

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

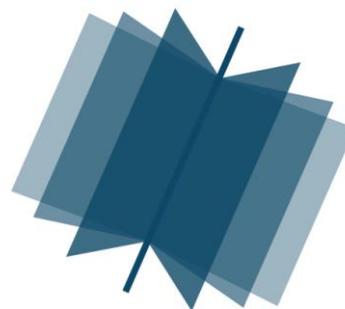
***INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL***

---

**ISSN 2303-9868 PRINT  
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург  
2016





Периодический теоретический и научно-практический журнал.  
Выходит 12 раз в год.  
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.  
Главный редактор: Миллер А.В.  
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская,  
д. 4, корп. А, оф. 17.  
Электронная почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)  
Сайт: [www.research-journal.org](http://www.research-journal.org)

**№2 (44) 2016  
Часть 2  
Февраль**

Подписано в печать 15.02.2016.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 26122  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам XLVII заочной научной конференции International Research Journal.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Журнал входит в международную базу научного цитирования **Aggris**.

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

**Члены редколлегии:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

|  |    |
|--|----|
| РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ВОРОТ НА СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗАХ .....  | 6  |
| ПРОБЛЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В ВУЗЕ... 11   | 11 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ FDM-ПЕЧАТИ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ .....          | 12 |
| ПЛАВКА ТОНКОСТЕННОГО ЛОМА С ЛАКОКРАСОЧНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА .....                              | 14 |
| IMPROVING THE SYSTEM OF PERSONNEL MANAGEMENT IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN .....             | 18 |
| ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ САМОЗАПУСКА АСИНХРОННОЙ НАГРУЗКИ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ПЕРЕРЫВЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                    | 19 |
| PROVIDING ACCESS TO INFORMATION SYSTEMS OF HIGHER EDUCATION IN THE CASE OF LOSS OF KEY INFORMATION .....                   | 23 |
| АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ СОДЕРБЕРГА ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ..... | 25 |
| САМООЧИСТКА РЕШЕТ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ РЕШЕТНЫХ СТАНОВ.....  | 28 |
| IMPROVING INFORMATION SUPPORT FOR THE ACCOUNT OF EMPLOYMENT OF GRADUATES OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS .....            | 31 |
| ПЛОСКО-РАДИАЛЬНАЯ НЕСТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ СЖИМАЕМОЙ ВЯЗКО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ В СЖИМАЕМОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ .....         | 33 |
| ОЧИСТКА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ОТ ИОНОВ МЫШЬЯКА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ .....  | 37 |
| О МЕТОДАХ РАСЧЕТА ЭЛЕВАТОРНЫХ УЗЛОВ .....  | 39 |
| МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЭЛЕМЕНТАХ САНИРОВАННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ .....  | 42 |
| О МЕТОДАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕАКТОРОВ .....  | 45 |
| ОПЫТ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ .....  | 47 |
| МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕЧЕЙ В ВАКУУМНЫХ УСТАНОВКАХ МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА..... | 49 |
| ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ .....   | 52 |
| STATISTICAL STUDY EVALUATION OF CORRELATION BETWEEN ORGANIC COATING THICKNESS AND THREE HARDNESS TEST METHODS.....         | 55 |
| ФОРМИРОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЙ ИСТОЧНИКОВ СО СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕМ ...61   | 61 |

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

|  |    |
|--|----|
| МОДЕЛИРОВАНИЕ СКР-ЛИДАРНОГО СИГНАЛА ДЛЯ ЛОКАЛИЗОВАННОГО ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ .....  | 63 |
| ДИСПЕРСИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН В СРЕДАХ С ПОГЛОЩЕНИЕМ ..... | 66 |
| THE IMPACT ON ORGANIZATION'S STAFF TO IMPROVE THE LEVEL OF INFORMATION SECURITY .....          | 69 |
| CONTROL OF MODEL AND SOLUTION OF PRACTICAL PROBLEMS .....                                      | 71 |
| ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ «ПУЗЫРЬКА» ПОЗИТРОНИЯ .....                                   | 72 |
| ЖИДКОСТНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА, ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ И КОСМОЛОГИЯ. ЧАСТЬ 1 .....                           | 77 |

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

|  |    |
|--|----|
| ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ У ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД.....  | 86 |
| ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....       | 88 |
| ELECTRONIC EDUCATIONAL ATLAS ON GEOGRAPHY FOR SCHOOLS OF KAZAKHSTAN.....   | 93 |
| ЛОКАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НИЖНЕВАРТОВСКА)..... | 95 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ.....</b> | <b>99</b>  |
| <b>К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ И ЗНАЧЕНИИ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО КАРКАСА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>                 | <b>102</b> |

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.025

Бочкарев А.В.<sup>1</sup>, Мельников Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-1615-5659, студент, <sup>2</sup>кандидат технических наук,  
Самарский государственный технический университет

*Работа выполнена при поддержке гранта Всероссийского конкурса молодежных проектов 2015*

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ВОРОТ НА СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗАХ**

*Аннотация*

*В статье представлен способ контроля повышенной точности за состоянием ворот судоходных шлюзов и описано применяемое для его реализации устройство, которые, при внедрении на реально действующий шлюз, помогут существенно снизить риски возникновения серьезных неисправностей в эксплуатируемой конструкции.*

**Ключевые слова:** судоходный шлюз, створка, энкодер, прецессия оси.

Bochkarev A. V.<sup>1</sup>, Melnikov E.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-1615-5659, Student, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0000-0000-0000, PhD in Engineering,  
Samara State Technical University

**DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC STATE GATE AT THE NAVIGATION LOCK**

*Abstract*

*The article considers a method for monitoring the condition of high accuracy navigation locks gate and described device applied to it that the introduction to the actual current gateway can help to significantly reduce the risk of serious faults in the exploited gate.*

**Keywords:** navigation lock, flap, encoder, precession of the axis.

**В** настоящее время в России активно ведутся работы, связанные с реконструкцией водного пути страны, которые не имели место последние 30 лет. Следствием этого является катастрофическое состояние инфраструктуры водного транспорта: более 70% которой не отвечает действующим стандартам безопасности судоходства. Наиболее неудовлетворительным признано состояние судоходных шлюзов. Только 10% шлюзов имеют современные системы судопропуска и отвечают всем требованиям по эксплуатации гидросооружений.

Одной из важных составляющих правильной эксплуатации шлюза, является система контроля положения двустворчатых распашных ворот камеры шлюза, которые представляют собой сложную конструкцию, работающую под воздействием больших знакопеременных нагрузок, создаваемых силовыми гидроцилиндрами гидропривода.

Ось вращения ворот представляет собой веревальный столб, фиксируемый сферическим подпятником снизу и хомутом, один из концов которого вмурован в стену в непосредственной близости веревального столба, а другой обхватывает его шейку около крайней верхней точки. Такой хомут именуется гальсбант. Натяжение между стеной и шейкой столба в нем регулируется, что позволяет настраивать характеристики процесса створения ворот с заданной точностью.

При использовании данной схемы конструкции всякой створки двустворчатых ворот шлюза требуется вести постоянный (порядка одного-двух раз в месяц) контроль степени натяжения гальсбантов. Кроме того, ослабление гальсбанта вызывает наклон веревального столба и, как следствие, всей створки.

При несвоевременной регулировке гальсбанта происходит ускоренный износ креплений, что может привести к разрушению конструкций шлюза и длительному дорогостоящему ремонту с остановкой судоходства на несколько месяцев. Помимо этого, отклонение веревального столба, вызванное ослаблением натяжения между шейкой столба и концом гальсбанта, вмурованным в стену, добавляет погрешность при расчете положения створки ворот в пространстве, при использовании традиционных, на сегодняшний день, способов измерения угла поворота створки. Под традиционными подразумеваются способы, полагающие, что ось вращения каждой из створок не претерпевает вращения вокруг центральной точки подпятника, служащего нижним креплением веревального столба. Следствием этого пренебрежения является допущение, что плоскость, в которой устанавливаются некоторые измерительные устройства для определения угла поворота створки ворот, также не претерпевает никаких вращений, поворотов и наклонов.

Из таких, традиционных, способов позиционирования створок двустворчатых ворот шлюза известен способ, осуществляемый с помощью абсолютного линейного энкодера, что и позволяет найти угол поворота створки двустворчатых ворот шлюза.

Явным недостатком такого метода можно считать наличие в местах крепления таких явлений как сухое трение, люфт, причем проявляющиеся стохастически. Это, наряду с отсутствием учета наклона оси вращения створки, вызывает погрешность в позиционировании створки, не давая избегать створений с ударом.

Известен также метод, предполагающий преобразовывать угол поворота створки с помощью использования единственного датчика абсолютных угловых перемещений (как механического, так и цифрового) в сигнал, позволяющий позиционировать створку в пространстве.

Такой метод имеет явный недостаток – при наклоне веревального столба будет не только создаваться погрешность от отсутствия учета угла его наклона, но этот же наклон может способствовать ускорению износа и, как следствие, выхода из строя самого датчика угла поворота.

Другой известный метод основан на использовании двух абсолютных угловых энкодеров и одного абсолютного линейного энкодера. Такой способ не позволяет учитывать наклон веревального столба во всех возможных направлениях, что также налагает погрешность на выходные данные, используемые для организации безударного

створения створок двустворчатых ворот шлюза и не исключает износа креплений конструкции, могущих стать причиной трудновыполнимого дорогостоящего ремонта [2].

Из всего вышесказанного следует, что для безударного створения ворот требуется иной метод определения положения в пространстве створок двустворчатых ворот шлюза, предполагающий учет возможного отклонения веревяльного столба с дальнейшей корректировкой пространственных характеристик каждой из створок во всякий момент процесса створения (открытия) ворот.

Предлагаемый способ контроля каждой из створок двустворчатых ворот заключается в полном определении в пространстве створок двустворчатых ворот шлюза относительно центра вращения веревяльного столба при его отклонении от нормального положения с использованием двух абсолютных угловых энкодеров и одного абсолютного линейного энкодера.

Для исполнения такого метода требуется знать некоторые константы, находимые эмпирическим путем во время монтажа устройства.

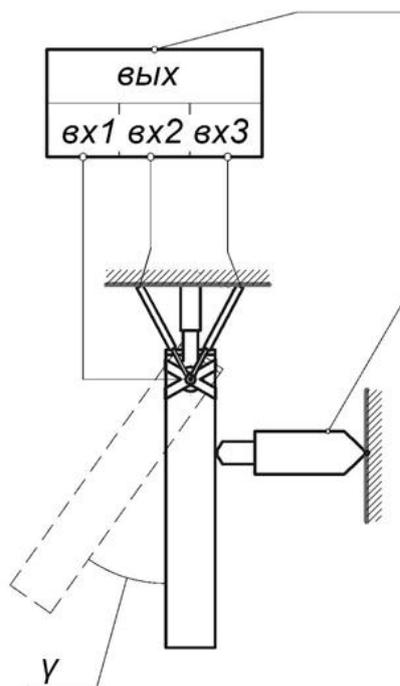
Способ реализуется посредством устройства, которое включает в себя два абсолютных линейных энкодера и один абсолютный угловой. Устройство монтируется во время створенного положения двустворчатых ворот, при этом корпус одного из абсолютных угловых энкодеров устанавливается на жестко закрепленном на поворотной створке двустворчатых ворот шлюза штанговом креплении, находящимся непосредственно над крайней верхней точкой оси вращения створки (оставляя зазор между этой точкой и креплением, дабы избежать их взаимного сухого трения) таким образом, чтобы окружности, составляющие основания цилиндров веревяльного столба и вала абсолютного углового энкодера соответственно, были концентричны; второй абсолютный угловой энкодер располагают в одной горизонтальной плоскости с первым абсолютным угловым энкодером, закрепив жестко к некоторой близлежащей стене, вал второго абсолютного углового энкодера направлен вверх; абсолютный линейный энкодер шарнирными креплениями в обоих случаях соединяют с первым и вторым угловыми энкодерами, при чем корпус абсолютного линейного энкодера крепится с абсолютным угловым энкодером, жестко закрепленным на стене, а измерительный шток – с энкодером на веревяльном столбе таким образом, что шарнирное соединение позволяет абсолютному линейному энкодеру изменять угол наклона относительно горизонтальной плоскости. На основе данных, полученных с датчиков, определяем положение верхней точки веревяльного столба, в которой установлен первый абсолютный угловой энкодер, угол поворота самой створки и некоторой точки на ней, находящейся также в плоскости, участвующей в створении ворот.

Реализовав на основании данных со всех энкодеров математическую модель способа получаем возможность изменения подаваемых на двигатели насосов пневмопоршней сигнал. Это дает автоматизированную регулировку скорости движения каждой из створок непосредственно в процессе створения, без остановок. Таким образом, создаются наиболее пригодные, на сегодняшний день, условия для безударного створения ворот. При достаточной аппаратной мощности вычислительного устройства появляется возможность графически моделировать процесс створения ворот в режиме реального времени.

Для определения в пространстве створки двустворчатых ворот шлюза пользуемся сферической системой координат. Началом координат является центр вращения веревяльного столба при его наклоне. Азимутальный угол будет соответствовать углу поворота створки в данный момент времени. Это обусловлено наличием крутящего момента на веревяльном столбе, что ограничивает перемещения всякой точки створки в направлениях, отличных от горизонтального поворота, окружностью, лежащей в лицевой или параллельной ей плоскости.

Ниже представлены условные схемы расположения на створке и взаимного положения датчиков, а также геометрически обозначены искомые углы  $\gamma$  и  $\theta$ . Угол  $\theta$  соответствует углу наклона створки при расслаблении гальсбанта.

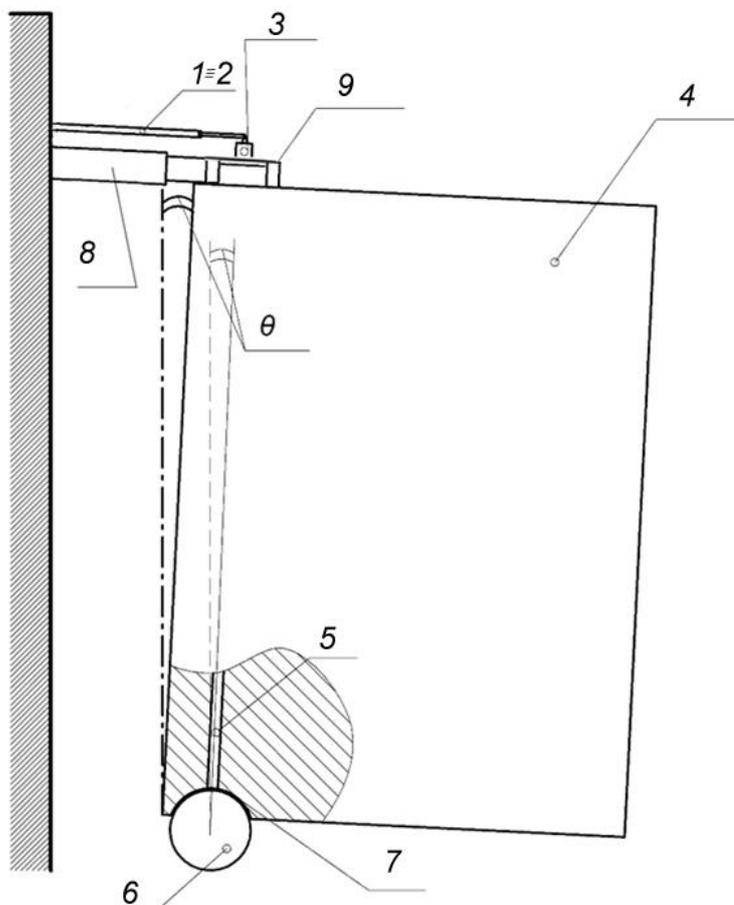
Схематичное изображение створки с датчиками, установленными согласно рассматриваемому методу



$\gamma$  - угол поворота створки относительно створенного состояния.

Рис. 1

Реализация рассматриваемого метода, вид слева



1 – абсолютные линейные энкодеры, 2 – абсолютный угловой энкодер,  
 3 – створка двусторчатых ворот шлюза, 4 – веревальный столб,  
 5 – неподвижный подпятник, 6 – пята, 7 – гальсбант, 8 – штанговое крепление

Рис. 2

## Визуальное представление некоторых используемых констант

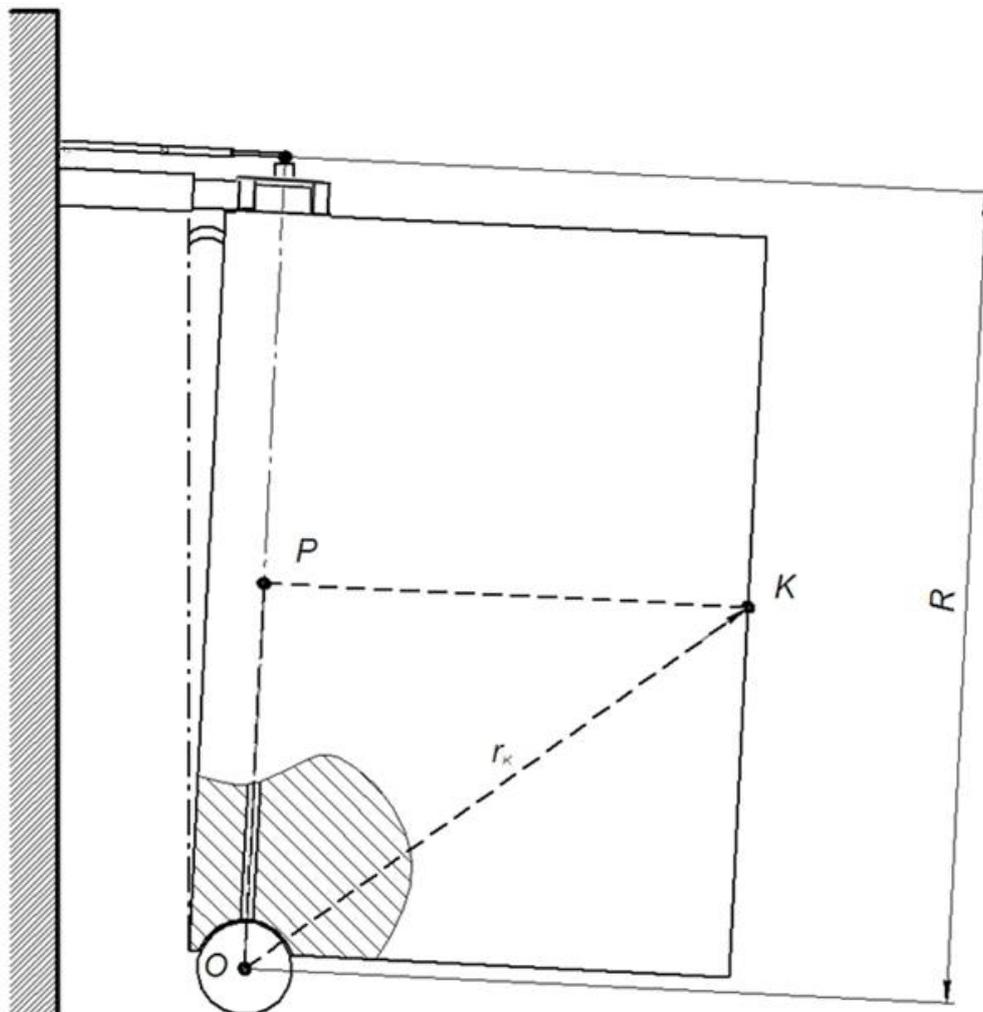


Рис. 3

Из рис. 2 видно, что наклон створки вызывает изменение длины абсолютного линейного энкодера.

Следует учитывать, что используется сферическая система координат с нулевой точкой в центре вертикального вращения створки, который находится по центру подпятника (может отличаться в зависимости от конструкции створки).

Положение створки ворот в пространстве определяется на основании угла поворота, который определяется как показания абсолютного углового энкодера, а также рассчитанного в любой момент времени на основе выходных сигналов линейных энкодеров угла наклона створки. Этот расчет производится согласно выражению:

$$\theta = \arccos\left(\frac{\frac{d_{10}^2 \cdot d_{20}^2 + c^2 - R^2}{s^2}}{2 \cdot \frac{d_{10} \cdot d_{20} \cdot c}{s}}\right) - \arccos\left(\frac{\frac{d_1^2 \cdot d_2^2 + c^2 - R^2}{s^2}}{2 \cdot \frac{d_1 \cdot d_2 \cdot c}{s}}\right), \quad (1)$$

где  $d_1, d_2$  - длины первого и второго абсолютных линейных энкодеров в данный момент времени;  $d_{10}, d_{20}$  - длины первого и второго абсолютных линейных энкодеров в створенном состоянии ворот, замеряется один раз перед запуском всей системы позиционирования, по окончании установочных работ;  $s$  - расстояния между соединения со стеной их корпусов;  $c$  - расстояние от точки, образованной при пересечении отрезка  $s$  высотой треугольника, образованного  $s, d_1$  и  $d_2$ ;  $R$  - обозначенное на рис. 3 за  $R$  расстояние.

Для оценки точности метода следует обратиться к определению абсолютной и относительной его погрешности.

Подставив в выражение (1) константы, соответствующие действительным значениям параметров реального судоходного шлюза, появляется возможность получить представление о изменении погрешностей с одновременным ростом длины  $d_1$  и  $d_2$ . Графически эти изменения представлены на рис. 4 и рис. 5.

Изменение абсолютной погрешности (ось Y) с одновременным ростом  $d_1$  и  $d_2$  (принято за  $d$ , ось X)

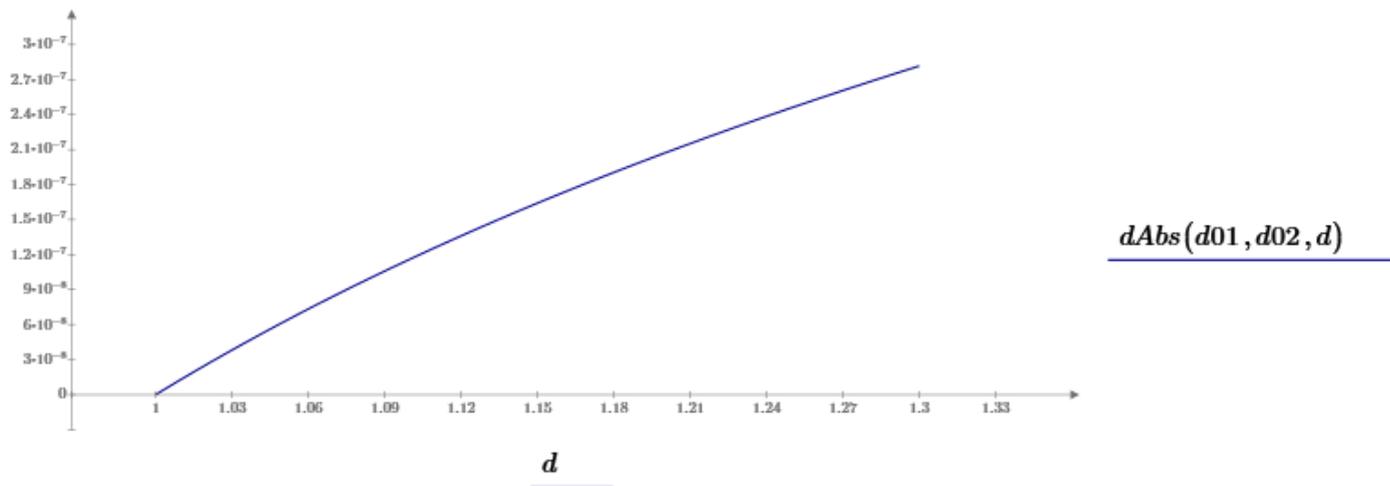


Рис. 4

Изменение относительной погрешности (ось Y) с одновременным ростом  $d_1$  и  $d_2$  (принято за  $d$ , ось X)

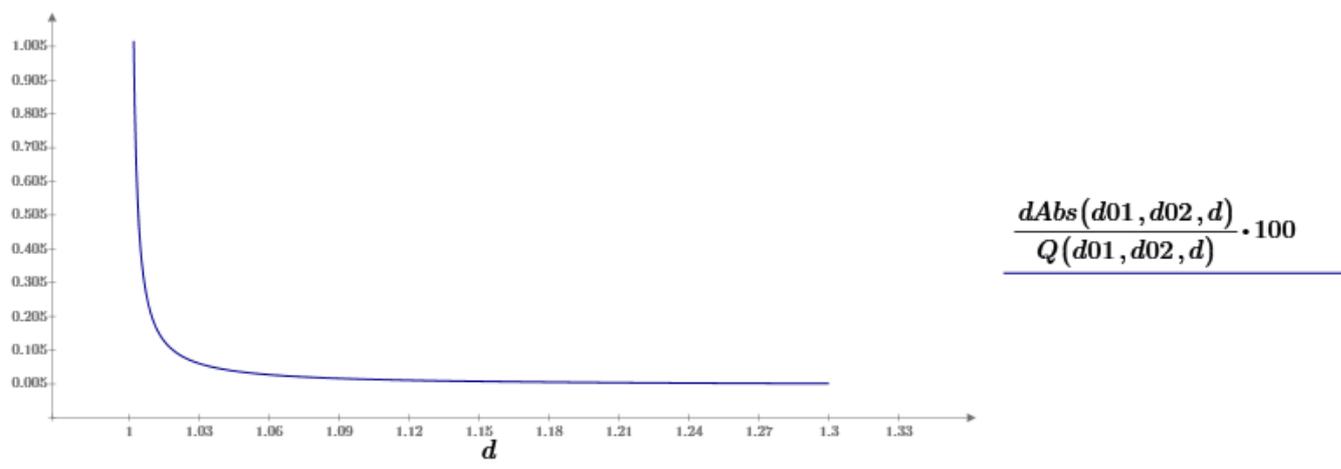


Рис. 5

Сравнивая данный метод с используемыми в настоящее время, можно выделить следующие преимущества нового метода:

- контроль прецессии оси вращения створки;
- резервирование датчиков (при отсутствии сигнала с одного из абсолютных линейных энкодеров система превращается в классическую, определяющую только угол поворота створки без учета наклона веревяльного столба относительно нормального положения);
- возможность графического отображения перемещения ключевых точек створки в реальном времени.
- повышение точности определения в пространстве створок ворот, что позволяет практически во всех случаях безударно створять ворота

#### Литература

1. Попов С.А. "Автоматизация производственных процессов на водном транспорте". -М: Транспорт 1983 г.
2. Пат. 2459033С1, Российская Федерация, МПК E02V 7/20. Способ контроля позиционирования створок двустворчатых ворот шлюза и устройство для его осуществления / Самойлов В.Б.; заявитель и патентообладатель Самойлов В.Б. - № 2011108057/13; заявл. 03.03.2011; опубл. 20.08.2012 г. Бюл. №23.

