 10^{15}$  вт (верхние оценки  $1,45 \times 10^{16}$  вт; [15]. Процесс гравитационной дифференциации земного вещества – мощнейший источник эндогенной энергии на Земле. Он одновременно также может питать собой и магнитное поле Земли под влиянием всех окружающих небесных тел [16].

Рассмотренный механизм динамики оболочек планет вполне может обеспечить энергией все основные природные процессы Земли (такие как: тектонические движения, включая горизонтальные движения литосферных плит, поднятия и прогибы коры, литосферы и др. слоев Земли, формирование уплотненных слоев, формирование систем трещин и разломов и др.). Согласно развиваемой концепции существует единый механизм, контролирующий и направляющий циклическую активность практически всех земных процессов – механизм вынужденного взаимодействия, раскачки ядра, мантии и др. оболочек Земли и их деформаций под воздействием гравитационного притяжения Луны, Солнца и планет. Этот механизм является универсальным и эффективно работает на многих небесных телах Солнечной системы. Он определяет циклические геодинамических и геофизических процессов в самых разнообразных шкалах времени от часов до сотен миллионов лет. Все остальные эндогенные источники энергии либо несоизмеримо меньше приведенных, либо полностью обратимы благодаря конвективному массообмену в мантии. Эндогенными источниками энергии возбуждается и магнитное поле Земли, генерация геомагнитного поля связана с конвективными процессами, развивающимися в электропроводном веществе внешнего (жидкого) ядра Земли [13].

По вариациям глобальных поверхностных температур, регистрируемых инструментально с 1850 г., проверено: все ли десятилетние и мультидекадные колебания климата имеют астрономическую природу. Регистрограммы, выведенные по орбитам планет, представляют очень похожие спектры мощности: тесно коррелируют одиннадцать частот с периодами между 5 до 100 годами. Среди них, большие климатические колебания типа «пик-впадина» с периодами около 20 и 60 лет, соответственно, синхронизированы с орбитальными периодами Юпитера и Сатурна. В тем-

пературных регистрограммах также видны 11- и 22-х летние солнечные циклы. 9.1-летний цикл синхронизируется с орбитальными циклами Луны. Феноменологическая модель, основанная на этих астрономических циклах, может быть использована для хорошей реконструкции (восстановления характера) колебаний температуры с 1850 года и частичного прогноза для 21-го века. Установлено, что, по крайней мере, 60% глобального потепления, наблюдаемого с 1970 года были вызваны совместным действием вышеуказанных естественных климатических колебаний. Частичный прогноз показывает, что климат может быть стабилизированным или прохладным до 2030-2040 гг. Качественно обсуждены возможные физические механизмы с акцентом на явление коллективной синхронизации связанных осцилляторов [19]. Вследствие некратности месячного и годового периодов обращения Земли возникают квази-четырёхлетние и 35-летние изменения амплитуды метеорологических характеристик, влияющие на изменения климата [27]. Астрономические теории успешно объясняют вариации климата на геологических масштабах времени. Обнаружена синхронизация проявлений СЗС и в галактических масштабах времени [8, 21].

**Выводы.** Природная среда находится одновременно под воздействием непрерывно изменяющихся потоков излучения Солнца, солнечного ветра, ГКЛ, а также гравитационных сил со стороны Луны, Солнца и других планет. Поэтому природные процессы, происходящие в оболочках Земли, обуславливаются не только СА и ГКЛ, но и эндогенной активностью планеты. Гравитационное воздействие на Землю осуществляется как непосредственно каждым, так и корпоративно всеми телами Солнечной системы в процессе её движения относительно барицентра (её центра масс) в целом под влиянием Галактики. С учётом геофизических и геодинамических последствий внешнего воздействия на Землю и Солнечную систему в целом термин «солнечно-земные связи» приобретает смысл «внешне-земных» связей.

Работа выполнена по Разделу II.16. плана НИР ФГБУН ИСЗФ СО РАН согласно перечню приоритетных направлений, программ и проектов фундаментальных исследований СО РАН на 2014-2016 гг., в т.ч. солнечно-земных связей.

Автор благодарен за материалы, заимствованные им из Интернета.