#### References

1. Popov S.A. "Automation of production processes on water transport." -M: Vehicles 1983
2. Patent 2459033S1, the Russian Federation, the IPC E02V 7/20. A method for controlling the positioning flaps of folding gate gateway and device for its implementation / V.B. Samoilov .; applicant and patentee Samoilov V.B. - № 2011108057/13; appl. 03.03.2011; publ. 20.08.2012. Bull. №23.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.036

Дюсекеев К.А.

ORCID: 0000-0001-7691-2506, Магистр техники и технологий,  
Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза

## ПРОБЛЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В ВУЗЕ

*Аннотация*

*В статье рассмотрены принципы и проблемы совершенствования планирования научно-исследовательской работы в вузе, сформулированы основные принципы проектирования системы планирования научно-исследовательской работы и обоснована необходимость их использования при разработке системы.*

**Ключевые слова:** научно-исследовательская работа, критерий, планирование.

Dyusekeev K.A.

ORCID: 0000-0001-7691-2506, Master of technic and technology, Karaganda Economic University

## THE PROBLEMS OF PLANNING OF INDICATORS OF SCIENCE RESEARCH WORK IN THE UNIVERSITY

*Abstract*

*In article the principles and problems of improving the planning of research work at the university are described, the basic principles of system design planning of research work are formulated and the necessity of their use in the development of the system is founded.*

**Keywords:** research work, criterion, planning.

Современная образовательная система претерпевает значительные изменения в условиях активных социальных и демографических процессов в постсоветском обществе. Усиление борьбы за потенциальных пользователей образовательными услугами, конкуренция среди образовательных учреждений, жесткие аттестационные показатели, определяющие статус вуза, – все это составляет реалии сегодняшней высшей школы.

В таких условиях залогом успешного развития вуза может стать хорошо организованная научно-исследовательская работа профессорско-преподавательского состава. Научная организация труда преподавателей предполагает установление определенных нормативных показателей для планирования объема трудовых затрат.

Планирование научно-исследовательской работы (НИР) в вузе является важной частью сложного многоэтапного процесса управления производством фундаментальных и прикладных знаний, как конечных продуктов научно-исследовательской деятельности. Можно выделить два аспекта планирования НИР в вузе: формирование тематических планов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и формирование планов научной деятельности вуза по системе количественных показателей, регламентирующих процесс производства знаний и их использования целеполагающей системами.

В основу существующих методов формирования тематических планов НИР положены два основных подхода.

1. Планирование на основе потребностей или от конечных целей.

Процесс планирования от конечных целей включает следующие этапы:

- построение дерева целей и оценка степени значимости его вершин;
- построение совокупности альтернативных планов достижения целей и определение их полезности относительно глобальной цели;
- выбор одного из альтернативных вариантов как подлежащего реализации.

2. Планирование на основе предложений, исходя из ресурсных возможностей исполнителей.

При таком подходе используются методы оценки предложений НИР, поступающих от исполнителей в научный отдел, задача которого заключается в выборе наиболее важных из числа представленных для рассмотрения. При этом должны быть решены следующие вопросы:

- определение группы факторов (критериев) эффективности (ценности, полезности, важности и т.д.) НИР;
- построение модели оценки эффективности НИР, как функции от количественных оценок по рассматриваемым факторам.

Методология исследования операций предусматривает выбор критерия оптимальности, построение математической модели и нахождение решения задачи с использованием аппарата математического программирования. В работах, использующих методы математического программирования, задача оценки и отбора НИР ставится как задача оптимизации суммарной полезности научно-исследовательских работ при заданных ограничениях на ресурсы, или как задача распределения заданного объема ресурсов, оптимизирующего решение по нескольким критериям.

В качестве инструмента структуризации используются методы системного анализа. Применительно к рассматриваемой задаче оценки и отбора НИР системный анализ дает возможность:

- 1) сформулировать систему критериев оценки НИР;
- 2) предложить методы измерения показателей, определения и аналитического выражения существенных зависимостей;
- 3) рассматривая проблему в целом, выделить отдельные ее части или этапы, для решения которых могут быть использованы модели исследования операций;
- 4) использовать при выработке решения о выборе НИР дополнительную информацию, в частности опыт и интуицию лица, ответственного за принятие решения. В настоящее время вопросам оценки ожидаемой эффективности НИР посвящено значительное количество работ, предлагающих самую разнообразную систему критериев. Это многообразие, хотя и оправдывается предметной областью и характером исследований, наблюдается и при оценке НИР, схожих по своим характеристикам.

В силу того, что показатели эффективности НИР носят, как правило, и качественный и количественный характер, для их измерения часто используются соответственно балльные оценки, которые назначаются экспертами, а также оценки показателей в натуральном выражении, получаемые от заказчиков и исполнителей НИР.

Популярность применения методов балльных оценок объясняется их значительной гибкостью, возможностью учета большого числа критериев, возможностью получения оценок в привычной, числовой форме. Для измерения общей (интегральной) эффективности НИР наибольшее распространение получили математические модели, которые, исходя из предположения взаимной независимости критериев, строятся по методу взвешенных сумм. Несмотря на простоту и наглядность данного метода, все же существенным недостатком является то, что он не учитывает возможность взаимной компенсации различных критериев.

#### Литература

1. Дюсекеев К.А. Совершенствование механизма стимулирования труда работников организаций высшего образования // Математика, статистика и информационные технологии в экономике, управлении и образовании: сб. трудов IV междунар. науч.-практ. конф. Часть 2. Тверь: Тверской государственный университет, 2015. С. 131-136.

2. Сабитов Р.А. Основы научных исследований. Челябинск: ЧГУ, 2002. С. 138.

#### References

1. Dyusekeev K. A. Improvement of the mechanism of stimulation of labour of employees of institutions of higher education // Mathematics, statistics and information technologies in Economics, management and education: collection of papers of the IV Intern. scientific.-practical. Conf. Part 2. Tver: Tver state University, 2015. P. 131-136.

2. Sabitov R. A. Fundamentals of scientific research. Chelyabinsk: CSU, 2002. P. 138.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.014

Зайнтдинов А.М.<sup>1</sup>, Александров Ю.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>кандидат химических наук, доцент,

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ FDM-ПЕЧАТИ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

*Аннотация*

*Создана 3D-модель камеры сгорания газотурбинного двигателя, которая была адаптирована к распечатке на FDM-принтере.*

**Ключевые слова:** 3D-печать, технология, авиастроение.

Zaintdinov A.M.<sup>1</sup>, Aleksandrov Y.B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>PhD in Engineering, Associate professor,

Kazan State Technical University named after A. N. Tupolev

### USING FDM-PRINTING FOR PROTOTYPING AIRCRAFT ENGINE COMBUSTION CHAMBER AND TESTING

*Abstract*

*Created 3D-model of the combustion chamber of a gas turbine engine, which has been adapted to print on the FDM-printer.*

**Keywords:** 3D-printing, technology, aircraft.

Одним из преимуществ 3D-печати это возможность изготовления детали любой сложности без использования большого парка станков, ресурсов и времени. Принтеры различаются по технологии печати и используемым материалам (FDM, SLA, SLS и др.). В нашей работе мы остановили свой выбор на технологии моделирования методом послойного наплавления (англ. Fused deposition modeling (FDM)) эта технология аддитивного производства, широко используемая при создании трехмерных моделей, при прототипировании и в промышленном производстве. Технология FDM подразумевает создание трехмерных объектов за счет нанесения последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластики, поставляемые в виде катушек нитей или прутков.

Производственный цикл начинается с обработки трехмерной цифровой модели. Модель в формате STL делится на слои и ориентируется наиболее подходящим образом для печати. При необходимости генерируются поддерживающие структуры, необходимые для печати нависающих элементов. Некоторые устройства позволяют использовать разные материалы во время одного производственного цикла. Например, возможна печать модели из одного материала с печатью опор из другого, легкорастворимого материала, что позволяет с легкостью удалять поддерживающие структуры после завершения процесса печати. Альтернативно, возможна печать разными цветами одного и того же вида пластика при создании единой модели.

Изделие, или «модель», производится выдавливанием («экструзией») и нанесением микрокапель расплавленного термопластика с формированием последовательных слоев, застывающих сразу после экструдирования.

Пластиковая нить разматывается с катушки и подается в экструдер – устройство, оснащенное механическим приводом для подачи нити, нагревательным элементом для плавки материала и соплом, через которое осуществляется непосредственно экструзия. Нагревательный элемент служит для нагревания сопла, которое в свою очередь плавит пластиковую нить и подает расплавленный материал на строящуюся модель. Как правило, верхняя часть сопла наоборот охлаждается с помощью вентилятора для создания резкого градиента температур, необходимого для обеспечения плавной подачи материала.

Экструдер перемещается в горизонтальной и вертикальной плоскостях под контролем алгоритмов, аналогичных используемым в станках с числовым программным управлением. Сопло перемещается по траектории, заданной системой автоматизированного проектирования («САПР» или «CAD» по англоязычной терминологии). Как правило, экструдер (также называемый «печатной головкой») приводится в движение пошаговыми моторами или сервоприводами. Поддержки и подложки влияют на качество поверхности, при проектировании печатных деталей необходимо их избегать. Поэтому созданная нами модель была переработана под 3D-печать. [1]

Объектом исследования была выбрана петлевая камера сгорания газотурбинного двигателя. Необходимо было изготовить только четверть камеры, 2 боковые стенки и переходной канал для подачи воздуха.

Модель КС была поделена на части так, чтобы каждая деталь печаталась с минимумом поддержек и подложек. Там, где имеются нависающие части модели, были сделаны фаски, например на внешнем и внутреннем кожухах в месте крепления к фронтальной плите и внешней пластине. В случае изготовления цельной камеры внутри остались бы поддержки, которые невозможно удалить. Эту проблему можно решить с помощью двухэкструдерного принтера, печатая поддержки из водорастворимого пластика.

В нашем случае использовался принтер с 1 экструдером, материалом был выбран PLA, отличающийся большей прочностью и меньшей термоусадкой. Для печати использовались принтеры Makerbot Replicator 2 и Leapfrog, первый является более точным и качественным, у второго же больше область печати.

Фронтальная плита, внешняя пластина и 2 боковые стенки были изготовлены из листа фанеры на лазерном резаке, что позволяет менять конфигурацию отверстий на плите в модели, изготовить за несколько минут новую плиту и установить ее на место старой. В дальнейшем возможно изготовление фронтальной плиты из оргстекла, что позволит наблюдать за течением подкрашенного воздуха внутри камеры.

Созданная и напечатанная нами камера сгорания газотурбинного двигателя в настоящее время используется для проведения газодинамических исследований на холодных продувках. Планируется сравнить полученные при этом газодинамические показатели с показателями настоящей металлической камеры и показателями, полученными при помощи численного моделирования в программе Fluent. Данная камера является первой версией, будет изготовлена новая, с доработками, основанными на изготовлении первой. Например будет решена проблема печати миллиметровых отверстий, закрытых сверху козырьком (в изготовленной камере козырьки напечатаны отдельно и устанавливаются на направляющие, которые затем расплавляются, делая деталь неразъемной). Также планируется изготовить другие части газотурбинного двигателя, такие как лопатки компрессора и турбины, форсунки и другие.

#### Литература

1. Материалы сайта [http://3dtoday.ru/wiki/FDM\\_print/](http://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/)

#### References

1. Materials of site [http://3dtoday.ru/wiki/FDM\\_print/](http://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/)



ПРИМЕР DOI:  
10.18454/IRJ.2015.0001

Начиная с ноябрьского выпуска 2015 года /10 (41) Ноябрь 2015/, каждой статье, опубликованной в Международном научно-исследовательском журнале, редакция издания будет присваивать идентификатор цифрового объекта DOI:

- DOI облегчает процедуры цитирования, поиска и локализации научной публикации;
- DOI повышает авторитет журнала, а также свидетельствует о технологическом качестве издания;
- DOI является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

**(Digital Object Identifier)** — идентификатор цифрового объекта, стандарт обозначения представленной в сети информации.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.068

Ибрагимов В.Э.<sup>1</sup>, Гарсия Л.М.<sup>2</sup>, Бажин В.Ю.<sup>3</sup><sup>1</sup>Магистр кафедры металлургии, <sup>2</sup>аспирант кафедры АТПП, <sup>3</sup>заведующий Кафедрой АТПП, профессор, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург**ПЛАВКА ТОНКОСТЕННОГО ЛОМА С ЛАКОКРАСОЧНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА***Аннотация*

*В работе изучается проблема переработки загрязненных алюминиевых отходов доля которых неуклонно увеличивается в производстве вторичных сплавов. В лабораторных условиях проведены плавки, при которых шихта была сформирована из алюминиевого лома в виде тонкоизмельченных банок. Полученные отливки были проанализированы химическими и металлографическими методами, и выявлены основные показатели, влияющие на выход годного продукта. Изучен состав и содержание веществ, выделяющихся газообразных продуктов в ходе процесса плавления для оценки их влияния на окружающую среду. Научно обосновано необходимость выбора плавильного оборудования для переплавки загрязненных тонкостенных алюминиевых отходов.*

**Ключевые слова:** алюминиевый сплав, тара для напитков, лакокрасочные покрытия, рециклинг алюминия.

Ibragimov V.E.<sup>1</sup>, Garcia M.L.<sup>2</sup>, Bazhin V.Y.<sup>3</sup><sup>1</sup>Master of the Department of Metallurgy, <sup>2</sup>postgraduate student of the Department ATP, <sup>3</sup>Head of the Department ATPP, Professor, National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg**MELTING OF THIN WALLED PAINT SCRAP COATINGS FOR ALUMINUM ALLOY PRODUCTION***Abstract*

*In this paper the problem of contaminated aluminum waste recycling the percentage of which steadily increases in the production of secondary alloys are investigated. In laboratory furnaces had meltings in which the charge was fully formed from the aluminum scrap in the form of finely divided aluminum cans. The resulting casting of aluminum alloy were analyzed by chemical and metallographic methods and carried out additional experiments to identify the main factors influencing the yield of the product metal. The composition and content of substances, gaseous products evolved during the melting process to assess their negative impact on the environment. Scientifically substantiated need for the selection of equipment for melting contaminated aluminum scrap thin.*

**Keywords:** aluminium alloy, containers for beverages, coatings, recycling aluminum.

**Введение**

В настоящее время во всех странах увеличивается доля производства вторичных алюминиевых сплавов, из-за роста оборота упаковочной тары и мелких металлических отходов. К такому типу алюминиевых отходов относят не только алюминиевые банки из-под напитков, но также металлическую посуду, оконные рамы, крашенные автодетали, которые используются для повторного производства (рециклинга) аналогичных изделий [1]. Значительная доля отходов приходится и на скрап, загрязненный красками, лаками и различными органическими покрытиями [2].

Часть предприятий, занимающихся рециклингом алюминия плавит алюминиевые банки, и другие виды ломов с лакокрасочными покрытиями в пламенных отражательных печах, не принимая во внимание специфику переплава данной шихты, которая должна быть основана на современных экономических и экологических особенностях производства [3].

Плавка в отражательных печах имеет ряд существенных недостатков, в которых, в отличие от роторных печей, невозможно автоматизировать процесс, и управлять атмосферой печи, что необходимо при переплаве ломов с лакокрасочными и другими органическими покрытиями.

Эффективность плавки в отражательных камерных печах достигается только загрузкой шихты в слой расплава - «болото» [3], что исключает возможность правильной подготовки шихтовых компонентов с лакокрасочными покрытиями, в первую очередь из-за необходимости постоянного поддержания температуры в печи в интервале 700–800 °С. Применение такой технологии, даже при организации многоступенчатого рафинирования и дегазации расплава, неизбежно приводит к большому количеству неметаллических и оксидных включений в отливках.

Если материал, загружаемый в печь, сильно загрязнен оксидами и органическими компонентами (красками и лаками), необходимо создать условия для удаления покрытия и предотвратить выгорание органических веществ вместе с алюминием (эффект угара) [4]. При этом топочная система печи должна обеспечивать достаточное количество избыточного воздуха для выгорания органических компонентов, которые воспламеняются при контакте с горячим пламенем горелки. Наиболее подходящим оборудованием для решения подобных задач являются роторные барабанные печи с возможностью регулирования атмосферы печи.

Целью работы являлось получение однородного материала из алюминиевого сплава заданного химического состава после вторичной переработки и плавки алюминиевой тары от напитков для дальнейшего производства алюминиевых полуфабрикатов.

Результаты экспериментов являются основанием для перевода переплавки вторичного сырья с лакокрасочными покрытиями с подовых отражательных печей на более технологичные плавильные мощности – барабанные роторные наклонные печи (РНП).

**Хроматографический и масс-спектрометрический анализ газов, выделяющийся из алюминиевых емкостей для напитков**

Для проведения анализа состава выделяющихся газов в виде химических соединений из загрязненного алюминиевого лома проводили выдержку порции 5 г при температуре 200°С и 650°С. Пробы измельченного и дробленного алюминиевого лома взвешивали и вставляли в стеклянную капиллярную трубку, которую помещали в печь при заданной температуре.

Первый забор выделившихся компонентов проводили в течение 20 минут при закачке и вытяжке литра гелия через трубку. Выделившиеся вещества собирали в сорбционной трубке заполненной комбинированным угольным фильтром 300 из трех сорбентов, размещенных последовательно (угольный фильтр и сито СИ). Полученные сорбционные трубки обрабатывали методом термической десорбции в агрегате Tekmar 6000. Определение фазового составов образцов на автоматизированном рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-6000, с использованием поисковой системы рентгенофазовой идентификации материалов. Отходящие газы анализировали с помощью масс-спектрометра Pfeiffer Vacuum Termostar GSD301T3 при интерпретации измеренных масс спектров (рис. 1).

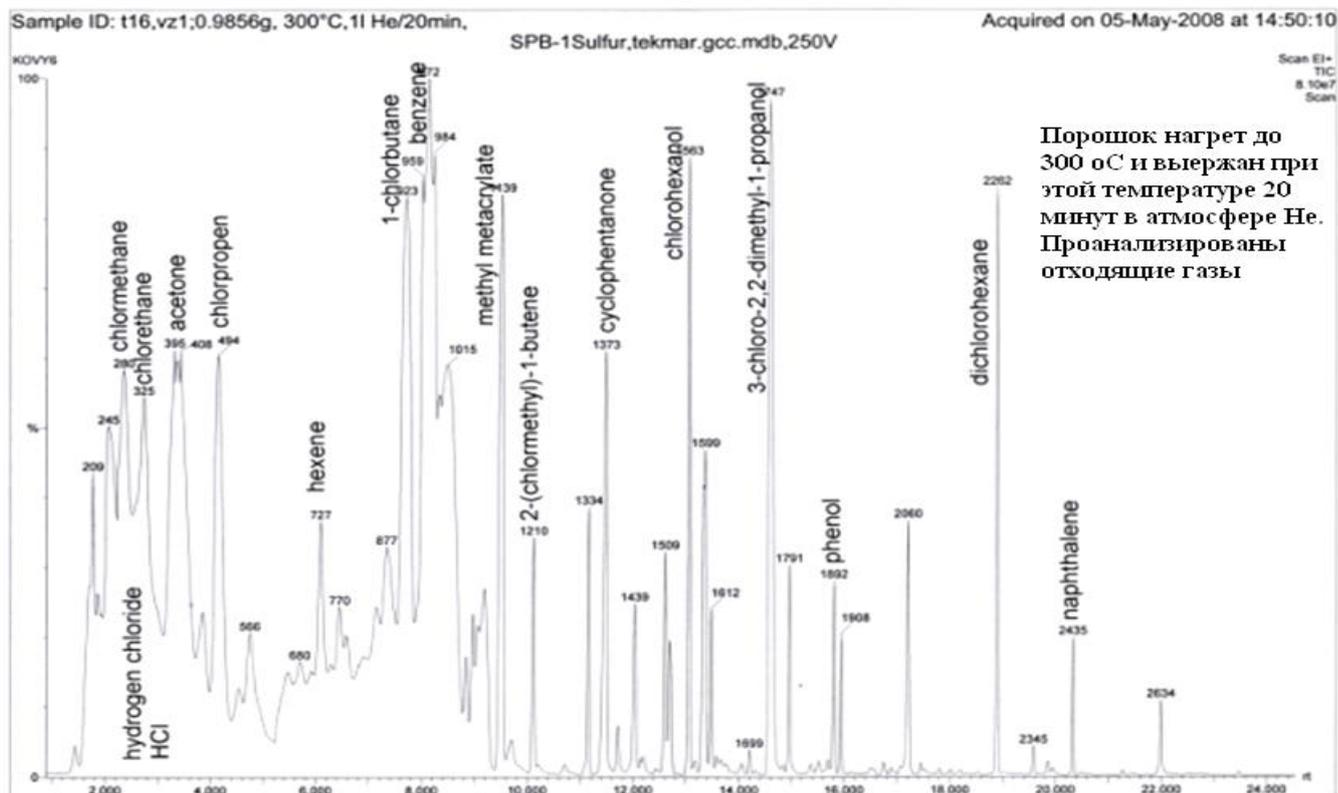


Рис. 1 – Масс-спектры выделившихся соединений при 300°C

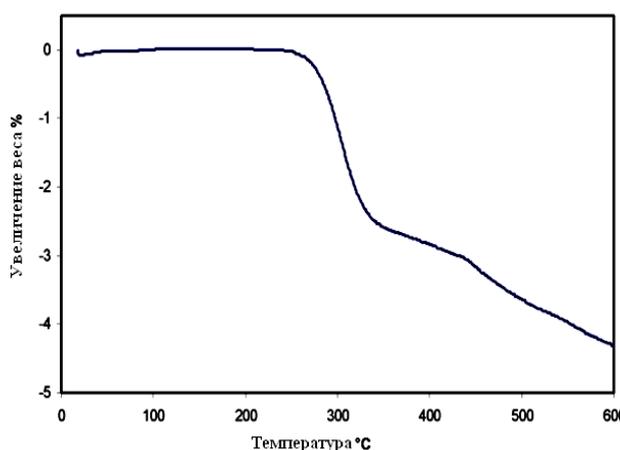


Рис. 2 – Данные термогравиметрического анализа

#### Тестирование плавления и выход годного металла

В ходе экспериментов проведены три плавки из алюминиевого лома в виде тонко измельченных банок. Полученные отливки из сплава были проанализированы химическими и металлографическими методами.

Первоначально взвешивали шихтовые материалы, содержащие 1,5 кг мелкоизмельченных отходов алюминиевой упаковки для напитков для каждой отливки (№1, 2 и 3). Для качественного определения количества измельченных банок использовали весы со шкалой от 5 г до 1000 г, и погрешностью в 0,1 г. Шихту загружали в графитовый тигель и помещали в камеру триплекс плавильного комплекса Горного Университета. Плавку проводили при температуре 780°C и, после расплавления отходов добавляли флюс (20 г). Далее расплав перемешивали, чтобы взять пробу с поверхности металла. Сплав отливался в круглую форму, и после охлаждения взвешивался для расчета выхода годного металла по следующей формуле:

$$ВГ = \frac{M(\text{отливки})}{M(\text{навески})} \cdot 100\%$$

Выход годного металла после плавки изменялся от 75% до 83% (плавка №1 - 75,5%, плавка №2 - 79,2% и отливка №3 – 83,1%).

При переработке тары для напитков в промышленном масштабе с целью достижения более высокого уровня выхода годного металла, более подходящим способом подготовки загрузки является использование операции дробления банок, с последующим прессованием лома в «брикеты» [6]. Наряду с прессованием, для повышения выхода годного используется способ загрузки лома в уже расплавленный металл – «болото» [7].

Исходя из вышесказанного, на аналогичном оборудовании были проведены дополнительные эксперименты по изучению влияния высоты слоя металла на выход годного (табл.1 и рис. 3). Образцы полученного алюминиевого сплава отбирали по 100 г в каждом опыте, и слой алюминия в тигле повышался с каждой плавкой и определяли выход годной продукции.

Таблица 1 – Показатели эксперимента по изучению влияния высоты слоя металла на выход годного

| М(слой Al),г | М(навеска),г | М(шлак),г | М(остаток),г | М(литье),г | Выход, % |
|--------------|--------------|-----------|--------------|------------|----------|
| 0            | 100          | 17,93     | 4,36         | 76,71      | 75,71    |
| 75,71        | 100          | 22,36     | 4,21         | 150,14     | 83,96    |
| 149,14       | 100          | 25,15     | 7,25         | 217,74     | 86,05    |
| 284,51       | 100          | 36,92     | 4,84         | 345,11     | 89,21    |
| 347,23       | 100          | 30,72     | 5,25         | 409,05     | 92,92    |

Из полученных результатов экспериментов можно сделать вывод, что с увеличением слоя металла на подине печи увеличивается выход годного, но при этом увеличивается количество шлака, что приводит к потере металла.

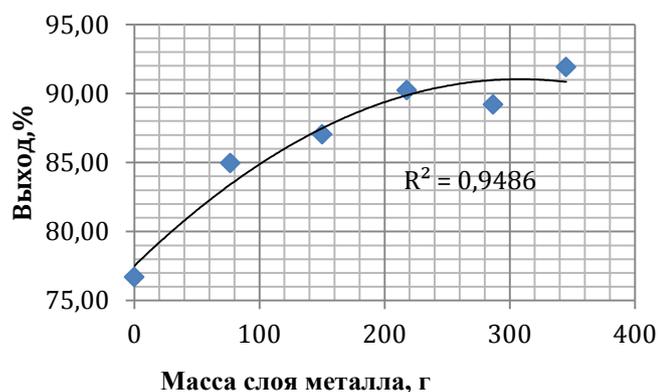


Рис. 3 – Влияние слоя металла на выход годного

На практике, целесообразно плавить мелкие загрязненные лома, а также стружку в индукционных печах с заданным слоем металла. При заданном температурном режиме, именно в этих печах можно добиться более высокого выхода годного металла.

#### Спектрометрический анализ образцов после плавления

Для определения химического состава образцов №1, 2 и 3 после плавки и литья алюминия в формы, отбирались требуемые для спектрометрического анализа образцы. Определение элементного и фазового составов образцов расплава проводили на дифрактометре ДИФРЕЙ-402 (г. Санкт-Петербург).

В результате выявлено более 20 элементов. Результаты анализа отдельных образцов отливок №1, 2 и 3 представлены в следующих таблицах.

Все образцы близки по составу к сплаву системы Al-Fe-Mn (по американской классификации это сплавы EN AW 3103 или EN AW 3003) с содержанием отдельных элементов Mn 0,9- 1,5% (таблица 2).

Таблица 2 – Процентное содержание элементов в отливках

| Al        | Mn      | Fe     | Si     | Cu       | Zn     | Примесей |
|-----------|---------|--------|--------|----------|--------|----------|
| 96.3–97.9 | 1.1-1.5 | до 0.7 | до 0.6 | 0.1- 0.2 | до 0.1 | 0.15     |

Содержание основных примесей находится в пределах, масс. %: 0,34-0,90 по Fe, 0,32=0,34 по Si и 0,02-0,2 по Zn. Содержание Al изменяется в интервале 96-98%

#### Металлографическое исследование образцов

Полученные алюминиевые отливки каждой отдельной партии, размещали в круглые формы, разрезали по оси в центральной части. Далее темплеты полировались с последующим травлением раствором 10% фосфорной кислоты в течение 5 мин. Структурное исследование осуществлялось методами растровой электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа на растровом электронном микроскопе JSM-6460 LV (JEOL, Япония) с аналитической приставкой INCA (Великобритания).

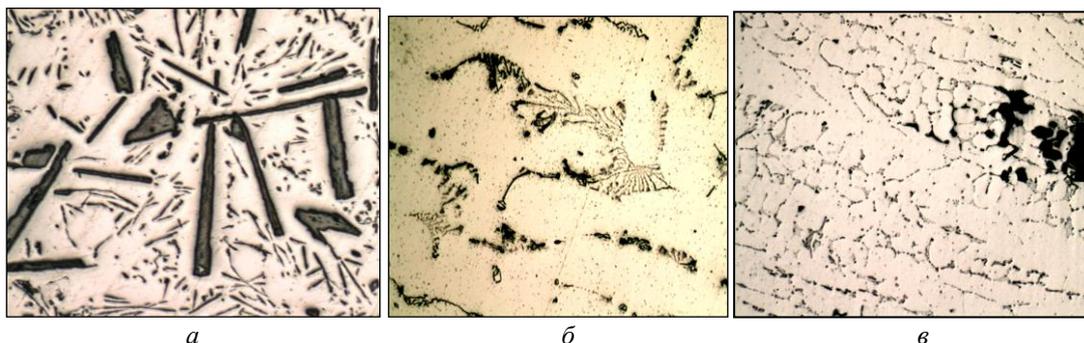


Рис. 4 – Микроструктура: а – отливка №1, б – отливка № 2, в – отливка № 3

Видно, что микроструктура отливки №1 принципиально отличается от других двух отливок, т.к. содержит повышенное количество железа, которое проявляется при помощи металлографического анализа в наличии большого числа грубых игл интерметаллических фаз типа  $\text{FeSiAl}_5$  с размером 30-70 мкм (рис. 4, а). Микроструктура отливки №2 (рис. 4, б), также как и отливки №3 (рис. 4, в), имеет разветвленные интерметаллические фазы типа  $\text{AlFe(Si)Mn}$ , которые называются обычно «китайский шрифт» размером 80-200 мкм. В отливке №3 проявляется дендритная структура более очевидно, это объясняется тем, что литье проводили в жидко-твердом состоянии

Микроструктура всех отливок имеет высокий уровень местной междендритной пористости с оксидными пленками различных форм.

#### Заключение

При температурах от 200-350°C, с поверхности алюминия выделяется значительное количество опасных химических соединений. Термогравиметрические и масс результаты исследования указывают на то, что потери летучих соединений составляют 3-4% от потерь алюминия.

Все исследуемые отливки близки по составу к сплаву EN AW 3103 или EN AW 3003 с содержанием Mn 1,1-1,5% и Al 96,3-97,9%.

Полученные результаты плавки для отдельных отливок позволяют предположить, что выход годного металла изменяется в пределах 70-80%.

Весь объем полученных отливок является компактным и однородным, без усадки, пор и следов переплавки отходов. В микроструктуре всех образцов можно увидеть появление карбидов, из-за наличия пластиковых отходов и красителей, при их реакции с алюминием. С увеличением количества оксидных пленок увеличивается междендритная пористость.

Для повышения качества отливок необходимо проводить рафинирование и дегазацию, также добавить операцию фильтрации через керамический фильтр, а так же важно технологически правильно обжигать шихту перед плавлением, что не возможно в отражательных подовых, но осуществимо в роторных печах с регулированием атмосферы печи.

#### Литература

1. Ch. Schmitz, Handbook of Aluminium Recycling, Vulkan-Verlag, Essen, Germany (2006) p.176-179.
2. M. E. Schlesinger, Aluminum Recycling, CRC Press, Broken Sound Parkway, NW (2007) p. 158 - 181.
3. Мировые тенденции в области переработки и применения вторичного алюминия / Макаров Г.С. // Технология легких сплавов. – 2004. № 1. с.25-30.
4. Металлургия вторичного алюминия / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис // Наука, –1998г., – с. 112.
5. Фомин Б.А. Металлургия вторичного алюминия: Учебное пособие для вузов/ Б.А. Фомин, В.И. Москвитин, С.В. Махов. – М. // «Экономет», –2004. –с. 239-240.
6. Meyer, H.J. Use of regenerative heating technologies at aluminium melting and aluminium recycling furnaces, Heat Processing, Essen, 2012, p.78
7. Biedenkopf, P. Advanced tool for flexible and economical melting in the non ferrous industry, Aluminium International Today, Redbill, 2004, p.109.

#### References

1. Ch. Schmitz, Handbook of Aluminium Recycling, Vulkan-Verlag, Essen, Germany (2006) p.176-179.
2. M. E. Schlesinger, Aluminum Recycling, CRC Press, Broken Sound Parkway, NW (2007) p. 158 - 181.
3. Мировые тенденции в области переработки и применения вторичного алюминия/ Макаров Г.С. // Tehnologiya legkih spлавov. – 2004. № 1. s.25-30.
4. Metallurgiya vtorichnogo alyuminiya / G.V. Galevskii, N.M. Kulagin, M.Y. Mincis // Nauka, 1998 g. s. 112.
5. Fomin B.A. Metallurgiya vtorichnogo alyuminiya\_ Uchebnoe posobie dlya vuzov/ B.A. Fomin, V.I. Moskvitin, S.V. Mahov. M. // «Ekonomet», 2004. s. 239-240.
6. Meyer, H. J. Use of regenerative heating technologies at aluminium melting and aluminium recycling furnaces, Heat Processing, Essen, 2012, p.78
7. Biedenkopf, P. Advanced tool for flexible and economical melting in the non ferrous industry, Aluminium International Today, Redbill, 2004, p.109.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.035

Ибрагимова М.С.

ORCID:0000-0002-5779-5081, Магистр технических наук,

Карагандинский Экономический Университет Казпотребсоюза

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ  
УЧРЕЖДЕНИИ РК**

*Аннотация*

*В статье изучен – анализ внедрение новых образовательных и информационных технологий в управлении образовательного учреждения РК.*

**Ключевые слова:** информационно-образовательного пространства, высшие учебные заведения.

**Ibragimova M.S.**

ORCID: 0000-0002-5779-5081, Master of Technical Sciences, Karaganda Economic University

**IMPROVING THE SYSTEM OF PERSONNEL MANAGEMENT IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

*Abstract*

*In the article the analysis of the introduction of new educational and information technologies in the management of the educational institutions of the Republic of Kazakhstan is considered.*

**Keywords:** information-educational space, higher education institutions.

A modern system of management of educational activity and the formation of a unified educational space currently are the dominant trends defining the development of the education system. The program of Informatization of the education system proclaims the creation of a unified information and educational space, based on a single information-educational network. One of the objectives of this program is the introduction in education of new information technologies, which would allow to use them for training and for management of educational process.

Today, higher education institutions became full-fledged actors of the market economy, having the right independently to define directions of its development, goals and methods of achieving them. Increased the requirements of society to quality education, modernized and updated learning technologies, rapidly changing institutional and economic conditions of universities that intensifies competition in the market of educational services is constantly changing the position of the state in relation to higher education. The growth of autonomy and freedom of universities has led to an increasing responsibility of universities for the performance of their activities. The focus of many universities on survival requires major changes in the processes of University management, as traditional methods of management in market conditions was in some cases inconsistent.

To resolve problems of adaptation, survival and development in the new environment universities must constantly monitor the condition of the market of educational services, to evaluate their position in this market, introduction of innovation technologies in research and educational activities, thereby making the transition to an innovative path of development. Universities as an independent system needs to apply in their work methods and management models, conducted at the state level, to develop alternative options for its future behaviour depending on changes in the external environment, i.e., to use strategic approaches to regulation of educational activity. One of such approaches is the management focused on result, which is based on strategic development plan of the University.

The development of the education system in the Republic of Kazakhstan at the present time is determined by the necessity of continuous, anticipatory, open education, which implies the creation of a single information-educational environment. In order to ensure the sustainable development of the educational process is invited to consider the approach of indicative planning of educational resources.

Effective functioning of educational institutions in the concept is the use of planning systems that support the information products that support decision making strategic management decisions that allow the University administration to model the situation development of the University and to choose the best development plan. The most effective systems solutions are based on the methods and models of mathematical modeling for managerial decision, which is a powerful tool for the study of complex systems, such as the University. Therefore, at issue is the development of methods, tools and governance based on the principles of innovative development of educational institutions.

Currently most Kazakh higher education institutions computerization of administrative, academic and scientific activity has its evolution of development. The universities have chosen to develop their own software solutions, which emerged along with the formation of the need for automation of certain administrative tasks and training. Thus, the following can be observed, in the first place among software solutions are enterprise information system, most focused on the automation of the tasks of the educational process (students, automated systems, scheduling, system organization, distance learning, statistics system, e-library), in second place are software solutions automation of business processes. With respect to business processes can also be observed that the universities use ready-made software solutions for accounting – "1C-Enterprise", for electronic document management or a turnkey solution, or are created independently of the University. Business processes include administrative processes if interpreted from the viewpoint of business processes – business process management to automate the business process for universities is no ready-made software solutions. Automation of such processes allows the University to form a Bank of control parameters received in other subsystems of enterprise information systems and generate information streams of a control character, and further enable to assess the state of scientific and educational activities through consolidation of all data into one database.

The analysis of the characteristics of HR activities in the market conditions shows the need to use new software, which link the two main levels of relationships between educators and employers: their interaction in the labour market and interaction within the enterprise, finding their optimum balance and support the competition of workers within the enterprise.

The system of educational institutions is a multi-level multi-agent active system, on the levels and stages of functioning of which the University is changing its role, remaining its basic element (metaagent). Therefore, the development of methodology of organizational-economic management in such a system is suitable from the standpoint of optimization strategies of the University with approval of the economic interests of its subjects at each level of management.

Analysis of works in the field of modeling and optimization of personnel management educational institutions showed that the existing mechanisms, models and tools for the planning and organization of the educational process must be augmented and expanded to meet the increasing role of economic considerations in the management of the University.

#### References

1. Vesnin V. R. Prakticheskij menedzhment personala: Posobie po kadrovoj rabote. – М.: Jurit#, 2008.
2. Starobinskij Je. E. Kak upravljat' personalom / Izdanie 4-e, pererab i dop. – М.: ЗАО "Biznes-shkola "Intel-Sintez", 2008.
3. Andreev A.A. Primeneie telekommunikacij v uchebnom processe. V sb. Osnovy primenenija informacionnyh tehnologij v uchebnom processe Vuzov. –М.:VU, 2005.
4. Karaev Zh., Bajmuhanov B., Tul'basova B. Didakticheskie osobennosti ispol'zovanija informacionnyh tehnologij // Vysshaja shkola Kazahstan. – 2010.-№6.-P.46-53.
5. Balobanov A.E, Kljuev A.K. Strategicheskoe planirovanie razvitija universiteta // Universitetskoe upravlenie, - № 2(21) - 2002. P. 19-27.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.109

Калимуллин А.Т.<sup>1</sup>, Лесков И.А.<sup>2</sup>, Темников Е.А.<sup>3</sup>, Троценко В.М.<sup>4</sup>, Беспалов Н.В.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Аспирант, ассистент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, <sup>2</sup>студент 4 курса, Энергетический факультет, <sup>3</sup>студент 4 курса, Энергетический факультет, <sup>4</sup>студент 4 курса, Энергетический факультет, <sup>5</sup>студент 4 курса, Энергетический факультет, Омский Государственный Технический Университет, Омск, РФ

#### ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ САМОЗАПУСКА АСИНХРОННОЙ НАГРУЗКИ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ПЕРЕРЫВЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Аннотация*

*В статье рассмотрено – метод расчета возможности самозапуска асинхронного двигателя при перерыве электроснабжения. Целью которого является выявление и обеспечение условий автоматического повторного включения АД для того, чтобы обеспечить динамическую устойчивость.*

**Ключевые слова:** самозапуск, асинхронный двигатель, скольжение, напряжение.

Kalimullin A. T.<sup>1</sup>, Leskov I. A.<sup>2</sup>, Temnikov E. A.<sup>3</sup>, Trotsenko V. M.<sup>4</sup>, Bepalov N. V.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate, assistant of the department of power supply for industrial enterprises, <sup>2</sup>student 4th year, Energy Department, <sup>3</sup>student 4th year, Energy Department, <sup>4</sup>student 4th year,

Energy Department, <sup>5</sup>student 4th year, Energy Department, Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

#### ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF ASYNCHRONOUS SELF LOAD WHEN SHORT BREAKS POWER

*Abstract*

*In the article - the method of calculating the possibility of self-induction motor with the power break. The aim of which is to identify and to provide conditions for automatic reclosing of IM to ensure dynamic stability.*

**Keywords:** self-starting, induction motor, motor slip, voltage.

**П**од самозапуском можно понимать самопроизвольное возобновление работы электропривода в нормальном режиме после краткосрочного перерыва в электроснабжении или значительного падения напряжения [3].

Самозапуск можно считать успешным, при условии достижения агрегатом необходимой угловой скорости, обеспечивающей продолжительное время требуемую производительность приводимого механизма и нагрузку электродвигателя после стабилизации напряжения.

Процесс самозапуска условно можно разделить на стадии [6]:

1. В первую очередь, необходимо определить параметры скольжения, которых оно достигает в период бестоковой паузы, т.е. определить выбег двигателя.

2. На следующей стадии, с целью оценки вероятности самозапуска, следует проанализировать выполнение обязательного условия:  $m_d > m_r$  при подаче напряжения, где  $m_d$  - электромагнитный момент двигателя, а  $m_r$  - механический момент сопротивления.

3. Далее рассматривается период разгона и стабилизации рабочего режима и определяется время, необходимое для самозапуска.

4. Заключительная стадия – определить нагрев двигателя за период разгона.

#### Оценка возможности самозапуска

На рисунке 1 приведена исходная схема электропередачи

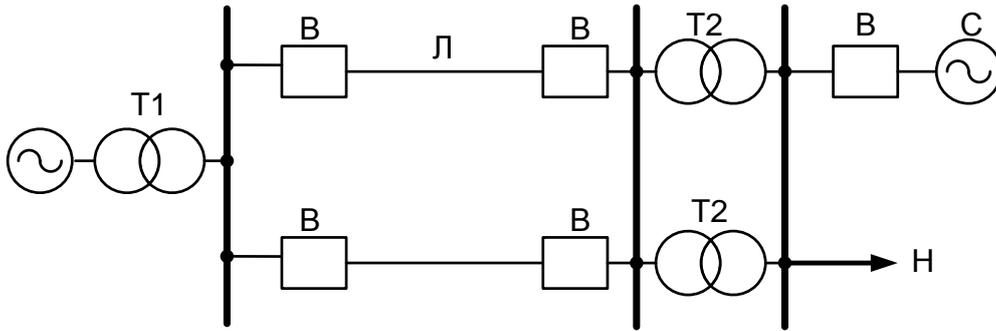


Рис. 1 – Исходная схема

Исходные параметры схемы, приведенной на рисунке 1: мощность генератора  $S_6 = 588$  МВА, нагрузка - асинхронный двигатель, мощностью  $P_n = 350$  МВт,  $\cos\varphi_n = 0,89$ ,  $T_{jn} = 8$  с.

Для того, чтобы достоверно оценить вероятность самозапуска при определенных параметрах КЗ (месте и времени) проанализируем изменение скольжения нагрузки, для чего составим упрощенную схему замещения эквивалентного асинхронного двигателя [1]

Параметры схемы замещения представлены на (рис. 2):

$$x_1 = 0,19; \quad x_2 = x'_{dc} \frac{S_6}{S_c} = 0,4 \frac{588}{500} = 0,47;$$

$$z_{n,\bar{6}} = r_n + jx_n; \quad z_{n,\bar{6}} = \frac{S_6}{S_{нагр}} (\cos\varphi + j \sin\varphi);$$

$$z_{n,\bar{6}} = \frac{S_6 \cos\varphi_n}{P_n} (\cos\varphi_n + j \sin\varphi_n) = \frac{588 \cdot 0,89}{350} (0,89 + j0,46) = 1,331 + j0,688;$$

$$x_n = x_s = 0,688; \quad r_n = 1,331; \quad s_0 = 0,02; \quad R_2 = r_n s_0 = 1,331 \cdot 0,02 = 0,027.$$

Эквивалентные параметры (рис. 3):

$$E_3 = \frac{E_c x_1}{x_1 + x_2} = \frac{1 \cdot 0,19}{0,19 + 0,47} = 0,288;$$

$$x_3 = \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2} = \frac{0,19 \cdot 0,47}{0,19 + 0,47} = 0,135;$$

$$T_{j\bar{6}} = T_{jnacn} \frac{P_n}{S_6 \cos\varphi_n} = 8 \frac{350}{588 \cdot 0,89} = 5,35 \text{ с.}$$

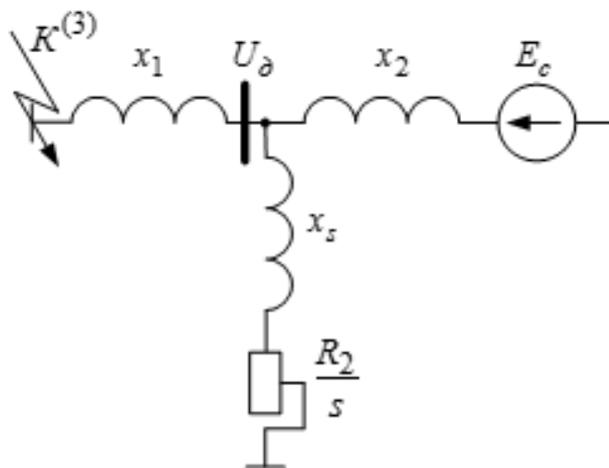


Рис. 2 – Исходная схема замещения

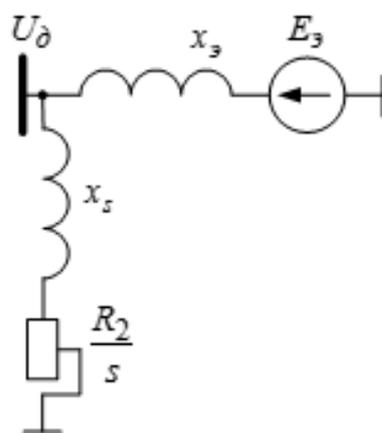


Рис. 3 – Эквивалентная схема замещения

### Пример первого шага интегрирования

Используя схему эквивалентного асинхронного двигателя (рис. 3), произведем расчет без определения напряжения на его шинах [5]:

$$M_{\max}^{\circ} = \frac{E_3^2}{2(x_s + x_d)} = \frac{0,288^2}{2(0,688 + 0,135)} = 0,0504;$$

$$s_{\text{кр}} = \frac{R_2}{x_s + x_d} = \frac{0,027}{0,688 + 0,135} = 0,033;$$

$$\Delta t = 0,05 \text{ с.}$$

Электромагнитный момент при  $s = s_0$ :

$$M_{(s)1} = \frac{2M_{\max}^{\circ}}{\frac{s_0}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s_0}} = \frac{2 \cdot 0,0504}{\frac{0,02}{0,033} + \frac{0,033}{0,02}} = 0,045;$$

приращение скольжения:

$$\Delta s_1 = \left( \frac{M_H}{T} - \frac{M_{(s)1}}{T} \right) \cdot \Delta t = \left( \frac{0,595}{5,35} - \frac{0,045}{5,35} \right) \cdot 0,05 = 0,0051;$$

новое значение скольжения:

$$s_1 = s_0 + \Delta s_1 = 0,02 + 0,0051 = 0,0251.$$

### На втором шаге

$$M_{(s)2} = \frac{2M_{\max}^{\circ}}{\frac{s_1}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s_1}} = \frac{2 \cdot 0,0504}{\frac{0,0251}{0,033} + \frac{0,033}{0,0251}} = 0,0486;$$

$$\Delta s_2 = \left( \frac{M_H}{T} - \frac{M_{(s)2}}{T} \right) \cdot \Delta t = \left( \frac{0,595}{5,35} - \frac{0,0486}{5,35} \right) \cdot 0,05 = 0,0051;$$

$$s_2 = s_1 + \Delta s_2 = 0,0251 + 0,0051 = 0,0302.$$

Результаты расчета последующих шагов сведены в таб. 1.