#### Список использованной литературы

1. Современные глобальные изменения природной среды: в 4 т. / Коллектив авторов; отв. ред. Н.С. Касимов, проф. Р.К.Клиге. М.: Научный мир, 2006. Т.1. 696 с., Т.2. 775 с.; Факторы глобальных изменений. 2012. Т.3. 444 с., Т.4. 540 с.
2. Смольков Г.Я. а) Роль и вклад эндогенной активности Земли в солнечно-земные связи / Современная геодинамика центральной Азии и опасные природные процессы. Материалы III совещания по современной геодинимике (Иркутск, 19-23.09.2016), 2016. С. 283-287. б) Свидетельства внешнего воздействия на Землю и Солнечную систему в целом / Там же. С. 287-293.
3. Lockwood M. Solar Influence on Global and Regional Climates / Survey in Geophysics, 2012. V.33. №3-4.-503p.
4. Smolkov G.Ya., Barkin Yu.V. Toward systematic and interdisciplinary study of solar-terrestrial relations / Astronomicheskii Tsirkulyar. Published by EAS and MGU SAI. ISSN 0236-2457. November 30. 2014. No 1619. P. 1-11.
5. Смольков Г.Я., Баркин Ю.В. Солнечно-земные связи: новое в изучении и объяснении / Земля и Вселенная. 2016. №3. С.87-98.
6. Smolkov G.Ya., Barkin Yu.V. External factors of solar-terrestrial relations / Astronomical and Astrophysical Transactions, 2016. №3. P. .. (in print).
7. Второй доклад МГЭИК об оценках изменения климата / ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd...2nd...
8. Берри, Б. Л. а) Синхронные процессы в оболочках Земли и их космические причины / Вестник МГУ.Сер.5, №1,1991,с.20-27; б) Спектр солнечной системы и модели геофизических процессов: №3, 2006 а, с. 64-68; в) Berry B. L. Solar system oscillations and models of natural processes / Journal of Geodynamics 41, 2006, 133-139.
9. Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Цикличность геодинамических процессов: её возможная природа / М: Научный мир, 2009. 520 с.
10. Лавёров Н.П. Медведев А.А. Космические исследования и технологии: расширение знаний об окружающем мире / М.: Доброе слово, 2012. 180 с.
11. Фундаментальная и прикладная климатология / М.: Роскомгидромет, 2015. Т.1. 248 с. / <http://istina.msu.ru/journals/9610627/> и <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1442093>
12. Gray L. J., J. Beer, M. Geller et al , J. D. Haigh, M. Lockwood, K. Matthes, U. Cubasch, D. Fleitmann, G. Harrison, L. Hood, J. Luterbacher, G. A. Meehl, D. Shindell, B. van Geel, and W.White (2010) Solar influences on climate / Rev. Geophys., 48, RG4001
13. Баркин Ю.В. Все сноски на публикации, связанные с Ю.В.Баркиным см. на <http://istina.msu.ru/profile/BarkinYV/>
14. McComas D.J. et al.The heliotail revealed by the interstellar boundary explorer / The Astrophysical journal, 2013.V.771, №2. –P.77.
15. Авсюк С.В. Приливные силы и природные процессы / М.: ОИФЗ РАН, 1996. 188с.
16. Сорохтин О.Г., Чилингар Дж.В., Сорохтин Н.О. Теория развития Земли: происхождение, эволюция и трагическое будущее / М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. 752 с.
17. Осипов В.И., Кутепов В.М., Зверев В.А., Авсюк и др. Опасные экзогенные процессы / ГЕОС Мо №1сква, ISBN 5-89118-081-2, 1999. 290 с.
18. Дергачев В.А. СА, КЛ и реконструкция температуры Земли за последние два 1000-летия / Геомагнетизм и аэрономия, 2015. Т.55, №1, ч.1, С. 3-4; №2, ч.2, С.147-160.

19. Scafetta Nicola. Empirical evidence for a celestial origin of the climate oscillations and its implications / *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol 72, Issue 13, August 2010, Pages 951–970
20. Кондратьев К.Я. Изменения глобального климата: нерешённые проблемы / *Метеорология и гидрология*, 2004, № 6, сс.118-128.
21. Баренбаум А.А. Галактоцентрическая парадигма в геологии и астрономии / Изд.2-е, перерб. и доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 544 с
22. Sidorenkov N.S. The Interaction Between Earth's Rotation and Geophysical Processes (Wiley-2009).pdf – Adobe Acrobat Reader DC / 2009 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-40875-7.
23. Смольков Г.Я., Баркин Ю.В. Фундаментальный и прикладной характер солнечно-земных связей / *Мат. Межвед. научно-практ. конф. «21 век: Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований»* (10-11.10.2013 г., Москва), С.142.
24. Горькавый Н.Н., Трапезников Ю.А., Фридман А.М. О глобальной составляющей сейсмического процесса и ее связи с наблюдаемыми особенностями вращения Земли / *Доклады РАН*. 1994. Т. 338, № 4. С. 525–527.
25. Великанов А.Е. О природе магнитного поля Земли и передвижении магнитных и географических полюсов / *Геофизика XXI столетия: 2005 год. Сб. трудов VII геофизических чтений (3-5.03.2005 г., Москва).* - М.: Науч. мир, 2006. - 496 с
26. Gobinddass M. L., P. Willis, O. de Viron, A. Sibthorpe, N. P. Zelensky, J. C. Ries, R. Ferland, Y. Bar-Sever, M. Diament / Systematic biases in DORIS-derived geocenter time series related to solar radiation pressure mis-modeling *JG* 2009 83 9 849.
27. Сидоренков Н.С. Геодинамические причины декадных изменений климата / *Земля и Вселенная*. 2016. №3. С.25-36.