Таблица 1 – Результаты расчета при определении скольжения нагрузки

| $n$ | $t, \text{с}$ | $M_{(s)}$ | $\Delta M_{(s)}$ | $\Delta s_n$ | $s_n$  |
|-----|---------------|-----------|------------------|--------------|--------|
| 1   | 0,05          | 0,0447    | 0,5503           | 0,0051       | 0,0251 |
| 2   | 0,1           | 0,0486    | 0,5464           | 0,0051       | 0,0302 |
| 3   | 0,15          | 0,0502    | 0,5448           | 0,0051       | 0,0353 |
| 4   | 0,2           | 0,0503    | 0,5447           | 0,0051       | 0,0404 |
| 5   | 0,25          | 0,0494    | 0,5456           | 0,0051       | 0,0455 |
| 6   | 0,3           | 0,0479    | 0,5471           | 0,0051       | 0,0506 |

Скольжение за время КЗ:

$$s_{отк} = 0,0506.$$

Момент двигателя при номинальном напряжении [2]:

$$M_{(s)отк} = \frac{2M_{\max}}{\frac{s_{отк}}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s_{отк}}} = \frac{2 \cdot 0,727}{\frac{0,0506}{0,0392} + \frac{0,0392}{0,0506}} = 0,704,$$

$$\text{где } M_{\max} = \frac{U_n^2}{2x_s} = \frac{1^2}{2 \cdot 0,688} = 0,727;$$

$$s_{кр} = \frac{R_2}{x_s} = \frac{0,027}{0,688} = 0,0392.$$

Так как  $M_{(s)отк} > M_n$ , следовательно, после стабилизации напряжения самозапуск двигательной нагрузки является возможным.

#### Определение допустимого времени перерыва электроснабжения [4]

Приведем уравнение к квадратному виду, найдем корни:

$$M_n = 0,595; s_{кр} = \frac{R_2}{x_s} = \frac{0,027}{0,688} = 0,039; M_{\max} = \frac{U_n^2}{2x_s} = \frac{1^2}{2 \cdot 0,688} = 0,727;$$

$$M_n = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}}; M_n = \frac{2M_{\max}}{\frac{s^2}{s_{кр}^2} + \frac{s_{кр}^2}{s^2}}; M_n(s^2 + s_{кр}^2) = 2M_{\max} \cdot s \cdot s_{кр};$$

$$M_n \cdot s^2 - 2M_{\max} \cdot s \cdot s_{кр} + M_n \cdot s_{кр}^2 = 0;$$

$$0,595s^2 - 0,057s + 0,000905 = 0.$$

Получили два значения, одно из которых исходное  $S_0 = 0,02$ , второе предельное  $S_{np} = 0,076$ .

Предельное время перерыва электроснабжения

$$t_{np} = \frac{T_{jб}}{P_n} (s_{np} - s_0) = \frac{5,35}{0,595} (0,076 - 0,02) = 0,504 \text{ с.}$$

Полученные результаты расчетов, позволяют сделать вывод, что самозапуск двигателя возможен при условии, что, перерыв питания составит не более чем 0,504 с. При этом, проведение дополнительных мероприятий по снижению величины нагрузки на валу не требуется.

#### Литература

1. Веников В.А. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях / Под ред. Веникова В.А. М., Л.: Энергия, 1968. С. 238.
2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высш. шк., 1978. С. 122-125.
3. Голоднов Ю.М. Самозапуск электродвигателей. М.: Энергоатомиздат, 1985. С. 84.
4. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. М.: Энергия, 1979. С. 232-234.
5. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. С. 124-200.
6. Эрнст А.Д. Самозапуск асинхронных электродвигателей: Учеб. пособие / А.Д. Эрнст. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. С. 11-19.

#### References

1. Venikov VA Transients of electrical systems in the examples and illustrations / Ed. Venikov VA M. L. : Energy, 1968. 238 pp.
2. Venikov VA Transitional electromechanical processes in electrical systems. M. : Higher. wk., 1978, pp 122-125.
3. Golodnov YM Self-starting motor. M. : Energoatomizdat, 1985. 84 pp.
4. PS Zhdanov Questions stability of electric systems. M. : Energia, 1979. pp 232-234.
5. Yuri Kulikov Transients in electrical systems: Proc. allowance. Novosibirsk: Publishing House of the NSTU, 2003, pp 124-200.
6. Ernst AD Self-induction motors: Proc. Benefit / AD Ernst. Omsk: Omsk State Technical University Publishing House, 2006, pp 11-19.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.072

Кипарисова А.И.<sup>1</sup>, Ажмухамедов И.М.<sup>2</sup><sup>1</sup>Студент, Астраханский государственный университет,<sup>2</sup>доктор технических наук, Астраханский государственный университет**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ В СЛУЧАЕ УТРАТЫ КЛЮЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ***Аннотация*

*Рассмотрены криптографические протоколы разделения секрета, проведен сравнительный анализ пороговых схем данного алгоритма и выбрана наиболее эффективная схема - схема Шамира для обеспечения доступности к данным в информационных системах ВУЗа в случае утраты ключевой информации.*

**Ключевые слова:** протокол разделения секрета, пороговая схема Шамира, ключевая информация.

Kiparisova A.I.<sup>1</sup>, Azhmuhamedov I.M.<sup>2</sup><sup>1</sup>Student, Astrakhan State University, <sup>2</sup>PhD in Engineering, Astrakhan State University**PROVIDING ACCESS TO INFORMATION SYSTEMS OF HIGHER EDUCATION IN THE CASE OF LOSS OF KEY INFORMATION***Abstract*

*Cryptographic Protocols of secret sharing are reviewed, a comparative analysis of threshold circuits of this algorithm is carried out and the most effective scheme is chosen - the scheme of Shamir, to ensure the availability of data in information systems of the University in the event of loss of key information.*

**Keywords:** secret sharing protocol, threshold scheme of Shamir, the key information.

**M**odern higher education is characterized by a variety of information links both in the administration and in the areas of core business: the organization and conduct of the educational process, teaching and research activities, the financial administration, personnel management and accounting.

The information systems of higher education store large amounts of data, the protection of which involves the use of key information [4]. Key information ensures the confidentiality of data, but in the case of its loss the access to information systems may be lost.

To reduce the possibility of losing access to data in case of loss of key information in several ways:

- 1) to use the backup key information and keep copies in different places;
- 2) to entrust key information to several people;
- 3) to use of cryptographic protocols secret sharing.

We compare these methods by criteria such as simplicity, reliability, non-repudiation and confidentiality (table 1).

Table 1 – Comparative analysis of the ways to reduce the contingency of loss of access

|                 | Using backup | Credibility of key information to several people | The use of cryptographic protocols secret sharing |
|-----------------|--------------|--|---|
| Simplicity      | +            | +  | -   |
| Reliability     | +            | -  | +   |
| Non-repudiation | -            | -  | +   |
| Secrecy         | -            | -  | +   |

The table 1 shows that the most effective way to reduce the likelihood of loss of availability in case of loss of key information – is the use of cryptographic secret sharing protocols.

In most cryptographic algorithms the protection, eventually, is based on a secret key. The main problem is in the organization of the secret key storage, because if an attacker manages to get that secret key, the protected information can with high probability to be in his hands. One of the existing methods of storing the secret key is a way to divide it between the people group, each of which will hold a part of the secret key. When it is needed, the private key can be reconstructed on the basis of parts. Part of the secret key itself does not carry any sensitive information [1].

Initially, reports of secret sharing created with the aim of eliminating the need for backup keys. Without a backup key is easy to lose the last one. Too large number of such copies also creates big problems - a low level of secrecy. A potential solution to this problem is the division of secret algorithms - they can be used to raise reliability without increasing the risk of disclosure of key information.

Secret sharing protocol consists of two main phases:

1. Separation secret – phase distribution, the dealer who knows the secret of  $M$ , generates a fraction of  $c_1, c_2, \dots, c_n$  with secret and will issue to each participant's share of a secure communication channel. Distributing is needed to be organized so that the expanded group of participants gathered together could definitely restore the object, and unresolved – they could not.

2. The recovery phase of the secret when the structure of an access group (non-empty set of all access groups) brings its share with the secrets and get the secret.

There are a number of threshold secret sharing schemes:

- The scheme of Shamir;
- the scheme of Blakely;
- the schemes based on the Chinese remainder theorem.

The secret sharing scheme is perfect, if you share any secrets protected by the coalition does not contain any information about the aggregate secret.

The perfect secret sharing schemes – this is when all the parts of the secret and the secret of the same size can be any value equal probability of allowable values in this scheme.

Compare the data schema for the perfect and ideal (table 2).

Table 2 – Comparative analysis of the secret sharing protocol schemes

| The threshold scheme                               | Perfection | Ideality |
|--|------------|----------|
| The scheme of Shamir                               | +          | +        |
| The scheme of Blakely                              | +          | -        |
| The scheme, based on the Chinese remainder theorem | -          | +        |

The scheme of Shamir is the perfect and ideal one. The idea is based on this diagram is that, for the interpolation polynomial of degree  $(k-1)$  to the required point. If the minimal number of known points, interpolation is impossible.

The features of Shamir threshold scheme:

- extensibility of the private key (for the newly emerged members of the protocol) can be calculated and distributed without the use of already existing parts, simply by calculating the additional points for the polynomial;
- flexibility – the ability to assign different "weight" of different subsets of the authorization;
- homomorphism property – for the scheme Shamir holds homomorphism.
- effectiveness of a specific mechanism for arithmetic calculations – for example, multiplication by a constant: each participant protocol can multiply their private key part of the constant;
- independence – unlike many cryptographic schemes, safety separation schemes secret key is not directly dependent on the complexity of the key [2].

Figure 1 is a block diagram which implements the secret sharing the scheme of Shamir, wherein:

- $p$  – is a large prime number ( $M$  is greater than any secret, which is supposed to share in the scheme);
- $n$  – is the number of shares of the secret;
- $k$  – is the minimum size allowed the group;
- $r_1, \dots, r_n$  – are unclassified non-zero elements ( $r < p$ );
- $s_1, \dots, s_{k-1}$  – are arbitrary elements ( $s < p$ );
- $i=1, 2, \dots, n$ ;
- $S(x) = s_{k-1}x_{k-1} + s_{k-2}x_{k-2} + \dots + s_1x + M \text{ mod } p$  – generation of secret shares;
- $c_i = S(r_i) \text{ mod } p$  – share the secret;
- $M_1 = \sum_{i=0}^{k-1} c_i S_i \text{ mod } p$  – the formula of the interpolation polynomial Lagrange, wherein  $S_i = \prod_{i \neq j} \frac{r_j}{r_j - r_i} \text{ mod } p$ .

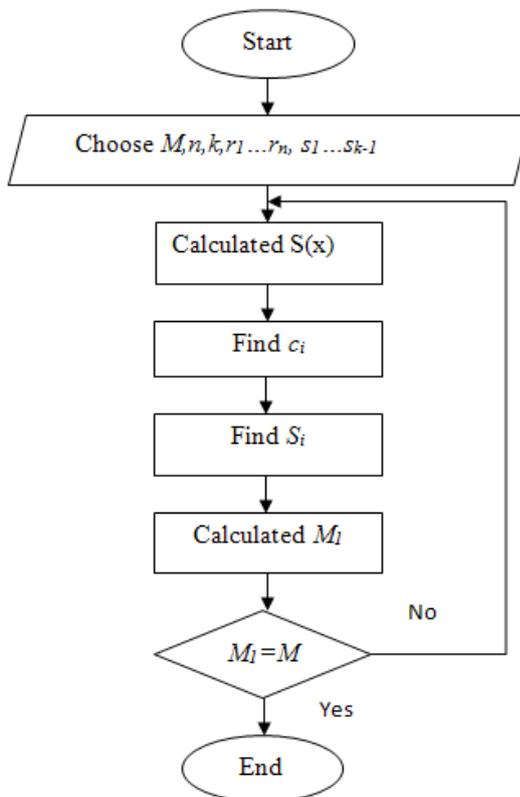


Fig. 1 – The block diagram of the algorithm of Shamir

Thus, the use of a cryptographic Protocol of secret sharing scheme of Shamir, allows to increase the reliability of protection of data stored in information systems of higher educational institutions and makes it impossible to compute the secret illegitimate group of participants.

The scheme will be further implemented in the form of a software product in the programming language C#.

## References

1. Baranovskij O.K. Sovremennye sredstva hranenija kriptograficheskikh ključej [Jelektronnyj resurs] // Tehnologii bezopasnosti: jelektron. nauchn. zhurn. 2011. №3. URL [http://aercom.by/wp-content/uploads/magazine/2011/3\(18\)/tb\\_3\\_2011\\_ok\\_45-50.pdf](http://aercom.by/wp-content/uploads/magazine/2011/3(18)/tb_3_2011_ok_45-50.pdf) (дата обращения: 15.01.2016);
2. Gashenko A.V. Razdelenie sekreta (Secret Sharing) [Jelektronnyj resurs] // Moskovskij fiziko-tehnicheskij institut. 2004. URL: [http://re.mipt.ru/infsec/2004/essay/2004\\_Secret\\_Sharing\\_Gashchenko.htm](http://re.mipt.ru/infsec/2004/essay/2004_Secret_Sharing_Gashchenko.htm) (дата обращения 15.01.2016);
3. Shnajer B. Prikladnaja kriptografija. Protokoly, algoritmy, ishodnye teksty na jazyke Si Applied Cryptography. Protocols, Algorithms and Source Code in C. – М.: Triumph, 2002. S. 588 – 591. – 816 s.
4. Azhmuamedov I.M. Dinamicheskaja nechetkaja kognitivnaja model' ocenki urovnja bezopasnosti informacionnyh aktivov VUZa // Vestnik AGTU. Serija: «Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika». 2012. №2. S.137-142.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.118

Комарова Т.Ю.<sup>1</sup>, Кульчицкий А.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент,

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

**АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ  
СОДЕРБЕРГА ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ**

*Аннотация*

*Проведен анализ функционирования современных АСУ ТП электролизеров Содерберга и выявлена возможность текущего мониторинга технологического состояния оборудования путем внедрения системы технического зрения. Разработан укрупненный алгоритм процедуры контроля составляющих оптического спектра дожигаемых анодных газов.*

**Ключевые слова:** электролизеры Содерберга, перфторуглероды (ПФУ), оптический неразрушающий контроль, цифровая обработка изображений.

Komarova T.Ju.<sup>1</sup>, Kul'chickij A.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>PhD in Engineering, Associate professor,

National Mineral Resources University (Mining University)

**AUTOMATIZATION OF THE PROCESS OF MONITORING THE STATE OF SODERBERG POTS  
THROUGH VISION SYSTEMS**

*Abstract*

*The analysis of the functioning of a modern process control system of the Soderberg pots is given and the possibility of automation of current monitoring of technological condition of the equipment by introducing a system of technical vision is detected. The general algorithm for control procedures of components of the optical spectrum post-combusted anode gases is developed.*

**Keywords:** Soderberg pots, perfluorocarbons (PFC), optical non-destructive testing, image processing.

**Введение**

На российских предприятиях ОК РУСАЛ 50% первичного алюминия производится на электролизерах Содерберга с верхним токоподводом, и доля затрат на электроэнергию доходит до 35%. Электролизеры с самообжигающимися анодами (СА) являются источником выделения в воздушную среду перфторуглеродов (ПФУ), смолистых веществ, оксида углерода. ПФУ имеют высокий уровень потенциала глобального потепления, поэтому даже небольшой по массе их совокупный выброс оказывает крайне негативное влияние на человека. Замена действующего оборудования на более производительные и простые в эксплуатации электролизеры с обожженными анодами (ОА) требует инвестиций, сопоставимых со строительством новых мощностей и не может быть осуществлена в ближайшей перспективе [1]. С учетом постоянного роста цен на сырье и электроэнергию при ужесточении экологических требований, актуальной задачей является модернизация отечественных алюминиевых предприятий, использующих технологию Содерберга, в направлении снижения энергозатрат при решении вопросов экологии. Эмиссия выбросов вредных веществ должна быть сопоставима со значениями для серии электролизеров ОА, и сокращение выбросов ПФУ может быть достигнуто лишь за счет уменьшения частоты анодных эффектов.

**Постановка задачи исследования**

Снижение частоты анодных эффектов – основная стратегия современных алюминиевых предприятий, для реализации которой необходима организация непрерывного мониторинга электролизера [2]. АСУ ТП электролиза регулируют рабочее напряжение, контролируют и фиксируют такие параметры как сила тока серии, суммарное напряжение электролизеров, количество, длительность и величину напряжения анодных эффектов; современные системы АСУ ТП осуществляют контроль технологического состояния электролизеров на основе анализа параметров шумов и волнения расплава и включают в себя алгоритмы распознавания характера возмущения по амплитуде и периоду флуктуации рабочего напряжения, приведенного к току [2]. Разработка и внедрение различных средств автоматического контроля и регулирования технологического процесса электролиза является основной тенденцией развития современного электролиза алюминия [3]. Функции АСУ ТП, использующих независимые модульные процедуры регулирования, могут быть расширены. Измерениям ряда технологических параметров присуща высокая инерционность: контроль криолитового отношения или концентрации глинозема носит долговременный характер (>3 ч.), межполуосное

расстояние, уровень металла и электролита регистрируются после ручных измерений. Величина основного показателя качества работы серии – выхода по току, рассчитывается на основании замеров формы рабочего пространства (ФРП) [4].

Технологическое состояние электролизеров зависит от уровня контроля за соблюдением регламента обслуживающим персоналом. После каждой технологической операции, связанной с разрушением корки электролита, производится герметизация нижней кромки газосборного колокола слоем глинозема. На рисунке 1 показана операция герметизации электролизера на 160 кА.



Рис. 1 – Герметизация электролизера на 160 кА

Частичное дожигание оксида углерода и смолистых веществ, выделяющихся при коксовании анода, осуществляется в специальных горелках, смонтированных вместе с газосборным колоколом. На основании внешних признаков, таких как цвет поверхности электролита и отходящих газов делается вывод о состоянии электролизера. На практике «огни» - индикатор нарушений, связанный с изменением теплового баланса электролизера, однако многие нарушения взаимосвязаны между собой, и это дает возможность диагностировать и прогнозировать изменения температуры электролита и отклонения от нормального хода электролизера.

Нормальный ход характеризуется интенсивным горением анодных газов в горелках, при этом согласно ТИ, их цвет должен быть фиолетовым.

«Горячий ход» характеризуется желтым или белым цветом анодных газов на выходе из «огней» [4]. Цвет изменяется вместе с появлением технологического отклонения, и это изменение можно обнаружить визуально. Цвет «огней» зависит от химического состава выделяющихся анодных газов [1,4]. Контроль состава анодных газов стандартными средствами малоэффективен, из-за осаждения газосборных трубопроводов и газоаналитических датчиков продуктами сгорания и конденсации смолистых отложений, искажающих реальные значения.

#### **Автоматизация мониторинга технологического состояния электролизера Содерберга при помощи систем технического зрения**

Оптический неразрушающий контроль основан на анализе взаимодействия оптического излучения с объектом контроля или его собственного излучения. Видимый диапазон электромагнитного спектра охватывает длину волны приблизительно от 0,43 мкм (фиолетовый цвет) до 0,79 мкм (красный цвет) [5]. Наличие ярко выраженного визуального признака является предпосылкой для автоматизации операции мониторинга состояния технологического процесса с помощью средств оптического неразрушающего контроля.

В качестве технических средств восприятия могут быть использованы простейшие оптоэлектронные датчики - фотодиоды, преобразующие попавший на фоточувствительную область свет в электрический заряд и устанавливаемые на каждом электролизере у одного из горелочных устройств. Достоинствами этого метода являются непрерывный контроль объекта наблюдения и дешевизна; существенным недостатком – снижение надежности вследствие загрязнения приемной поверхности датчика пылевыми выбросами.

Цветная промышленная камера технического зрения может быть использована для сканирования электролизеров серии с последующей компьютеризированной обработкой изображений, результатом работы которой являются номера электролизеров с наличием признака технологического отклонения и на основе значений технологических параметров, содержащихся в базе данных АСУ ТП, осуществляется идентификация технологического нарушения и отправка сигнала на АРМ оператора. Полученное камерой технического зрения изображение, представляющее собой пространство RGB-точек, должно быть переведено в цветовую модель HSI, в которой яркостная информация отделена от цветовой информации. На рис. 2 представлен алгоритм процедуры контроля цвета «огней».

Предполагается сканирование электролизеров камерой, при этом объектами наблюдения являются только горелочные устройства, следовательно, необходимо осуществлять позиционирование средства регистрации, чтобы обработке подвергались только те кадры, на которых присутствует объект наблюдения. После определения области интереса и кадрирования изображение подвергается статистическому анализу по спектру, и определяются его пиковые значения. Далее, полученные результаты сравниваются со значениями нормального хода электролизера, и делается вывод о наличии или отсутствии отклонения.

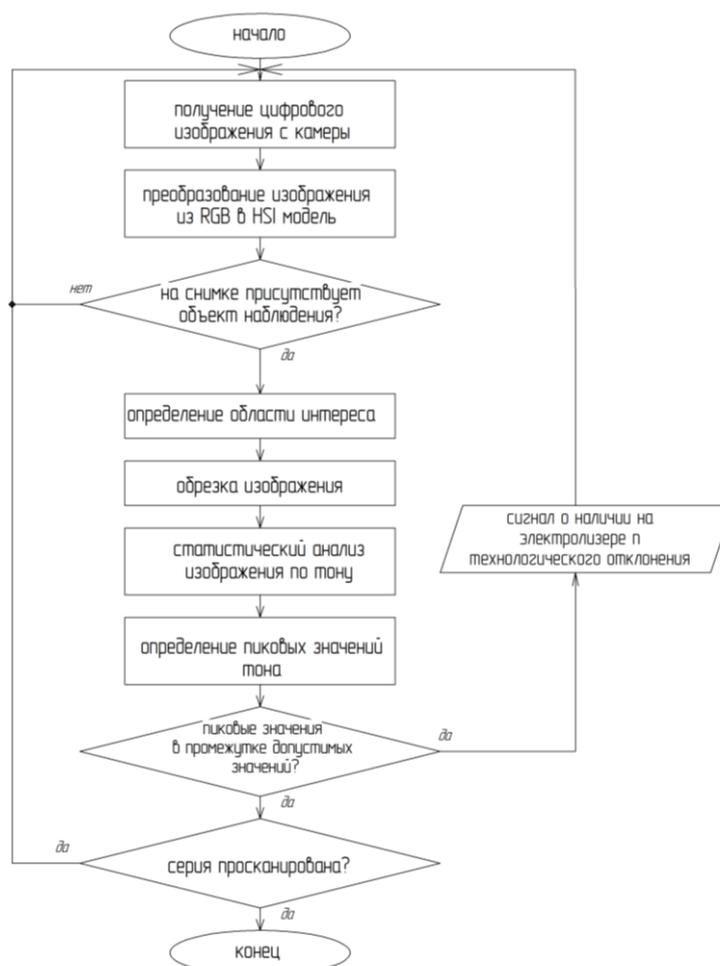


Рис. 2 – Алгоритм процедуры контроля цвета отходящих газов

Также, камера технического зрения может быть использована для контроля целостности поверхности корки электролита на нескольких последовательных кадрах съемки.

### Выводы

Существующий уровень автоматизированного контроля производства алюминия на электролизерах СА не обеспечивает своевременную корректировку технологических параметров вследствие сложности и дороговизны их контроля стандартными средствами КиП.

Наличие эмпирических алгоритмов диагностики состояний электролизера на основании визуальных признаков обуславливает возможность расширения функций АСУ ТП алюминиевых электролизеров за счет внедрения системы технического зрения.

Автоматизированный анализ составляющих оптического спектра дожигаемых анодных газов позволит оперативно выявлять технологические отклонения, тем самым повышая управляемость процесса при снижении влияния человеческого фактора.

### Литература

1. Metallurgia алюминия. Электролизеры с анодом Содерберга и их модернизация: учебное пособие для вузов / Г.В. Галевский, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов – М. : Флинта : Наука, 2008. – 239 с.
2. Бажин, В. Ю. Управление анодным эффектом на алюминиевом электролизере / В. Ю. Бажин, А. А. Власов, А. В. Лупенков // *Металлург.* – 2011. № 5. – С. 89–93.
3. Бажин В.Ю. Синергетика в электролизе алюминия / В.Ю. Бажин, А.А. Власов // *Расплавы.* – 2010. № 6. С.52-57.
4. Янко Э.А. Производство алюминия: пособие для мастеров и рабочих цехов электролиза алюминиевых заводов. - СПб.: Издательство С.Петербургского Университета, 2007. – 423 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Перевод с англ. под ред. П.А. Чочиа. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

### References

1. Metallurgy of aluminium. Electrolysers with Soderberg anode and modernization: a textbook for universities / G.V. Galevskij, M.Ja. Mincis, G.A. Sirazutdinov – M. : Flinta : Nauka, 2008. – P. 239
2. Bazhin, V. Ju. The management of anode effect in an aluminum electrolyzer / V. Ju. Bazhin, A. A. Vlasov, A. V. Lupenkov // *Metallurg.* – 2011. № 5. – P. 89–93.
3. Bazhin V.Ju. Synergetics in aluminum electrolysis / V.Ju. Bazhin, A.A. Vlasov // *Rasplavy.* – 2010. № 6. P.52-57.
4. Janko Je.A. Aluminium production: a manual for craftsmen and workers of electrolysis shops of aluminum plants. - SPb.: Izdatel'stvo S.Peterburgskogo Universiteta, 2007. – P. 423
5. Gonsales R., Vuds R. Digital image processing. The translation from English. ed P.A. Chochia. – M.: Tehnosfera, 2005. – P. 1072

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.107

Лапшин Н.П.

Кандидат технических наук, ФГОУ ВПО Государственный аграрный университет «Северного зауралья»

**САМООЧИСТКА РЕШЕТ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ РЕШЕТНЫХ СТАНОВ****Аннотация**

Изучены колебания системы решетный стан – решето. Установлено, что при условии «антирезонанса» колебания решетного стана прекращаются, а колеблется только решето. Этот режим позволяет снизить динамические нагрузки в зерноочистительной машине. Также режим «антирезонанса» способствует самоочистке решета от застрявших зерен.

**Ключевые слова:** решётный стан, решёта, самоочистка решета, колебания в продольно-вертикальной плоскости, амплитуда колебаний, «антирезонанс», «гашение» колебаний.

Lapshin N.P.

PhD in Engineering, Agriculture State University «Severnogo Zauralia»

**SELF-CLEANING A SIEVE AT VERTICAL VIBRATIONS SIEVE****Abstract**

The fluctuations of sieve pan – a sieve – were studied. It was found that, subject to "anti-resonance" oscillations sieve terminated, and varies only sieve. This mode allows you to reduce the dynamic forces in the grain-cleaning machines. Also mode "antiresonance" promotes self-cleaning sieves of stuck grains.

**Keywords:** sieves, self-cleaning sieves, fluctuations in the longitudinal vertical plane, the amplitude of oscillation, "anti-resonance", "damping" vibrations.

Основу зерноочистительных агрегатов для послеуборочной обработки зерна составляют решетные машины с разделительными, зерновыми, подсевными и сортировальными решетками с прямоугольными или круглыми отверстиями. Решетные станы зерноочистительных машин совершают прямолинейные колебания или круговые колебания. К недостаткам решетных машин относят низкое качество очистки зерна, забиваемость решета, высокий уровень вибрации рам машин из-за неуравновешенных сил и моментов сил инерции.

**Цель исследования.** Изучение условий самоочистки решета колебаниями в вертикальной плоскости от застрявших зерен.

**Методика исследования.** Данное исследование произведено на модернизированной машине ОВС-25М. Решетный стан этой машины подвешен к раме с помощью четырех цилиндрических пружин растяжения, со следующими характеристиками: диаметр проволоки – 4,5 мм, средний диаметр пружины – 24,2 мм, число витков – 34, длина пружины в свободном состоянии 160 мм. Центр масс решетного стана расположен на одинаковом расстоянии от точек крепления пружин к решетному стану.

На решетном стане закреплен асинхронный электродвигатель 4РС80А8У3 с частотой вращения  $n=680$  мин<sup>-1</sup>. На оба конца вала электродвигателя установлены центробежные вибровозбудители. В решетный стан установлены решета с круглыми и прямоугольными отверстиями, решето с цилиндрическими перемычками.

Под действием центробежных сил вибровозбудителей решетный стан будет совершать колебания в продольно-вертикальной плоскости с амплитудой  $A_1$ , а решето как упругая система, будет совершать колебания в вертикальной плоскости с амплитудой  $A_2$  (рис. 1). Для анализа такой системы примем следующие допущения: решетный стан и рама машины представляют собой абсолютно твердые тела, ось вращения дебаланса совпадает с центром масс решетного стана. Для упрощения анализа примем коэффициент жесткости рамы  $C_3=\infty$ .

При колебаниях на решетный стан действуют центробежные силы вибровозбудителя  $F \cos \omega t$ , упругие силы пружин-подвесок  $C_1 y_1$  и упругие силы, возникающие от деформации решета  $C_2(y_1 - y_2)$ . На решето действует упругая сила  $C_2(y_2 - y_1)$ . Движение такой системы описываются дифференциальными уравнениями [1]

$$m_1 \ddot{y}_1 + C_1 y_1 - C_2 (y_2 - y_1) = F \cos \omega t, \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + C_2 (y_2 - y_1) = 0, \quad (2)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – массы решетного стана и решета;

$C_1$  и  $C_2$  – коэффициенты жесткости упругих связей решетного стана и решета.

$F$  – центробежные силы возбудителей:

$$F = 2m_d \cdot \rho \cdot \omega^2, \quad (3)$$

$m_d$  – масса дебаланса;

$\rho$  – расстояние от оси вращения дебаланса до его центра масс;

$\omega$  – угловая скорость вибровозбудителя (круговая частота колебаний решетного стана).

Из уравнений (1), (2) находятся частоты собственных колебаний системы решетный стан – решето

$$p_{1,2} = \frac{1}{2} \left( \frac{C_2}{m_2} + \frac{C_1 + C_2}{m_1} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{C_2}{m_2} + \frac{C_1 + C_2}{m_1} \right)^2 - \frac{C_1 \cdot C_2}{m_1 \cdot m_2}} \quad (4)$$

и амплитуды вынужденных колебаний решетного стана  $A_1$  и решета  $A_2$  [1]

$$A_1 = \frac{F \cdot (C_2 - m_2 \omega^2)}{(C_1 + C_2 - m_1 \omega^2) \cdot (C_2 - m_2 \omega^2) - C_2^2}; \quad (5)$$

$$A_2 = \frac{F \cdot C_2}{(C_1 + C_2 - m_1 \omega^2) \cdot (C_2 - m_2 \omega^2) - C_2^2}. \quad (6)$$

На рис. 2 приведены зависимости амплитуд колебаний решетного стана  $A_1$  и решета  $A_2$  с прямоугольными отверстиями  $2,0 \times 16$  мм от частоты  $\omega$ . Частоты собственных колебаний, полученные из выражения (4),  $p_1 = 11,71$  рад/с и  $p_2 = 50,25$  рад/с. При этих частотах наблюдаются первый и второй резонансы системы решетный стан – решето.

При  $C_2 = m_2 \cdot \omega^2$  числитель в выражении (5) равен нулю, амплитуда колебаний решетного стана  $A_1$  также равна нулю и его движение прекращается несмотря на то, что вибровозбудители продолжают работу. Это явление в технике называют «антирезонансом», а решето в решетном стане играет роль «гасителя» колебаний. Вместо колебаний массивного решетного стана колеблется только решето. Это позволяет снизить динамические нагрузки в машине.

Оценка забиваемости решет производилась следующим образом. Включался электродвигатель машины и на первое решето  $B_2$  с круглыми отверстиями  $\varnothing 5$  мм подавалась зерновая смесь с пятипроцентным содержанием необмолоченных зерен пшеницы, склонных к заклиниванию. Размер таких зерен на 5...10% больше размера отверстия решета. Затем подача зерна прекращалась, смесь сходила с решета и выключался электродвигатель. На решето накладывался шаблон с площадью отверстия  $B_0 = (100 \times 100)$  мм. В этом шаблоне подсчитывалось количество заклинившихся в отверстиях решета зерен и находилась общая площадь заклинившихся зерен  $B_1$ . По отношению  $B_1/B_0$  находилась коэффициент заклинивания  $K_6$ .

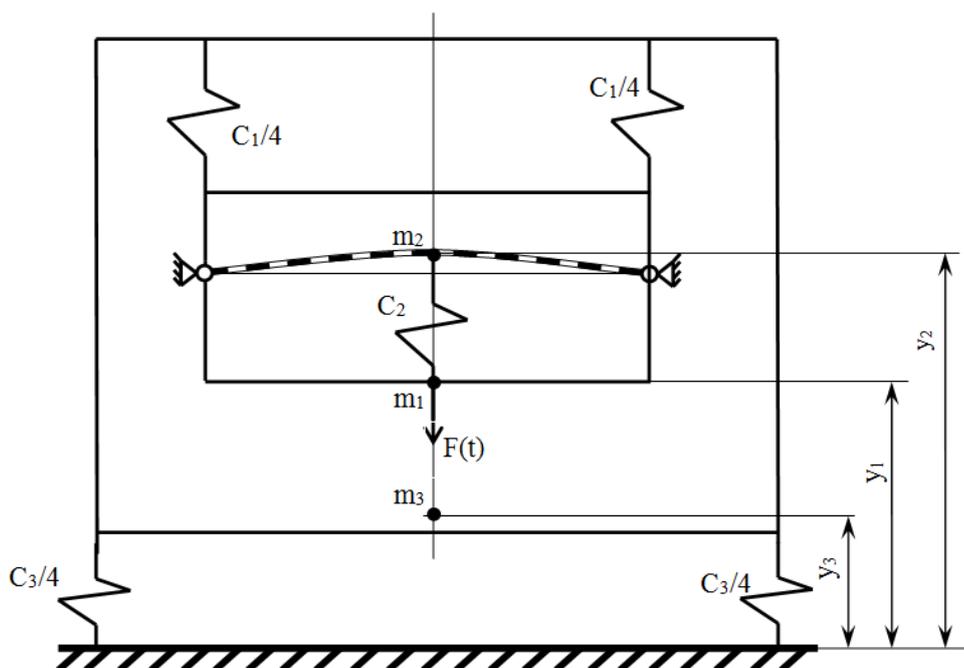


Рис. 1 – Схема решетной зерноочистительной машины с тремя колеблющимися массами

Затем последовательно испытывались на забиваемость сортировальное решето  $\Gamma$  с круглыми отверстиями  $\varnothing 3$  мм, подсевное решето  $B$  с прямоугольными отверстиями  $2,0 \times 16$  мм, сортировальное решето  $\Gamma$  с цилиндрическими перемычками  $2,2 \times 65$  мм. Результаты исследования, которые проводились с угловой скоростью вращения дебалансов  $\omega = 71,17$  рад/с, амплитудой колебания решетного стана  $A_1 = (0,5 \dots 1,0)$  мм, амплитудой колебаний решет  $A_2 = (4,2 \dots 4,5)$  мм, углом наклона решетного стана  $\alpha = 14^\circ$ . Обрабатываемая культура – пшеница.

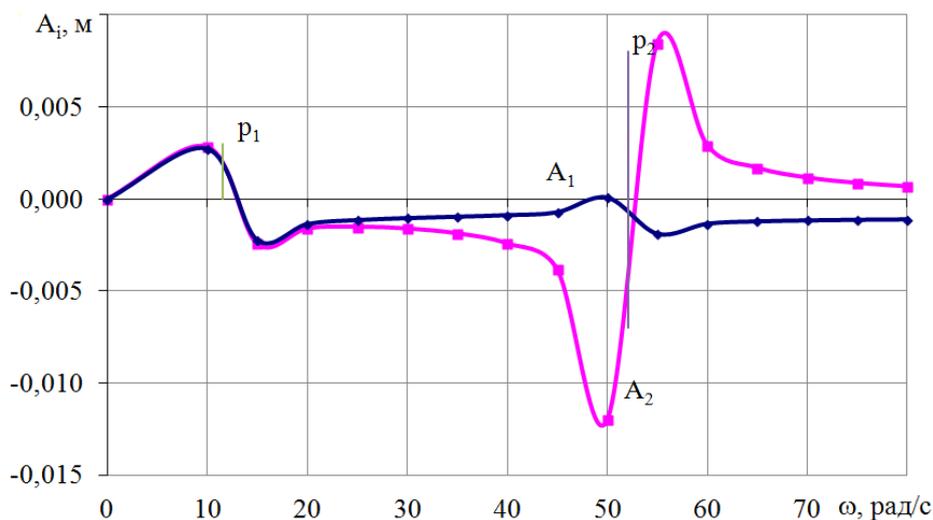
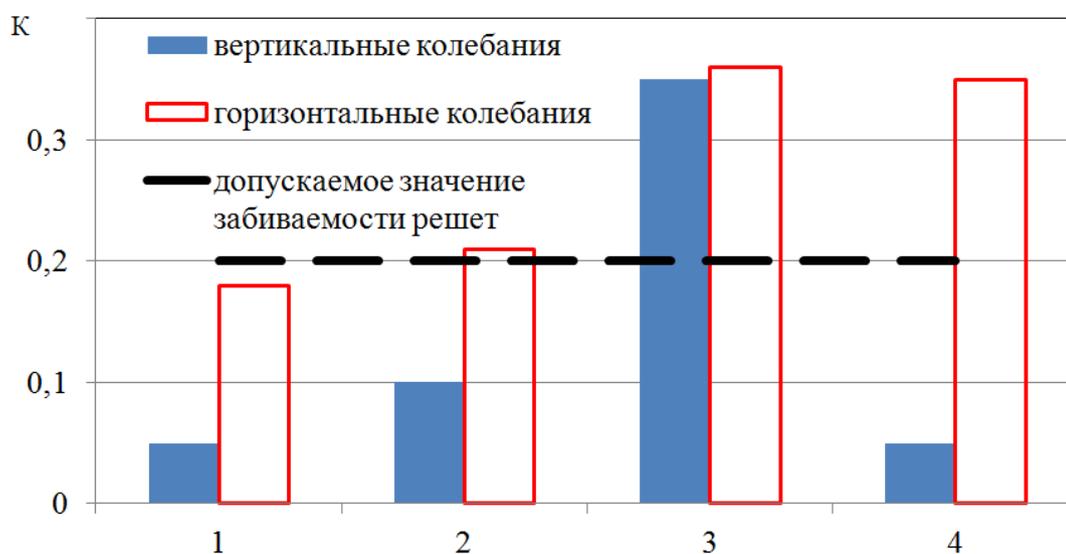
Были проведены испытания на забиваемость решет на втором решетном стане зерноочистительной машины ОВС-25. Решетный стан крепился к раме машины на четырех стальных подвесках круглого сечения и получал движение от электродвигателя, ременной передачи и дебалансного устройства, установленного на вертикальной оси. Решетный стан совершал движение со следующими параметрами: радиус круговых колебаний  $R = 6$  мм, круговая частота колебаний  $\omega = 48,57$  рад/с, угла наклона  $\alpha = 9^\circ$ .

**Выводы.** При колебаниях решетных станов в продольно-вертикальной плоскости возникают колебания решет в вертикальной плоскости, которые на определенном режиме способны «гасить» колебания решетных станов.

Явление гашения колебаний массивных решетных станов следует использовать для снижения сил инерции и вибрации машин, а колебания решет следует использовать для выполнения технологического процесса.

При колебаниях решет с круглыми отверстиями и решет с цилиндрическими перемычками в продольно-вертикальной плоскости наблюдается самоочистка от застрявших зерен. Использование решет с прямоугольными отверстиями при колебаниях в продольно-вертикальной плоскости не рекомендуется.

При круговых колебаниях решет в горизонтальной плоскости необходима принудительная очистка решет.

Рис. 2 – Зависимость амплитуд колебаний решетного стана  $A_1$  и решета  $A_2$  от частоты возбуждения

1 – Зерновые решета  $B_2$   $\varnothing 5$  мм; 2 – сортировальные решета  $\Gamma$   $\varnothing 3$  мм; 3 – подсевные решета  $B$   $2,0 \times 16$  мм;  
4 – сортировальные решета  $\Gamma$  с цилиндрическими перемычками  $2,2 \times 65$  мм

Рис. 3 – Коэффициенты забиваемости решет с различной формой отверстий, геометрией перемычек и направленности колебаний

### Литература

1. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Том 3./под ред. И.А. Бергера, Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1988. – 669 с.
2. Лапшин И.П., Косилов Н.И. Расчет и конструирование зерноочистительных машин – Курган: ГИПП «Зауралье», 2002. – 168 с.
3. Лапшин И.П., Амосов Г.И., Лапшин Н.П. Исследование частот собственных колебаний решетных полотен зерноочистительных машин / Экология – Здоровье – Безопасность жизнедеятельности: Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 60-летию образования Курганской области. – Курганский научный центр МАНЭБ, 2002. – С.197-200.

### References

1. Prochnost', ustojchivost', kolebanija. Spravochnik v treh tomah. Tom 3./pod red. I.A. Bergera, Ja.G. Panovko. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 669 s.
2. Lapshin I.P., Kosilov N.I. Raschet i konstruirovanie zernoochistitel'nyh mashin – Kurgan: GIPP «Zaural'e», 2002. – 168 s.
3. Lapshin I.P., Amosov G.I., Lapshin N.P. Issledovanie chastot sobstvennyh kolebanii reshetnyh poloten zernoochistitel'nyh mashin / Jekologija – Zdorov'e – Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti: Materialy regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 60-letiju obrazovanija Kurganskoj oblasti. – Kurganskij nauchnyj centr MANJeB, 2002. – S.197-200.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.057

ORCID: 0000-0001-6506-8477, Магистр технических наук,

Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕТА ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

*Аннотация*

*В статье рассмотрены модели и методы по организации автоматизации мониторинга трудоустройства выпускников Вузов на примере базы данных кафедры информационно-вычислительных систем специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение» с целью обеспечения повышения уровня трудоустройства, обеспечения координации планов, разработки рекомендаций по улучшению качества трудоустройства.*

**Ключевые слова:** трудоустройство, выпускники, база данных.

**Moldabekova B.K.**

ORCID: 0000-0001-6506-8477, Master of Engineering Science, Karaganda University of Economics

## IMPROVING INFORMATION SUPPORT FOR THE ACCOUNT OF EMPLOYMENT OF GRADUATES OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

*Abstract*

*In article models and methods on the organization of automation of monitoring of employment of university graduates on the example of a database of chair of information systems of the specialty "Computer Facilities and Software" for the purpose of ensuring increase of level of employment, ensuring coordination of plans, development of recommendations about improvement of quality of employment are considered.*

**Keywords:** employment, graduates, database.

**E**ducation - a strategic resource that generates the intellectual capital of the country. This is due to the definition of Education as one of the top priorities of the state policy in all development strategies of Kazakhstan.

In the address to the nation on 17 January 2014 "Kazakhstan's way: a common goal, common interests, common future" President NA Nazarbayev has once again designated education as one of the priorities for the country's entry among the 30 most developed countries of the world. Currently, higher education policy is determined by the need to ensure the conditions for the training of competent and competitive specialists for all branches of the national economy, strengthening of intellectual potential, and practice-oriented activities of the higher school, its integration with science and industry, bringing into line with international educational standards.

Higher School of Kazakhstan is committed to achieving world-class education and entry into the unified educational space. The mechanism for achieving these goals is the implementation of the parameters of the Bologna Process, to which Kazakhstan acceded in March 2010.

Management of educational resources is an integral part of the overall management process, organized in any institution in order to effectively use his units against their targets. To solve these problems, there are many methods for solving problems arising in phases and stages of decision-making process. All these methods are implemented in special information systems - systems for decision support (DSS). The application of DSS based on their expediency and is determined by the complexity of the problems to be solved with their help.

The General principles of the organization of the DSS PK educational sphere at the present stage of development, as hyper complex integrated systems, allow higher education institutions to survive in highly competitive environment using applied problems.

Given the ever-increasing pace of development of IT-infrastructure in Kazakhstan is constantly increasing the demand for various specialists in the field of IT. The need for developing and maintaining the IT infrastructure of the organization is very clearly expressed in the demand for graduates of the specialty "Computing and software".

In the age of information technology this specialization is one of the most sought after and prestigious associated with the design, development, use and maintenance of software and hardware ensure. Bachelors in the specialty 5V070400 – "Computers and software" perform design, manufacturing, experimental research, organizational, managerial and operational activities.

The Department regularly monitors the employment of graduates. The Department has an electronic database of graduates, which is regularly updated.

The problem of improvement of information support activities at the present time is crucial for any economic related subject, functioning in a market environment.

On the one hand, this is due to the increased competition in the market, requiring new and improvement of existing methods of managerial decision-making, with other, information as such became increasingly regarded as a management function and resources of the organization.

The situation is compounded by the fact that the market of information technologies used in higher education the pace of its development is currently the most dynamic market. Innovative developments in the field of information technology in the education market occur much faster than the development of innovative products, raw materials, services or any other product of the economy.

The market is full of various information systems, including It infrastructure (computer, telecommunications, technological equipment and software) and It services based on it. The main purpose of information systems is to provide a unified environment for operational management of existing computer systems organization, database management systems and enterprise software, telecommunications and network equipment, storage devices, and mobile personal computers, and peripheral equipment.

At the Department of Information and computing systems framework of employment of graduates is made responsible for employment. Data is entered into MS Excel. Annually reports on employment. All data is stored in MS Excel that does not allow to provide reliable and timely information and analysis of employment of graduates. Due to the fact that the information is stored for each reporting period in separate documents, selection of necessary information takes a lot of time.

Information base is shown in figure 1.

| № п/п | ФИО полностью               | Дата рожд. | ИИН          | Спец-наль-ность | Трудо-устроены (да,нет) | Организация  | Населенный пункт организации (обл., город, район, село) | Статус организаци (Нац., ГУ, АО, ЧУ, НУ и т.д) | Должность                             | Адрес проживания  | Дом. и сотовый телефон | Эл. почта |
|-------|-----------------------------|------------|--------------|-----------------|-------------------------|--|---|--|---------------------------------------|---|------------------------|-----------|
| 1.    | Башаров Рустам Робертович   | 09.10.1991 | 911009350741 | ИС              | да                      | Компания hoster.kz   | г. Караганда  |  | веб-мастер                            | г. Караганда пр-т Н.Абди-рова 24 кв. 104.                   | 87754544242            |           |
| 2.    | Крутлова Яна Игоревна       | 28.10.1991 | 911028450058 | ИС              | да                      |  | г. Жезказган  |  | декретный отпуск по уходу за ребенком | г. Жезказган, ул. Есенбер-лина 2/2, кв. 14                  | 87712735408            |           |
| 3.    | Рыжов Константин Владимович | 08.09.1992 | 920908351230 | ИС              | да                      | Компания WEB-мастер  | г. Караганда  | ЧУ   | программист                           | г. Караганда пр-т. Строителей 22- 76                        | 354417                 |           |
| 4.    | Югай Виталий Юрьевич        | 23.07.1991 | 910723351382 | ИС              | да                      | Компания LEGO  | г. Караганда  | ЧУ   | продавец-консультант                  | г. Караганда, пр-т Н.Абди-рова 9 – 20                       | 87758188696            |           |
| 5.    | Аманов Даурен Ерланович     | 16.01.1991 | 910116350354 | ИС              | да                      | Региональный научно-практи-ческий центр «Сары-Арка Дарыны» | г. Караганда  | ГУ   | инженер-программист                   | г. Караганда, ул. Прогресса 27-2                            | 87003713633            |           |
| 6.    | Барташевич Светлана Юрьевна | 08.12.1991 | 910812450552 | ИС              | да                      | Кар. обл, Булар-Жырауский р-н, Ростовская СШ               | Кар. обл, Булар-Жырауский р-н                           | ГУ   | старший инженер-программист           | Кар. обл, Булар-Жырауский р-н с Ростовка ул. Центральная 61 | 87753863720            |           |
| 7.    | Волков Семен Владимирович   | 18.09.1990 | 900918351291 | ИС              | нет                     |  | г. Караганда  |  | Не трудоустроен                       | г. Караганда ул. Профсоюзная                                | 87078663703            |           |

Fig. 1 - Information base of graduates KEUK

Since the existing database of graduates of the Department created in EXCEL, so it has several disadvantages:

- no automated analysis of the outcomes of practice;
- no transitive relationships of an existing database;
- lack of system flexibility and control of processes of information transfer.

#### References

1. Gudman C. «Fade in pazpabotku algoritmov» .M .: Peace be 2010.
2. J. Martin. "Organizatsiya baz dannyx in vychislitelnyx cictemax"; C-P. Pucckaya pedaktsiya 2007.
3. Bychkov IV, Cherkashin EA, Chudnenko AK creation of a system of sub-delay decision-making. Computational technologies. V.9 Vestnik KazNU. AI - Farabi. Series "Matematika.mehanika and nformatika», №3 (42), part 1. Almaty - Novosibirsk, 2014. The joint issue of Proceedings of International Conference "Computational and Informational Technologies in Science, Engineering and Education", October 7-9. Publisher Kazakh National University. AI - Farabi.
4. Kaziev VM Introduction to the analysis, synthesis and simulation systems. M .: - BINOM. Knowledge Laboratory, 2010.
5. Larichev. OI, Peter A. Decision support systems. Current state and prospects of their development. // Results of science and technology. A series of Technical Cybernetics. - T.21.M .: VINITI, 1987. 12.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.147

Мустафаев С.Д.<sup>1</sup>, Ибрагимов В.А.<sup>2</sup>, Гулиев Р.А.<sup>3</sup><sup>1</sup>Кандидат технических наук, <sup>2</sup>кандидат физико-математических наук,  
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,<sup>3</sup>Начальник Нефтегазодобывающего Управления им.А.Дж.Амирова**ПЛОСКО-РАДИАЛЬНАЯ НЕСТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ СЖИМАЕМОЙ  
ВЯЗКО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ В СЖИМАЕМОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ***Аннотация*

В статье применен метод последовательной смены стационарных состояний и решена аналитическая задача для плоско-радиального фильтрационного потока сжимаемой вязко-пластичной жидкости из сжимаемого кругового пласта к вертикальной скважине, расположенной в центре залежи, при этом получен алгоритм для дебита скважины, полученного из единицы толщины пласта в зависимости от текущего радиуса возмущения в дренажной зоне и времени эксплуатации скважин и на основе этого алгоритма по заданным исходным данным произведены численные посчеты и построено семейство кривых, характеризующих ход процесса после мгновенного пуска скважины в режим работы.

**Ключевые слова:** сжимаемая вязко-пластичная жидкость, сжимаемая пористая среда, плоско-радиальный поток, нестационарная фильтрация, радиус депрессионного влияния.

Mustafayev S.D.<sup>1</sup>, Ibrahimov V.A.<sup>2</sup>, Guliyev R.A.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering, Azerbaijan State Oil and Industry University, <sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics,  
Azerbaijan State Oil and Industry University, <sup>3</sup>Director of Oil and Gas Production Department**FLAT-RADIAL UNSTEADY FILTRATION OF INCOMPRESSIBLE VISCOUS-PLASTIC FLUID  
IN A COMPRESSIBLE POROUS MEDIUM***Abstract*

In the article the method of successive change of stationary states and solve analytical problem for plane-radial seepage compressible viscous-plastic fluid from a collapsible circular formation to a vertical well, located in the center of the deposit, with an algorithm for the well flow rate obtained from a unit of the thickness of the layer in Depending on the current radius of the disturbance in the drainage area and time of operation of wells and on the basis of this algorithm on the given input data and generated numerical counts a family of curves that characterize the course of the process, after starting well in the instant mode.

**Keywords:** compressible visco-plastic fluid compressible porous medium, flatradial flow, transient filtering, depression influence radius.

В работах [1,2] представлены решения задач о простых фильтрационных потоках сжимаемых ньютоновских жидкостей в сжимаемой пористой среде.

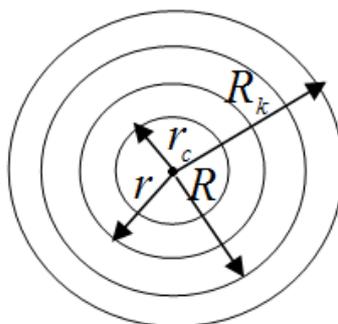


Рис. 1 – Схема кругового пласта

Пусть в центре круговой залежи, схематически представленной на рис.1, расположена эксплуатационная скважина. Допустим, что после ее пуска, за некоторое время  $t$ , радиус депрессионного влияния стал равен расстоянию  $R$ , от скважины. Пользуясь методом последовательной смены стационарных состояний [1], определяется забойное давление скважины  $P_c$ , соответствующее времени  $t$  после пуска скважины.

Отнеся расчет к единице мощности пласта, для веса жидкости в пласте имеем

$$W = \pi (R_k^2 - R^2) (m\gamma)_k + 2\pi \int_{r_c}^R (m\gamma) r dr \quad (1)$$

Считая, что в кольце  $r_c \leq r \leq R$  распределение стационарное, имеем

$$(m\gamma) = (m\gamma)_c + \frac{(m\gamma)_k - (m\gamma)_c}{\ln \frac{R}{r_c}} \ln \frac{r}{r_c} \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), имеем:

$$W = \pi(R_k^2 - r_c^2)(m\gamma)_k + 2\pi(m\gamma)_c \int_{r_c}^R r dr + 2\pi \frac{(m\gamma)_k - (m\gamma)_c}{\ln \frac{R}{r_c}} \int_{r_c}^R r \ln \frac{r}{r_c} dr \quad (3)$$

Раскрыв интегралы и проведя алгебраические преобразования, имеем:

$$W = \pi(R_k^2 - R_c^2)(m\gamma)_k - \frac{\pi \left( R^2 - r_c^2 - 2r_c^2 \ln \frac{R}{r_c} \right)}{2 \ln \frac{R}{r_c}} [(m\gamma)_k - (m\gamma)_c] \quad (4)$$

Выразим  $(m\gamma)$  через давление

$$(m\gamma)_k = m_0 \gamma_0 K^* P_k^* \quad (m\gamma)_c = m_0 \gamma_0 K^* P_c \quad (5)$$

где  $K^* = \frac{K_{ж}^*}{1 + \frac{1}{m} \frac{K_{ж}^*}{K_c^*}}$ ;  $K_{ж}^*$  – коэффициент, учитывающий упругости пластовой жидкости и скелет породы;

$\gamma$  – удельный вес пластовой жидкости;  $\gamma_0$  – удельный вес пластовой жидкости в начальный момент.

Тогда

$$W = \pi(R_k^2 - r_c^2)(m\gamma)_k - \frac{\pi \left( R^2 - r_c^2 - 2r_c^2 \ln \frac{R}{r_c} \right) m_0 \gamma_0 K^* (P_k - P_c)}{2 \ln \frac{R}{r_c}} \quad (6)$$

где  $P_k$  – пластовое давление;  $P_c$  – забойное давление в скважине.

Дифференцируя (6) по  $t$  имеем

$$-\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\pi m_0 \gamma_0 K^* \left( R^2 - r_c^2 - 2r_c^2 \ln \frac{R}{r_c} \right) d(P_k - P_c)}{2 \ln \frac{R}{r_c} dt} = \gamma_c q \quad (6)$$

где  $q$  – дебит скважины из единицы толщины пласта;  $\gamma_c$  – удельный вес пластовой жидкости на забое скважины.

Согласно [1]

$$q = \frac{2\pi K}{\mu \ln \frac{R}{r_c}} (P_k - P_c) - \frac{2\pi KG(R - r_c)}{\mu \ln \frac{R}{r_c}} \quad (7)$$

где  $K$  – коэффициент проницаемости пласта;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости пластовой жидкости.

Учитывая, что  $G = \frac{(P_k - P_c)}{R_k - R_c}$ , из (7) имеем:

$$q = \frac{2\pi(R_k - R)}{\mu \left( \ln \frac{R}{r_c} \right) (R_k - r_c)} \quad (8)$$

Приняв  $\gamma_0 = \gamma_c$ , из (7) и (9) получаем:

$$\frac{m_0 K^* \left( R^2 - r_c^2 - 2r_c^2 \ln \frac{R}{r_c} \right) d(P_k - P_c)}{2 dt} = \frac{2K(R_k - R)}{\mu(R_k - r_c)} (P_k - P_c) \quad (9)$$

Откуда

$$(P_k - P_c) = C \exp \frac{4K(R_k - R)t}{\mu m_0 K^* \left( R_k^2 - r_c^2 - 2r_c^2 \ln \frac{R}{r_c} \right) (R_k - r_c)} \quad (10)$$

Из практических соображений решение уравнения (9) должно удовлетворять условию:

$$(P_k - P_c)|_{t=0} = P_0 \quad (11)$$

Поэтому, учитывая (11) в (10), получаем:

$$(P_k - P_c) = P_0 \exp \frac{4K(R_k - R)t}{\mu m_0 \left( R_k^2 - r_c^2 - 2r_c^2 \ln \frac{R}{r_c} \right) (R_k - r_c)} \quad (12)$$

Учитывая (12) в (9), получаем:

$$q = \frac{2\pi K(R_k - R)P_0}{\mu(R_k - r) \ln \frac{R}{r_c}} \exp \frac{4K(R_k - R)t}{\mu m_0 \left( R_k^2 - r_c^2 - 2r_c^2 \ln \frac{R}{r_c} \right) (R_k - r_c)} \quad (13)$$

Рассмотрим численный пример.

Пусть для какой-то конкретной скважины и выкачиваемой нефтяной жидкости  $K = 10^{-12} \text{ м}^2$ ;  $r_c = 0,0762 \text{ м}$ ;  
 $K_{ж} = 5K_c = 5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{ат}}$ ;  $m = 0,23$ ;  $r_c < R < R_k = 100 \text{ м}$ ;  $K^* = 0,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{ат}}$ ;  $\mu = 9,87 \cdot 10^{-8} \text{ ат} \cdot \text{сек}$ ;  
 $P_0 = P - P_c = 30 \text{ ат}$   $P = (0 \div 100) \text{ ат}$ .

По этим данным по формуле (13) произведен расчет на ЭВМ. По результатам подсчета построена таблица (табл.1), на основании которой построены графики зависимости дебита от расстояния до скважины за количество суток (рис.2).

Таблица 1

| $R$ | 10м    | 20м     | 30м     | 40м     | 50м    | 60м    | 70м   | 80м   | 90м   |
|-----|--------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 1с  | 30,7   | 23,87   | 19,48   | 15,9    | 12,73  | 9,94   | 7,28  | 4,76  | 2,35  |
| 2с  | 61,884 | 48,08   | 39,15   | 31,99   | 25,88  | 19,94  | 14,55 | 9,52  | 4,677 |
| 3с  | 93,575 | 72,635  | 59,144  | 48,2    | 38,7   | 30,02  | 21,95 | 14,3  | 7,02  |
| 4с  | 125,76 | 97,53   | 79,27   | 64,6    | 51,8   | 40,16  | 29,34 | 19,1  | 9,365 |
| 5с  | 158,45 | 122,78  | 99,45   | 81,12   | 65,03  | 50,43  | 36,8  | 23,94 | 11,72 |
| 6с  | 191,66 | 148,376 | 121,694 | 97,98   | 78,386 | 60,666 | 44,24 | 29,64 | 14,07 |
| 7с  | 225,37 | 174,34  | 141,33  | 114,913 | 91,855 | 71,03  | 51,75 | 33,6  | 16,43 |
| 8с  | 259,3  | 200,65  | 162,5   | 132,025 | 105,44 | 81,46  | 59,3  | 38,5  | 18,8  |
| 9с  | 294,4  | 227,3   | 185,956 | 149,3   | 119,15 | 91,97  | 66,09 | 43,4  | 21,17 |
| 10с | 329,7  | 254,37  | 205,7   | 166,8   | 132,97 | 102,55 | 74,6  | 48,3  | 23,54 |

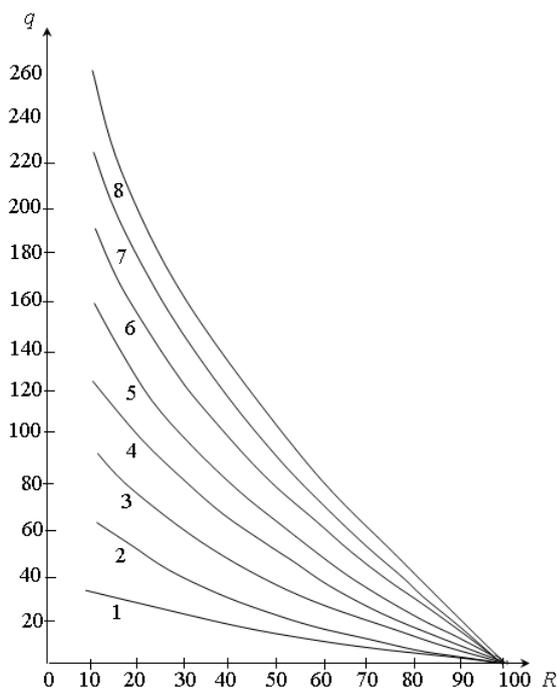


Рис. 2 – График зависимости дебита от ( $R$ ) расстояния до скважины (в  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ), где номера линий означают количество суток

Анализируя результаты таблицы и построенных графиков, установлено:

1) С увеличением непрерывной продолжительности добычи, количество выкачиваемой жидкости увеличивается по нелинейному закону, то есть количество выкаченной нефтяной массы за каждые сутки (хотя и не очень значительно) больше каждой из предыдущих суток.

2) По мере приближения к скважине дебит увеличивается по вогнутой кривой относительно оси  $R$ . Это означает, что в каждый момент времени непрерывного выкачивания нефти (в зависимости от ее вязкости) количество утекающей массы из любого радиального сечения пласта в сторону скважины больше количества протекающей.

#### Литература

1. Чарный И.А. Метод последовательной смены стационарных состояний и его приложения к залежам нестационарной фильтрации жидкостей и газов. Известия АН СССР, отделение техн. Наук, №3, 1949
2. Чарный И.А. Подземная гидродинамика. Госкомтехиздат, Москва, 1963, с.272-284
3. Султанов Б.И. Исследование вопросов фильтрации в пористой среде нефтей и масел, обладающих структурно-механическими свойствами. Дисс. на соиск. уч. степени канд. Тех. наук, Баку, 1962, 153 с.

#### References

1. Charny I.A The method of successive change of stationary states and its application to the deposits of non-stationary filtration of liquids and gases. Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR, Department techn. Science, №3, 1949.
2. Charny I.A. Underground fluid dynamics. Goskomtehizdat, Moscow, 1963, s.272-284.
3. Sultanov B.I. Study on filtration in a porous medium oils and oils that have structural and mechanical properties. Diss. on soisk. Ouch. PhD degree. Those. Sciences, Baku, 1962, 153 p.



Международный научно-исследовательский журнал включен в базу научного цитирования **Google Scholar**.

**Google Scholar** – поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин. Наличие статей в **Google Scholar** увеличивает возможность цитируемости, не только в России, но и за рубежом.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.018

Насырова Г.М.<sup>1</sup>, Данилова Е.А.<sup>2</sup>, Прыткова Э.В.<sup>3</sup>, Харлямов Д.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Магистрант, <sup>2</sup>магистрант, <sup>3</sup>магистрант, <sup>4</sup>старший преподаватель, Казанский федеральный университет  
**ОЧИСТКА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ОТ ИОНОВ МЫШЬЯКА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ**

*Аннотация*

*В представленной работе рассмотрена возможность применения метода электрокоагуляции для удаления ионов мышьяка из водных растворов. Изготовлены прямоугольные стальные и алюминиевые электроды и собрана экспериментальная установка. Проведены эксперименты по удалению ионов мышьяка из водных растворов с применением различных комбинаций электродов, обсуждена эффективность очистки.*

**Ключевые слова:** мышьяк, электрокоагуляция, электроды, очистка воды.

Nasyrova G.M.<sup>1</sup>, Danilova E.A.<sup>2</sup>, Prytkova E.V.<sup>3</sup>, Kharlyamov D.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Undergraduate, <sup>2</sup>undergraduate, <sup>3</sup>undergraduate, <sup>4</sup>senior Lecturer, Kazan Federal University

**WATER SOLUTIONS CLEANING FROM ARSENIC ION BY ELECTROCOAGULATION**

*Abstract*

*In the present study the possibility of applying the method of electrocoagulation to remove arsenic ions from aqueous solutions is considered. Rectangular steel and aluminum electrodes and collected experimental setup are made. Experiments were conducted to remove arsenic ions from aqueous solutions using various combinations of electrodes discussed cleaning efficiency.*

**Keywords:** arsenic, electrocoagulation, electrodes, water treatment.

**П**роблемы загрязнения окружающей среды мышьяком (As) признаны и выявлены во многих странах мира, в широком диапазоне геологических и климатических условий. В настоящее время, согласно временной директиве Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), предельная концентрация As в питьевой воде составляет 10 мкг л<sup>-1</sup>, до 1993 г. – 50 мкг л<sup>-1</sup>. Наиболее промышленно развитые страны приняли величину 10 мкг л<sup>-1</sup> как установленный законом предел, хотя большинство развивающихся стран продолжает использовать в качестве национального стандарта значение ВОЗ до 1993 г. из-за трудностей с аналитическим обнаружением и соблюдением установленных требований [1].

Присутствие мышьяка в природе обусловлено как человеческой активностью, так и природными источниками. Антропогенными источниками мышьяка являются: горное дело, черная и цветная металлургия; нефтеперерабатывающие заводы, стекольная промышленность, изготовление пропиточных составов для древесины и др. К природным источникам мышьяка относятся морские осадочные породы, ископаемое топливо, геотермальная и вулканическая активность. В поверхностные воды мышьяк поступает из минеральных источников, районов мышьяковистого оруднения, связанных с осадочными песчаноглинистыми отложениями. Некоторые количества мышьяка поступает в природные воды из почв, а также в результате разложения растительных и животных организмов [1].

Существуют множество методов очистки воды от мышьяка: химическая коагуляция, адсорбция, нанофильтрация, обратный осмос, ионный обмен, электродиализ и др. [2]. Перспективным процессом для удаления ионов мышьяка из воды является электрокоагуляция [3]. Электрокоагуляция дает возможность очистить воду от нефтепродуктов, жиров и ионов тяжелых металлов.

В представленной работе рассматривалась возможность применения прямоугольных стальных и алюминиевых электродов для удаления ионов мышьяка из водных растворов. Общая эффективная площадь электродов у первых двух комбинаций составляла 30 см<sup>2</sup>, у третьей - 60 см<sup>2</sup>, расстояние между электродами – 1 см. Эксперименты по электрокоагуляции проводились в стеклянном реакторе объемом 0,15 л при температуре 20±2°С. Электроды, помещенные в реактор, были соединены с блоком питания постоянного тока (Орион РW 325). С целью уменьшения массопереноса над потенциалом раствор мешался с помощью магнитной мешалки, скорость которой составляла 300 об/мин. В стакан помещали разные пары пластинчатых алюминиевых и стальных электродов с одинаковыми размерами и соединяли с блоком питания постоянного тока. Схема собранной установки представлена на рис. 1.

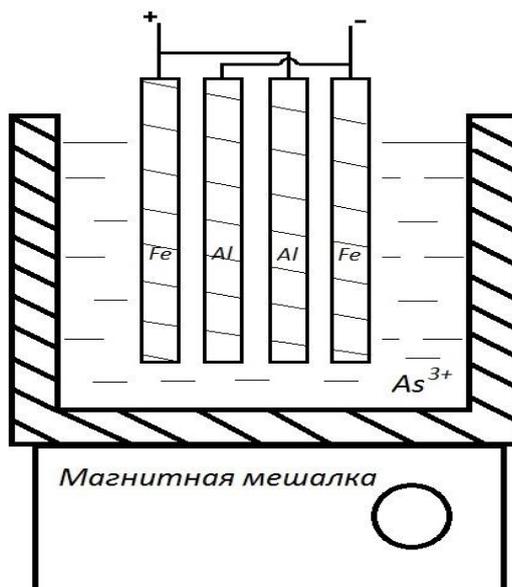
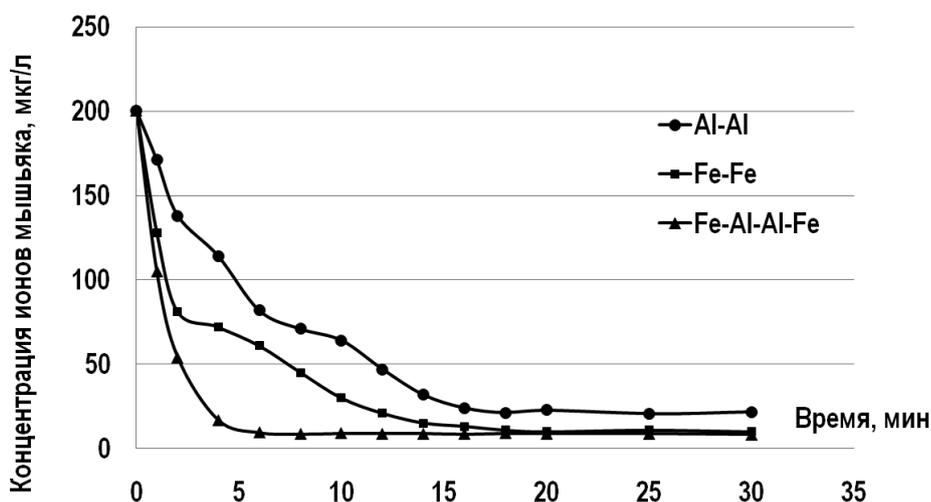


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки для электрокоагуляции

Модельный раствор (150 мл), с исходной концентрацией 200 мкг/л готовился разбавлением из ГСО ионов трехвалентного мышьяка, помещался в реактор. Далее подавалось напряжение (1 А) и через определенные промежутки времени извлекались небольшие объемы раствора, которые фильтровали через бумажные фильтры и измеряли концентрацию ионов мышьяка на атомно-абсорбционном спектрометре. В конце каждого опыта, электроды тщательно промывали водой, чтобы удалить любые твердые остатки на поверхности, высушивали и взвешивали.

Влияние гибридных электродных пар на удаление мышьяка из модельного раствора представлено на рис. 2. Принимая во внимание полученные результаты, делаем вывод, что всем электродным парам, испытанным в данной работе, характерна высокая скорость очистки. Электродные пары снизили концентрацию мышьяка в модельном растворе, предел удаления ионов мышьяка составил 20 мкг/л в течении 30 мин для пары Al-Al, 10 мкг/л в течение 20 мин для Fe-Fe и менее 10 мкг/л в течение 10 мин для комбинации Fe-Al-Al-Fe.

Рис. 2 – Изменение концентрации мышьяка при воздействии разных комбинаций электродов ( $I=1\text{A}$ ,  $\text{pH}_0=7$ )

Учитывая все стороны исследования, электродная пара Fe-Al-Al-Fe показала лучшие характеристики по сравнению с остальными использованными в эксперименте парами электродов. Комбинации электродов Fe-Al-Al-Fe имеют самую большую степень удаления мышьяка (96%) при наименьшем рабочем времени (10 мин).

Предположительно при электрокоагуляции вода очищается при взаимодействии гидроксида алюминия или железа с ионами мышьяка, впоследствии образуются нерастворимые соединения, выпадающие в осадок, которые, в конечном итоге, без труда удаляются при помощи фильтрации. В сравнении с реагентным коагулированием, при электрокоагуляции не происходит загрязнения воды солями металлов. В результате делаем вывод, что проведенные эксперименты имеют актуальность для использования предложенного метода при очистке воды от ионов мышьяка.

### Литература

1. В.С. Путилина, И.В. Галицкая, Т.И. Юганова. Поведение мышьяка в почвах, горных породах и подземных водах. Трансформация, адсорбция / десорбция, миграция: аналит. обзор. Учреждение Рос. акад. наук Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния РАН, Учреждение Рос. акад. наук Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2011. – 249 с.
2. Серова В.А., Коган Б.И. Способы очистки сточных вод и технологических растворов от мышьяка. М.: Цветметинформация, - 1977. - 52 с.
3. M. Kobyay, A. Akyol, E. Demirbas, M.S. Oncel. Removal of arsenic from drinking water by batch and continuous electrocoagulation processes using hybrid Al-Fe plate electrodes, 2013. - 32с.

### References

1. V.S. Putilina, I.V. Galitskaya, T.I. Yuganova. Arsenic behaviour in soils, rocks and groundwater. Transformation, adsorption/desorption, migration: the analyt. review. Establishment Ros. Acad. State Sciences. publichen. scientific and engineering, Bk Sib. Dep-of RAS, Establishment Ros. Acad. Sciences Institute of Geo-ecology them. EM Sergeeva RAS. - Novosibirsk: SPSTL, 2011. - 249 p.
2. Serov VA Kogan BI Methods for wastewater treatment and process solutions from arsenic. M. : Tsvetmetinformatsiya - 1977. - 52 p.
3. M. Kobyay, A. Akyol, E. Demirbas, M.S. Oncel. Removal of arsenic from drinking water by batch and continuous electrocoagulation processes using hybrid Al-Fe plate electrodes, 2013. - 32с.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.139

Новоселова Е.А., Савинцева Ю.И., Сенаторова Е.В.,  
Потеряхин Д.И., Шипунова Т.В.

Ведущие специалисты ЗАО НДЦ «Русская лаборатория», Санкт-Петербург  
**О МЕТОДАХ РАСЧЕТА ЭЛЕВАТОРНЫХ УЗЛОВ**

### Аннотация

*В статье рассматриваются подходы к расчету элеваторных узлов. На основе базовых методов составлен точный метод расчета. На основе экспериментальных данных составлен инженерный метод расчета. Оценена точность разработанного метода. Проанализированы границы применимости методов и даны рекомендации по их использованию.*

**Ключевые слова:** элеваторы, гидравлические потери, методы расчета.

Novoselova E.A., Savinceva Ju.I., Senatorova E.V.,  
Poterjahin D.I., Shipunova T.V.

Lead specialists of ZAO NDC NPF «Russkaja laboratorija», Saint-Petersburg  
**ON THE METHODS FOR MIXING VALVES CALCULATIONS**

### Abstract

*In the present paper there were considered different approaches to mixing valves calculation. There was developed the accurate method of analysis on the base of basic principles. There was developed the engineering approach of analysis on the base of experimental data. Its accuracy was evaluated. There were analyzed the application range of these methods and there were given some recommendations of their correct usage.*

**Keywords:** mixing valves, pressure losses, calculation methods.

Элеваторные узлы до сих пор имеют широкое распространение в системах отопления и еще долгое время будут применяться, несмотря на наметившуюся тенденцию перехода к независимым схемам присоединения систем отопления. Рекомендуемый к употреблению расчетный аппарат для элеваторных узлов разработан профессором Соколовым Е.Я. [4 – 6]. Задачей настоящей работы является сравнительный анализ известных соотношений с целью определения пределов их применимости. Рассматривается также влияние гидравлического сопротивления регулировочных органов на величину коэффициента смешения.

Кратко воспроизведем известные результаты, полученные в [4 – 6], для элеваторов с цилиндрической камерой смешения (ЦКС). Рассмотрим случай расположения выходного среза сопла на входе в цилиндрическую камеру смешения (рис.1).

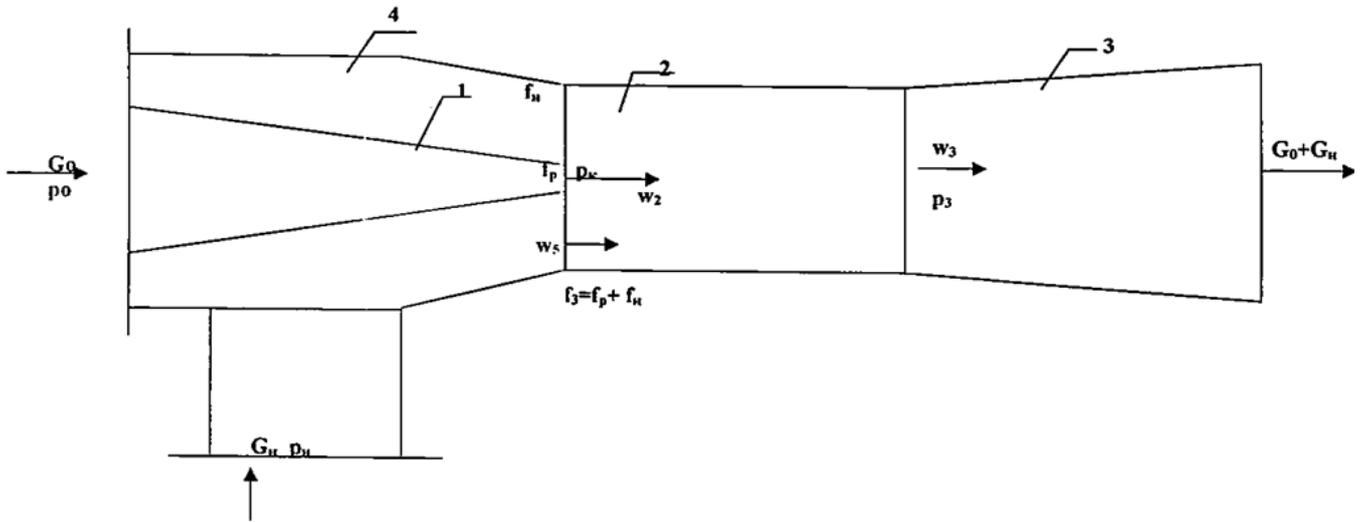


Рис. 1 – Расчетная схема элеватора

Общепринятые обозначения представлены в таблице.

Таблица – Общепринятые обозначения при расчете элеваторов

|  |  |
|--|--|
| $p_0, p_n, p_k, p_3, p_c$<br>$h_2 = p_c - p_n$<br>$h_k = p_n - p_k$<br>$h_0 = p_0 - p_n$ | давления потока перед соплом (0), в приемной камере (н), подмешиваемого потока на входе в ЦКС (к) и на выходе из нее (3), на выходе из диффузора (с) |
| $f_p, f_n, f_3$<br>$f_3 = f_n + f_p$   | площади выходного сечения сопла (р), подмешиваемого потока на входе в ЦКС (н), собственно ЦКС (3)  |
| $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$   | коэффициенты скорости процессов течения в сопле (1), ЦКС (2), диффузоре (3), приемной камере (4)   |
| $G_0, G_n$   | массовые расходы активного и подмешиваемого потоков  |
| $u = G_n / G_0$  | коэффициент смешения   |
| $w_2, w_3, w_5$  | скорости активного потока на выходе из сопла (2), смеси на выходе из ЦКС (3), подмешиваемого потока на входе в ЦКС (5)                               |

На основе уравнения сохранения количества движения, примененного к процессу смешения двух стационарных смешиваемых потоков, имеем:

$$\phi_2 (G_0 w_2 + G_n w_5) - (G_0 + G_n) w_3 = (p_3 - p_k) f_3 \quad (1)$$

Преобразуя (1) на основании уравнения неразрывности и деля на  $G_0^2$ , получим:

$$\begin{aligned} \phi_2 \left( \frac{1}{f_p} + \frac{u^2}{f_n} \right) - (1+u)^2 \cdot \frac{1}{f_3} &= \frac{(h_2 + h_k - 0.5 \rho w_3^2 \phi_3^2) \rho f_3}{2(h_0 + h_k) \rho f_p^2 \phi_1^2} = \\ &= \frac{\left( \frac{h_2}{h_0} + \frac{h_k}{h_0} \right) f_3}{2 \left( 1 + \frac{h_k}{h_0} \right) f_p^2 \phi_1^2} - \frac{(G_0 + G_n)^2 \phi_3^2}{2 G_0^2 f_3} = \frac{\left( \frac{h_2}{h_0} + \frac{h_k}{h_0} \right) f_3}{2 \left( 1 + \frac{h_k}{h_0} \right) f_p^2 \phi_1^2} - \frac{(1+u)^2 \phi_3^2}{2 f_3} \end{aligned}$$

Отсюда найдем точную зависимость для отношения  $h_2 / h_0$ :

$$\frac{h_2}{h_0} = -\frac{h_k}{h_0} + \frac{f_p}{f_3} \phi_1^2 \left( 1 + \frac{h_k}{h_0} \right) \left\{ 2\phi_2 + 2\phi_2 \frac{f_p}{f_n} u^2 + (\phi_3^2 - 2) \frac{f_p}{f_3} (1+u)^2 \right\} \quad (2)$$

Выражение (2) можно преобразовать, умножая на множитель  $(1 - h_k/h_0)$  и применяя подстановки из закона Бернулли при наличии потерь трения ([2]). Пренебрегая малыми слагаемыми, будем иметь следующее выражение ([4]):

$$\frac{h_2}{h_0} \approx \frac{\phi_1^2 \frac{f_p}{f_3} \left\{ 2\phi_2 + \left( 2\phi_2 - \frac{1}{\phi_4^2} \frac{f_3}{f_n} \right) \frac{f_p}{f_n} u^2 - (2 - \phi_3^2) \frac{f_p}{f_3} (1+u)^2 \right\}}{\left[ 1 - \left( \frac{u \phi_1 f_p}{\phi_4 f_n} \right)^2 \right]} \quad (3)$$

В [5] предлагается вместо знаменателя подставлять значение 0,97, а также принимать характерное значение  $f_3/f_n = 1,1$ . В результате, если не учитывать последний множитель, получается соотношение, точность которого для практически значимых условий оценивается Соколовым Е.Я. в 3 – 4%:

$$\frac{h_2}{h_0} \approx 1,03 \phi_1^2 \frac{f_p}{f_3} \left\{ 2\phi_2 + 1,1 \left( 2\phi_2 - \frac{1}{\phi_4^2} \right) \frac{f_p}{f_n} u^2 - (2 - \phi_3^2) \frac{f_p}{f_3} (1 + u)^2 \right\}. \quad (4)$$

В [6] коэффициенты 1,03 и 1,1 заменяются на 1 и приводится соотношение (5), которое рекомендуется использовать в первом приближении и в случае расположения среза сопла на значительном расстоянии перед ЦКС:

$$\frac{h_2}{h_0} \approx \phi_1^2 \frac{f_p}{f_3} \left\{ 2\phi_2 + \left( 2\phi_2 - \frac{1}{\phi_4^2} \right) \frac{f_p}{f_n} u^2 - (2 - \phi_3^2) \frac{f_p}{f_3} (1 + u)^2 \right\}. \quad (5)$$

Именно это равенство является основной режимной характеристикой элеваторных узлов с цилиндрической камерой смещения в современных справочниках и монографиях [1].

Для элеваторов конструкции ВТИ приводятся следующие значения коэффициентов скорости  $\phi_1 = 0,95$ ,  $\phi_2 = 0,975$ ,  $\phi_3 = 0,9$ ,  $\phi_4 = 0,925$  [4 – 6]. Исходя из этих значений, на рисунке 2 представлены зависимости отношения диаметров сопла и ЦКС  $D_p/D_3$  в функции  $h_2/h_0$  в соответствии с точным уравнением (2) и приближенным равенством (5).

Отсюда видно, что для заданного коэффициента смещения существуют три ветви для уравнения (5) и только две ветви для уравнения (2). Верхняя ветвь уравнения (5) является нефизической, так как она не удовлетворяет исходному уравнению количества движения (1). В то же время видно, что оптимальные режимы работы элеваторных узлов, которым соответствуют максимальные напоры на выходе из элеватора при заданном значении  $u$ , практически совпадают при определении их из (2) и (5). Следует отметить, что нижние две ветви уравнения (2) не противоречат законам сохранения, и их существование подтверждают экспериментальные данные [3].

Для элеватора расчетной является линия оптимальных режимов, показанная штрих-пунктиром на рисунке 2. Однако на практике часто имеются отклонения в отношениях диаметров от оптимальных значений, что приводит к режимам, соответствующим как нижней, так и верхней ветвям.

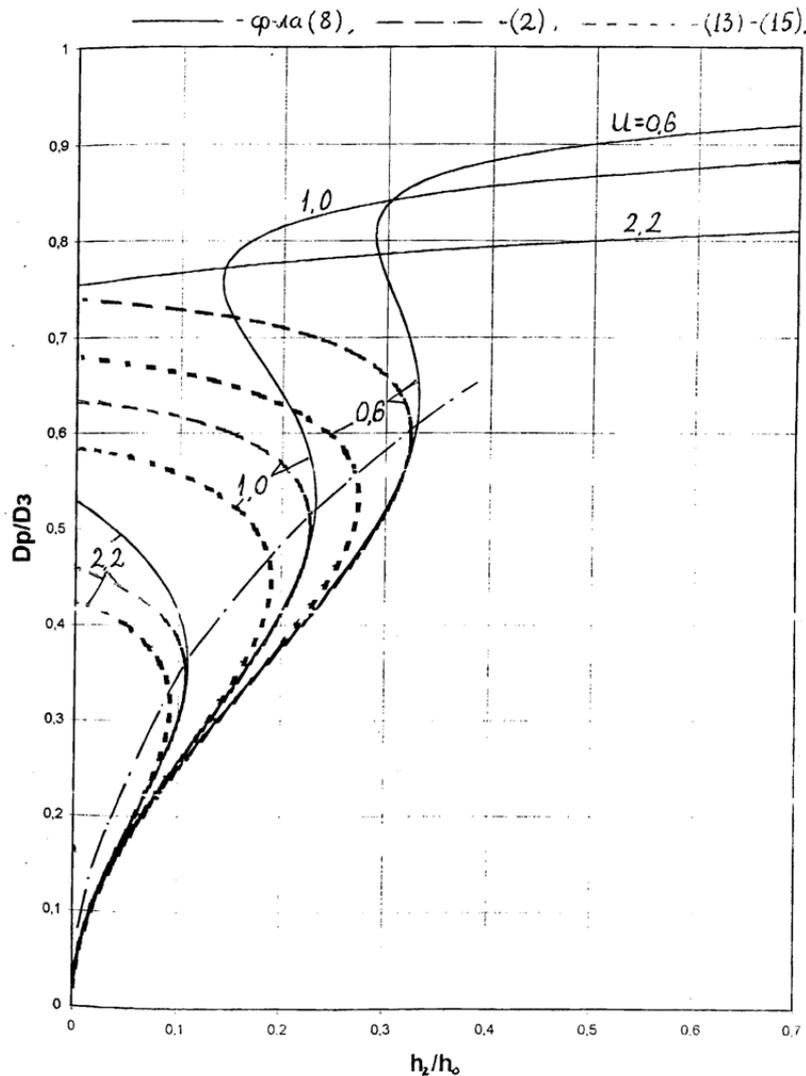


Рис. 2 – Зависимость  $D_p/D_3$  ( $h_2/h_0$ )

Анализ зависимостей, приведенных на рисунке 2, показывает, что при работе на верхней ветви приближенное уравнение (5) может давать значительное завышение напора, создаваемого элеваторным узлом. Очевидно, что при

высоких значениях  $D_p / D_3$  существует максимальное значение коэффициента смещения. Например, при  $D_p / D_3 = 0,6$  значение  $u = 2,2$  принципиально недостижимо.

Подводя итоги, необходимо отметить следующее. Расчетные соотношения для определения напоров, создаваемых элеваторными узлами с цилиндрической камерой смещения, рекомендуемые к применению, имеют достаточную точность для оптимальных режимов и нижней ветви режимной кривой. Для верхней ветви при высоких отношениях диаметров сопла и цилиндрической камеры смещения погрешность может быть весьма значительной, особенно при низких значениях коэффициента смещения. Кроме того, как точные, так и приближенные режимные характеристики элеваторных узлов, рекомендованные к применению, несправедливы для малых значений коэффициентов смещения в связи с возникновением отрыва активной струи от стенок цилиндрической камеры смещения.

#### Литература

1. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов и др. Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. М.: Энергоатомиздат, 1988. 376 с.
2. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. М.: Машиностроение, 1982. 433 с.
3. Сафонов А.П., Воронкова Н.А. Характеристики водоструйных элеваторов конструкции ВТИ-Теплосеть Мосэнерго // Электрические станции. 1966. №7. С. 23 – 26.
4. Соколов Е.Я. Тепловые сети. М.-Л.: Госэнергоиздат. 1948, 384 с.
5. Соколов Е.Я., Громов Н.К., Сафонов А.П. Эксплуатация тепловых сетей. Под ред. проф. Соколова Е.Я. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955. 352 с.
6. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.: Энергия, 1970. 286 с.

#### References

1. Vodjanye teplovyje seti: Spravochnoe posobie po proektirovaniju / I.V. Beljajkina, V.P. Vital'ev, N.K. Gromov i dr. Pod red. N.K. Gromova, E.P. Shubina. M.: Jenergoatomizdat, 1988. 376 s.
2. Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody / T.M. Bashta, S.S. Rudnev, B.B. Nekrasov i dr. M.: Mashinostroenie, 1982. 433 s.
3. Safonov A.P., Voronkova N.A. Harakteristiki vodostrujnyh jelevatorov konstrukcii VTI-Teploset' Mosjenergo // Jelektricheskie stancii. 1966. №7. S. 23 – 26.
4. Sokolov E.Ja. Teplovyje seti. M.-L.: Gosjenergoizdat. 1948, 384 s.
5. Sokolov E.Ja., Gromov N.K., Safonov A.P. Jekspluatacija teplovyh setej. Pod red. prof. Sokolova E.Ja. M.-L.: Gosjenergoizdat, 1955. 352 s.
6. Sokolov E.Ja., Zinger N.M. Strujnye apparaty. M.: Jenergija, 1970. 286 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.128

Савинцева Ю.И., Сенаторова Е.В., Смирнов А.И., Шабалин М.В., Хазиев Р.А.

Ведущие специалисты ЗАО НДЦ «Русская лаборатория», Санкт-Петербург  
**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЭЛЕМЕНТАХ  
 САНИРОВАННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Аннотация*

*В статье рассматривается изменение гидравлического режима в элементах санированных трубопроводов. Представлен метод расчета снижения гидравлических потерь в санированных элементах трубопроводов. Произведена оценка снижения гидравлических потерь в элементах трубопроводов после санации.*

**Ключевые слова:** санация трубопроводов, гидравлические потери, методы расчета.

Savinceva Ju.I., Senatorova E.V., Smirnov A.I., Shabalin M.V., Haziev R.A.

Lead specialists of ZAO NDC NPF «Russkaja laboratorija», Saint-Petersburg

**THE METHOD FOR PRESSURE LOSSES CALCULATION IN THE SLIPLINED PIPELINES ELEMENTS**

*Abstract*

*In the present paper there was considered changing of the hydraulic operation in the sliplined pipelines elements. There was performed the method for calculation of pressure losses decreasing in the sliplined pipelines elements. There was estimated average pressure losses decreasing in the pipelines elements after the sliplining process.*

**Keywords:** pipelines sliplining, pressure losses, calculation methods.

**Н**еизбежное старение трубопроводов тепловых сетей неотрывно связано с процессом их реконструкции. Так, в Санкт-Петербурге ежегодно реконструируется от 50 до 100 км магистральных и квартальных тепловых сетей [5]. Процесс полной реконструкции, как известно, связан с дорогостоящим вскрытием грунта над поверхностью всей теплотрассы и сопутствующим нарушением коммуникаций и благоустройства территории. Кроме того, немаловажным является и тот факт, что полная реконструкция участка тепловой сети при таком подходе в целом ряде случаев может растянуться на несколько лет.

Необходимость снижения издержек для сохранения текущего объема реконструкции тепловых сетей в условиях экономии средств, с одной стороны, и стремление сократить также и сроки реконструкции, с другой, приводят к необходимости поиска новых методов и технологий производства реконструкции. Так, специалистами ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» активно апробируется технология санации реконструируемых участков теплосетей [3, 6]. Суть этого метода состоит в ведении реконструируемый трубопровод специальной вставки, которая при определенных условиях принимает форму трубопровода и затвердевает. Данный метод позволяет существенно

снизить удельные затраты на проведение реконструкции за счет практически полного исключения вскрытия грунта и повысить производительность работ.

При проведении такой процедуры немаловажным остается и факт изменения гидравлического режима в реконструированном участке. С одной стороны, наблюдается некоторое уменьшение проходного сечения трубопровода, что, при равном расходе, приводит к росту гидравлических потерь. С другой стороны, после проведения санации эквивалентная шероховатость трубопровода существенно снижается ([1]), что приводит к снижению гидравлических потерь. Оценка преваляирования того или иного эффекта была проведена в [4]. В [4] было показано, что для случая прямолинейного участка после санации трубопровода удается достичь снижения гидравлических потерь более чем в 2 раза. Эквивалентом этого эффекта является возможность уменьшения диаметра санированного трубопровода по отношению к несанированному на 20%. При этом, однако, в работе [4] не затрагивались вопросы изменения гидравлического режима в элементах теплосетей, таких как отводы, колена, переходы диаметров. В этой связи целью настоящей работы является разработка методики и численная оценка снижения гидравлических потерь в элементах тепловых сетей:

- литых и секционных отводах;
- коленах.

Вначале рассмотрим основные соотношения для определения потерь давления в исследуемых элементах, являющимися местными сопротивлениями. Будем придерживаться терминологии, принятой авторами [4]. Потери давления в литом отводе при  $R_0/d < 3$  выражаются соотношением ([2]):

$$\Delta p = \left( 0,0175 \frac{\delta \lambda_{mp} R_0}{d} + ABC \right) \cdot \frac{\rho V^2}{2}, \quad (1)$$

где:  $R_0$  – радиус закругления отвода, м;  $\delta$  – угол поворота в отводе, град.;  $A$  – коэффициент, учитывающий влияние угла поворота в отводе;  $B$  – коэффициент, учитывающий влияние относительного радиуса закругления  $R_0/d$  отвода;  $C$  – коэффициент, учитывающий влияние относительной вытянутости поперечного сечения отвода (для отвода с круглым поперечным сечением коэффициент равен 1). Коэффициент  $A$  в формуле (1) при  $\delta = 90^\circ$  равен 1, при  $\delta < 70^\circ$   $A \approx 0,9 \cdot \sin \delta$ . Коэффициент  $B$  в формуле (1) для отводов с  $R_0/d \geq 1,0$  вычисляется в соответствии с выражением:

$$B = \frac{0,21}{\sqrt{R_0/d}}. \quad (2)$$

Для секционных отводов суммарные потери давления для переходной и квадратичной областей выражаются соотношением ([2]):

$$\Delta p = \left( k_\Delta \zeta_m + \zeta_{mp} \right) \cdot \frac{\rho V^2}{2}, \quad (3)$$

где:  $k_\Delta$  для переходной и квадратичной областей принимается равным 2 для несанированного отвода и  $k_\Delta = 1 + \bar{\Delta} \cdot 10^3$  для санированного отвода. Коэффициенты местного сопротивления  $\zeta_m$  для трехзвенных отводов с углами поворота  $45^\circ$  и  $60^\circ$  равны, соответственно, 0,11 и 0,15. Коэффициенты потерь трения для трехзвенных отводов с углами поворота  $45^\circ$  и  $60^\circ$  определяются следующим образом ([2]):

$$\zeta_{mp} = 0,398 \frac{\lambda_{mp} R_0}{D_0}, \quad (4)$$

$$\zeta_{mp} = 0,536 \frac{\lambda_{mp} R_0}{D_0}. \quad (5)$$

Для шероховатых колен круглого поперечного сечения суммарные потери давления выражаются соотношением ([2]):

$$\Delta p = k_\Delta A \zeta_m \cdot \frac{\rho V^2}{2}, \quad (6)$$

где:  $k_\Delta$  для переходной и квадратичной областей принимается равным 1,5 для несанированного отвода и  $k_\Delta = 1 + 1,05 \cdot \bar{\Delta} \cdot 10^3$  для санированного отвода. Величины  $A$  и  $\zeta_m$  в формуле (6) выражаются следующим образом:

$$A = 0,95 + 33,5 / \delta, \quad (7)$$

$$\zeta_m = 0,95 \sin^2 \frac{\delta}{2} + 2,05 \sin^4 \frac{\delta}{2}. \quad (8)$$

В расчетах снижения гидравлических потерь примем граничные условия и значение эквивалентной шероховатости, использованные авторами [4]. Результаты расчетов снижения гидравлических потерь в санированных элементах тепловых сетей приведены в таблицах 1 – 3. Проанализируем полученные результаты.

Таблица 1 – Результаты расчета снижения потерь для литого отвода

|              | $d = 0,200 \text{ м}$ |      |      | $d = 0,400 \text{ м}$ |      |      | $d = 0,600 \text{ м}$ |      |      | $d = 0,800 \text{ м}$ |      |      | $d = 1,000 \text{ м}$ |      |      | $d = 1,200 \text{ м}$ |      |      |
|--------------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|
|              | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  |
| $R_0/d = 1$  | 0,82                  | 0,82 | 0,84 | 0,89                  | 0,90 | 0,91 | 0,94                  | 0,95 | 0,96 | 0,95                  | 0,96 | 0,98 | 0,97                  | 0,98 | 0,99 | 0,98                  | 0,99 | 1,00 |
| $R_0/d = 2$  | 0,97                  | 0,99 | 1,02 | 1,04                  | 1,06 | 1,09 | 1,08                  | 1,10 | 1,14 | 1,09                  | 1,11 | 1,14 | 1,10                  | 1,12 | 1,15 | 1,11                  | 1,13 | 1,16 |
| $R_0/d = 4$  | 2,25                  | 2,25 | 2,25 | 2,50                  | 2,50 | 2,50 | 2,66                  | 2,66 | 2,66 | 2,71                  | 2,71 | 2,71 | 2,77                  | 2,77 | 2,77 | 2,80                  | 2,80 | 2,80 |
| $R_0/d = 6$  | 2,25                  | 2,25 | 2,25 | 2,50                  | 2,50 | 2,50 | 2,66                  | 2,66 | 2,66 | 2,71                  | 2,71 | 2,71 | 2,77                  | 2,77 | 2,77 | 2,80                  | 2,80 | 2,80 |
| $R_0/d = 10$ | 2,25                  | 2,25 | 2,25 | 2,50                  | 2,50 | 2,50 | 2,66                  | 2,66 | 2,66 | 2,71                  | 2,71 | 2,71 | 2,77                  | 2,77 | 2,77 | 2,80                  | 2,80 | 2,80 |

Таблица 2 – Результаты расчета снижения потерь для секционного отвода

|              | $d = 0,200 \text{ м}$ |      |      | $d = 0,400 \text{ м}$ |      |      | $d = 0,600 \text{ м}$ |      |      | $d = 0,800 \text{ м}$ |      |      | $d = 1,000 \text{ м}$ |      |      | $d = 1,200 \text{ м}$ |      |      |
|--------------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|
|              | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  | 45°                   | 60°  | 90°  |
| $R_0/d = 1$  | 1,36                  | 1,36 | 1,36 | 1,57                  | 1,57 | 1,57 | 1,69                  | 1,68 | 1,68 | 1,73                  | 1,73 | 1,73 | 1,77                  | 1,77 | 1,77 | 1,80                  | 1,80 | 1,80 |
| $R_0/d = 2$  | 1,39                  | 1,39 | 1,51 | 1,60                  | 1,59 | 1,70 | 1,71                  | 1,71 | 1,82 | 1,76                  | 1,76 | 1,86 | 1,80                  | 1,80 | 1,89 | 1,82                  | 1,82 | 1,92 |
| $R_0/d = 4$  | 1,45                  | 1,45 | 2,32 | 1,65                  | 1,65 | 2,58 | 1,77                  | 1,77 | 2,76 | 1,81                  | 1,81 | 2,82 | 1,85                  | 1,84 | 2,88 | 1,87                  | 1,87 | 2,92 |
| $R_0/d = 6$  | 1,50                  | 1,50 | 1,23 | 1,70                  | 1,70 | 1,45 | 1,81                  | 1,81 | 1,57 | 1,85                  | 1,85 | 1,62 | 1,89                  | 1,89 | 1,67 | 1,91                  | 1,91 | 1,70 |
| $R_0/d = 10$ | 1,59                  | 1,58 | 1,84 | 1,78                  | 1,78 | 2,03 | 1,89                  | 1,89 | 2,15 | 1,93                  | 1,93 | 2,19 | 1,97                  | 1,96 | 2,22 | 1,99                  | 1,99 | 2,24 |

Таблица 3 – Результаты расчета снижения потерь для колена

|                       | 45°  | 60°  | 90°  |
|-----------------------|------|------|------|
| $d = 0,200 \text{ м}$ | 1,17 | 1,17 | 1,17 |
| $d = 0,400 \text{ м}$ | 1,29 | 1,29 | 1,29 |
| $d = 0,600 \text{ м}$ | 1,34 | 1,34 | 1,34 |
| $d = 0,800 \text{ м}$ | 1,37 | 1,37 | 1,37 |
| $d = 1,000 \text{ м}$ | 1,39 | 1,39 | 1,39 |
| $d = 1,200 \text{ м}$ | 1,40 | 1,40 | 1,40 |

Анализ полученных результатов показывает следующее. Для случая литых отводов снижение потерь достигает существенной величины лишь в случае  $R_0/d \geq 3$ .

Для секционных отводов с ростом диаметра снижение потерь начинает принимать существенные значения (до 2 раз). Необходимо также отметить, что если для секционных отводов с углами поворота 45° и 60° снижение потерь в санированном отводе монотонно увеличивается с ростом  $R_0/d$ , то для секционного отвода с углом поворота 90°, очевидно, существует некоторая оптимальная конфигурация отвода, при которой снижение потерь в санированном отводе достигает максимума.

Для колен снижение потерь не зависит от угла поворота в колене и определяется диаметром поперечного сечения колена.

Подводя итоги, необходимо отметить, что если для случая прямолинейного участка тепловой сети санация трубопровода позволяет существенно снизить потери давления, то для технологических элементов теплосетей такого эффекта не наблюдается. В этих элементах преобладают потери за счет местных сопротивлений. В этой связи уменьшение диаметра технологических элементов при санации теплосетей не рекомендуется, поскольку может привести к существенному росту гидравлических потерь на всем санируемом участке.

## Литература

1. Гидравлические потери на трение в водоводах электростанций / А.Д. Альтшуль, Ю.А. Войтинская, В.В. Казеннов, Э.Н. Полякова. М.: Энергоатомиздат, 1985. 104 с.
2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
3. Николаев А.Э., Сафонов А.А. Санация тепловых сетей методом цементирования // Новости теплоснабжения. 2011. №11 (135). С. 18 – 23.
4. О возможности применения новой технологии при ремонтах трубопроводов теплосетей / Файнштейн А.В., Мусиенко Л.В., Самсонова Л.В., Некрасова О.Г. // Журнал международного научного института Educatio. 2015. №6 (13) Часть 2. С. 12 – 14.
5. О методах НК, применяемых для диагностики трубопроводов тепловых сетей / Л.В. Поленова, Н.В. Черновец, Н.В. Иванов, Д.Е. Чуйко // В мире неразрушающего контроля. 2009. №4 (46). С. 25 – 28.
6. Помаскина Т.И. Перспективный метод // ЖКХ: технологии и оборудование. 2008. №12. С. 30 – 31.

## References

1. Gidravlicheskie poteri na trenie v vodovodah jelektrostantsij / A.D. Al'tshul', Ju.A. Vojtinskaja, V.V. Kazennov, Je.N. Poljakova. M.: Jenergoatomizdat, 1985. 104 s.
2. Idel'chik I.E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivlenijam. 3-e izd., pererab. i dop. M.: Mashinostroenie, 1992. 672 s.
3. Nikolaev A.Je., Safonov A.A. Sanacija teplovyh setej metodom cementirovanija // Novosti teplosnabzhenija. 2011. №11 (135). S. 18 – 23.
4. O vozmozhnosti primeneniya novoj tehnologii pri remontah truboprovodov teplosetej / Fajnshtejn A.V., Musienko L.V., Samsonova L.V., Nekrasova O.G. // Zhurnal mezhdunarodnogo nauchnogo instituta Educatio. 2015. №6 (13) Chast' 2. S. 12 – 14.
5. O metodah NK, primenjaemyh dlja diagnostiki truboprovodov teplovyh setej / L.V. Polenova, N.V. Chernovec, N.V. Ivanov, D.E. Chujko // V mire nerazrushajushhego kontrolja. 2009. №4 (46). S. 25 – 28.
6. Pomaskina T.I. Perspektivnyj metod // ZhKH: tehnologii i oborudovanie. 2008. №12. S. 30 – 31.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.127

Савинцева Ю.И., Сенаторова Е.В., Смирнов А.И., Шабалин М.В., Хазиев Р.А.

Ведущие специалисты ЗАО НДЦ «Русская лаборатория», Санкт-Петербург

## О МЕТОДАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕАКТОРОВ

Аннотация

*В статье рассматривается метод оценки технического состояния промышленных реакторов. Приведена последовательность технического освидетельствования. Рассмотрен объем неразрушающего контроля. Даны ссылки на необходимую нормативную документацию.*

**Ключевые слова:** промышленные реакторы, оценка технического состояния, неразрушающий контроль.

Savinceva Ju.I., Senatorova E.V., Smirnov A.I., Shabalin M.V., Haziev R.A.

Lead specialists of ZAO NDC NPF «Russkaja laboratorija», Saint-Petersburg

## ON THE METHODS OF LARGE-SCALE REACTORS INTEGRITY ESTIMATION

Abstract

*In the present paper there was considered the method for large-scale reactors integrity estimation. There was given the sequence of their integrity estimation. The scope of the nondestructive testing was considered. There were given required regulatory documents references.*

**Keywords:** large-scale reactors, integrity estimation, nondestructive testing.

Старение и постепенный вывод из эксплуатации являются неотъемлемыми факторами, сопровождающими работу производственного оборудования. В условиях значительной наработки последнюю важную роль играют периодические технические освидетельствования во избежание аварий. Одним из видов промышленного оборудования, нуждающегося в периодических технических освидетельствованиях, являются промышленные реакторы.

Как правило, реактор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с двумя полусферическими днищами. Рассмотрим реактор с внутренним диаметром 2600 мм и общей высотой 6860 мм. На полусферических днищах предусмотрены штуцера и люки для входа и выхода среды. Вместимость аппарата – 27,6 м<sup>3</sup>. Цилиндрическая обечайка и днища изготовлены из легированной стали 12Х1МФ. Внутренняя поверхность реактора футерована торкрет-бетоном для защиты корпуса от воздействия высоких температур, коррозии и уменьшения теплопотерь. Снаружи аппарат закрыт предохранительным кожухом. Аппарат предназначен для гидроочистки дизельного топлива и бензина. Реактор эксплуатируется в статическом режиме, при котором колебания давления составляют не более 15% от номинального значения. Рабочие параметры реактора представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рабочие параметры реактора

|  |                                      | Режим реакции  | Режим регенерации |
|--|--------------------------------------|--|-------------------|
| Рабочие параметры                          | Давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 5,65 (56,5)  | 1,5 (15,0)        |
|  | Температура (среды), °С              | 425  | 550               |
| Расчетные параметры                        | Давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 6,5 (65,0)   |                   |
|  | Температура (стенки), °С             | обечайка, полусферические днища – 350<br>штуцеры - 400 |                   |
| Разрешенные параметры                      | Давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 5,65 (56,5)  | 0,3 (3,0)         |
|  | Температура (среды), °С              | 425  | 550               |
|  | Температура (стенки), °С             | 200  | 200               |
| Фактические параметры (по схеме включения) | Давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 5,0 (50,0)   | 0,3 (3,0)         |
|  | Температура (среды), °С              | 425  | 530               |

При оценке технического состояния реакторов опираются на перечень нормативной документации [4, 6, 8]. Оценка технического состояния проводится в несколько этапов.

На первом этапе в соответствии с требованиями [6] осуществляется анализ технической документации. Проверяется наличие и содержание следующих документов:

- паспорт реактора;
- чертеж реактора;
- схема включения реактора;
- расчет на прочность реактора.

На втором этапе осуществляется визуальный контроль аппарата в соответствии с [7, 8]. Контролируется:

- уровень намокания изоляции;
- геометрия корпуса, отсутствие недопустимых дефектов в виде вмятин, гофр, коррозии и т.д.;
- отсутствие механических повреждений;
- состояние фланцевых соединений и крепежа;
- отсутствие видимых дефектов сварных швов.

На третьем этапе осуществляется ультразвуковой контроль стенок аппарата и сварных швов в соответствии с [6, 8]. Выборочно осуществляется цветная дефектоскопия в зонах возможного образования микротрещин согласно [1]. В объем ультразвукового контроля входит:

- 1) Ультразвуковая толщинометрия:
  - цилиндрической обечайки;
  - верхнего и нижнего днища;
  - люк-лазов;
  - штуцеров и крышек штуцеров.
- 2) Ультразвуковой контроль мест пересечений сварных швов.

По результатам проведенных измерений проводятся поверочный расчет на рабочие параметры и расчет остаточного ресурса аппарата. Поверочный расчет на рабочие параметры осуществляется для всех элементов аппарата, на которых обнаружены следы коррозии основного металла. Методика поверочного расчета элементов реакторов приведена, например, в [3]. По результатам расчета определяются отбраковочные толщины элементов.

Расчет остаточного ресурса выполняется в соответствии с требованиями [4]. Расчет проводится для конструктивных элементов, у которых в процессе эксплуатации зафиксировано снижение толщины стенок по сравнению с данными паспорта.

Наконец, на последнем этапе проводятся пневмоиспытания реактора в соответствии с [5]. При этом одновременно осуществляется акустико-эмиссионный контроль с целью поиска развивающихся под нагрузкой дефектов. Завершающий этап осуществляется с учетом требований [2].

В заключение стоит отметить, что в настоящей работе рассмотрены основные этапы технического освидетельствования промышленных реакторов, показан оптимальный объем и продолжительность этих этапов, приведены необходимые ссылки на нормативную документацию.

#### Литература

1. ГОСТ 18442-80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования».
2. ГОСТ 20415-82 «Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения».
3. ГОСТ Р 52857.2 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек».
4. ДиОР-05 «Методика диагностирования технического состояния и определения остаточного ресурса технологического оборудования нефтеперерабатывающих, нефтехимических производств».
5. ПБ 03-584-03 «Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных».
6. РД 03-421-01 «Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов».
7. РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю».

8. СТО СА-03-004-2009 «Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковке».

#### References

1. GOST 18442-80 «Kontrol' nerazrushajushhij. Kapilljarnye metody. Obshhie trebovanija».
2. GOST 20415-82 «Kontrol' nerazrushajushhij. Metody akusticheskie. Obshhie polozenija».
3. GOST R 52857.2 «Sosudy i apparaty. Normy i metody rascheta na prochnost'. Raschet cilindricheskikh i konicheskikh obechaek, vypuklyh i ploskih dnishh i kryshek».
4. DiOR-05 «Metodika diagnostirovanija tehničeskogo sostojanija i opredelenija ostatochnogo resursa tehnologičeskogo oborudovanija neftepererabatyvajushhij, neftehimičeskijh proizvodstv».
5. PB 03-584-03 «Pravila proektirovanija, izgotovlenija i priemki sudov i apparatov stal'nyh svarynyh».
6. RD 03-421-01 «Metodicheskie ukazanija po provedeniju diagnostirovanija tehničeskogo sostojanija i opredeleniju ostatochnogo sroka sluzhby sudov i apparatov».
7. RD 03-606-03 «Instrukcija po vizual'nomu i izmeritel'nomu kontrolju».
8. СТО СА-03-004-2009 «Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковке».

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.112

Савинцева Ю.И., Сенаторова Е.В., Смирнов А.И., Шабалин М.В., Хазиев Р.А.

Ведущие специалисты ЗАО НДЦ «Русская лаборатория», Санкт-Петербург

#### ОПЫТ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

#### Аннотация

*В статье рассматривается использование результатов неразрушающего контроля баллона высокого давления для построения конечно-элементной модели. Сформулированы требования к расчетной модели для получения физических результатов. Проведена апробация разработанной модели в рамках натурных измерений.*

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, механика разрушения, напряженно-деформированное состояние.

Savinceva Ju.I., Senatorova E.V., Smirnov A.I., Shabalin M.V., Haziev R.A.

Lead specialists of ZAO NDC NPF «Russkaja laboratorija», Saint-Petersburg

#### EXPERIENCE IN JOINT APPLICATION OF THE FRACTURE MECHANICS AND NONDESTRUCTIVE TESTING

#### Abstract

*In the present paper there was considered usage of the nondestructive testing results of the high pressure vessel for creation of the finite element model. The main requirements for the adequate physical model were formulated. There were provided testing and calibration of the model in full-scale conditions.*

**Keywords:** nondestructive testing, fracture mechanics, strain-stress state.

Внедрение механики разрушения в практику обоснования работоспособности и долговечности конструкций сдерживается трудностями, возникающими при интеграции данных неразрушающего контроля технологических и эксплуатационных повреждений (несплошностей). Современные информационные технологии позволяют смоделировать и рассчитать практически любые повреждения технических устройств в независимости от их сложности. Основная проблема заключается в том, что расчетчики требуют от специалистов, занимающихся методами неразрушающего контроля, такого набора исходных данных, которого последние просто не в состоянии обеспечить. В результате, решение о допуске в эксплуатацию или ремонте технических устройств принимаются не на основании расчетов на прочность, а из опыта эксплуатации или в соответствии с технологической документацией. Это приводит к неоправданному завышению объема ремонтных работ и часто не повышает прочность конструкции, а, наоборот, снижает её.

Выходом из сложившейся ситуации видится применение консервативных расчетных схем по результатам неразрушающего контроля при минимуме исходных данных. Под консервативностью следует понимать гарантированное незавышение расчетных величин предельной нагрузки, критических размеров сплошностей, числа циклов нагружения до разрушения по отношению к истинным.

Одна из таких консервативных расчетных схем была применена в 2009 году сотрудниками ЗАО НДЦ «Русская лаборатория» при проведении экспертизы промышленной безопасности баллонов высокого давления (расчетное давление – 20 МПа) гидравлических систем прокатного стана. Баллоны объемом 9300 л внутренним диаметром 1290 мм с толщиной стенки 100 мм были изготовлены из листовой стали марки 16ГС и предназначались для поддержания постоянного уровня масла в гидравлической системе.

Проведенная ультразвуковая толщинометрия одного из баллонов выявила в нижней части корпуса значительные отличия фактических значений толщины стенки от её паспортных значений. По результатам толщинометрии было принято решение об увеличении объема контроля – проведение дополнительного контроля основного металла по 1-ому классу сплошности в соответствии с [1 – 3]. Для этого на основании полученных ранее результатов была локализована и подготовлена для контроля зона основного металла размером 1,5 x 1,5 м.

В процессе проведения дополнительного контроля подготовленной зоны были обнаружены скопления сплошностей условной площадью менее 10 см<sup>2</sup> каждая, расположенные в нескольких плоскостях по толщине листа на глубинах 26..37 мм и 54..70 мм по всей контролируемой зоне. Расстояния между их условными границами были

менее 15 мм. В соответствии с [1] выявленные несплошности были объединены в одну зону несплошностей, условная площадь которой составила 2,25 м<sup>2</sup> и превысила допустимую норму 1-го класса сплошности – 2,0 м<sup>2</sup>.

В связи с полученными результатами было решено провести уточненный расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) корпуса баллона для уточнения информации о несущей способности баллона и остаточном ресурсе. В процессе расчета все виды несплошностей (поры, включения, расслоения и т.д.) рассматривались в качестве эллиптических подповерхностных трещин с полуосями  $a$  и  $c$  в соответствии с рекомендациями, изложенными в [4, 5] (рис.1). Минимальный набор исходных данных для схематизации несплошностей включал две величины – площадь несплошности  $F$  и глубину расположения несплошности  $h$ .

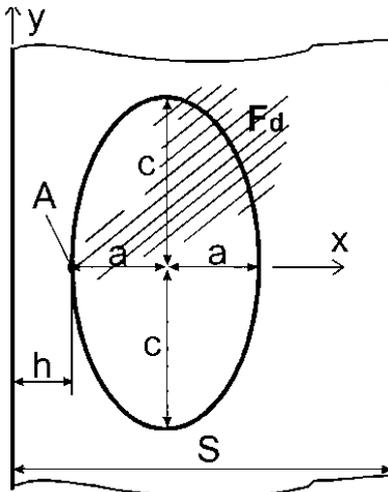


Рис. 1 – Схематизация одиночной несплошности

Площадь несплошности была выбрана в качестве основного исходного параметра в виду того, что если измеренная методами неразрушающего контроля площадь дефекта в 2 раза превышает истинную, то эта погрешность приводит к занижению расчетной предельной нагрузки приблизительно в 1,2 раза. При той же погрешности измерения линейного размера расчетная предельная нагрузка окажется заниженной в 1,4 раза ([4]). Трещины в расчетной модели располагались таким образом, чтобы они максимально ослабляли сечение корпуса баллона. Для этого малая полуось эллипса  $a$  располагалась по нормали к ближайшей свободной поверхности так, чтобы вершина  $A$  малой полуоси и ближайшая к свободной поверхности точка контура дефекта совпадали (рис.1). Полуось  $c$  располагалась в плоскости, нормальной к направлению действия максимальных растягивающих напряжений. Взаимодействие несплошностей учитывалось на стадии составления расчетной модели. Для каждой несплошности определялись  $a_i$  и  $c_i$ , которые нумеровались в порядке убывания  $a_i$ . Если любые две несплошности отвечали условию (1), то они объединялись в одну по формуле (2), после чего рассматривалась система  $m-1$  несплошностей и т.д.

$$f_{ij} < \frac{a_i^2 + a_j^2}{9a_j} \quad (j > i), \quad (1)$$

где:  $f_{ij}$  – минимальное расстояние между двумя несплошностями;  $a_i$  – малая полуось большей несплошности.

$$F = \pi \cdot \left[ 1 - \left( \frac{a_j}{4a_i} \right)^2 \right] \cdot (a_i c_i + a_j c_j) + \left( \frac{a_j}{a_i} \right)^2 \cdot (c_i + c_j) \cdot (f_{ij} + a_i + a_j). \quad (2)$$

В результате использования описанного подхода к аппроксимации и объединению групповых несплошностей была построена конечно-элементная модель корпуса баллона, учитывающая обнаруженные в процессе проведения контроля скопления несплошностей и их взаимодействие. Проведенные в рамках линейной механики разрушения расчеты НДС этой модели показали, что коэффициент интенсивности напряжений нормального отрыва  $K$  в вершине малой полуоси  $a$  нескольких трещин превышает допустимую величину ([6]):

$$[K_1] = \frac{K_{1кр}}{n_k}, \quad (3)$$

где  $K_{1кр}$  – критический коэффициент интенсивности напряжений;  $n_k$  – коэффициент запаса прочности по трещиностойкости. Для рабочих условий  $n_k = 2$ ; для условий испытаний – 1,5. Проведенные в соответствии с программой работ пневматические испытания баллона в сопровождении акустико-эмиссионного контроля подтвердили результаты уточненного расчета НДС, выявив наличие развивающихся дефектов в локализованной зоне. В результате, было принято решение о выводе из эксплуатации обследованного баллона.

Подводя итоги, необходимо отметить, что одним из немаловажных факторов при составлении уточненной расчетной модели выступает именно консервативность. На этом этапе расчетчик должен вручную внедрять в расчетную модель алгоритмы, которые, с одной стороны, обеспечивают физичность воспроизводимых явлений, т.е. их корреляцию с результатами неразрушающего контроля, и, с другой стороны, консервативность, объективность модели. В этой связи рассмотренный подход является весьма трудоемким и пока не подлежащим автоматизации.

#### Литература

- ГОСТ 22727-88 «Прокат листовой. Методы ультразвукового контроля».
- ГОСТ Р 50599-93 «Сосуды и аппараты стальные сварные высокого давления. Контроль неразрушающий при изготовлении и эксплуатации».
- ГОСТ Р 52630-2012 «Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия».

4. Овчинников А.В., Попов А.А., Васильченко Г.С. Основные принципы составления расчетных схем элементов конструкций с несплошностями по данным неразрушающего контроля // Проблемы прочности. 1988. №9. С. 75 – 79.
5. РД ЭО 0330-01 «Руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации».
6. РД 03-421-01 «Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов».

#### References

1. GOST 22727-88 «Prokat listovoj. Metody ul'trazvukovogo kontrolja».
2. GOST R 50599-93 «Sosudy i apparaty stal'nye svarnye vysokogo davlenija. Kontrol' nerazrushajushhij pri izgotovlenii i jekspluatacii».
3. GOST R 52630-2012 «Sosudy i apparaty stal'nye svarnye. Obshhie tehicheskie uslovija».
4. Ovchinnikov A.V., Popov A.A., Vasil'chenko G.S. Osnovnye principy sostavlenija raschetnyh shem jelementov konstrukcij s nesploshnostjami po dannym nerazrushajushhego kontrolja // Problemy prochnosti. 1988. №9. S. 75 – 79.
5. RD JeO 0330-01 «Rukovodstvo po raschetu na prochnost' oborudovanija i truboprovodov reaktornyh ustanovok RBMK, VVJeR i JeGP na stadii jekspluatacii».
6. RD 03-421-01 «Metodicheskie ukazanija po provedeniju diagnostirovanija tehicheskogo sostojanija i opredeleniju ostatochnogo sroka sluzhby sosudov i apparatov».

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.001

Сафаров М.А.

Студент, МГТУ им. Н.Э. Баумана

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕЧЕЙ В ВАКУУМНЫХ УСТАНОВКАХ МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА

*Аннотация*

*В работе приведено математическое моделирование и методика расчета параметров резонансного трансформатора как источника высокочастотного высокого напряжения для обнаружения течей в вакуумных установках. При этом резонансный трансформатор был смоделирован как цепь с сосредоточенными параметрами и как цепь с распределенными параметрами.*

**Ключевые слова:** вакуумная установка, резонансный трансформатор, математическое моделирование, высокочастотное высокое напряжение

Safarov M.A.

Student, Bauman Moscow State Technical University

### MATHEMATICAL MODELING OF GENERATOR FOR LEAKAGE DETECTION IN VACUUM SYSTEMS BY HIGH-FREQUENCY DISCHARGE

*Abstract*

*The article is devoted to mathematical modeling and calculation of parameters of resonance transformer as a high-frequency high voltage supply for detection of leakages in vacuum systems. Resonance transformer was considered as a lumped circuit and as a circuit with distributed parameters.*

**Keywords:** vacuum system, resonance transformer, mathematical modeling, high-frequency high voltage.

Вакуумная техника находит применение во многих областях современной промышленности. При этом большое значение имеют испытания вакуумных установок на герметичность. И одним из достоверных и надёжных методов обнаружения течей в них является метод высокочастотного разряда [1].

В качестве генератора высокого напряжения высокой частоты может быть использован резонансный трансформатор, именуемый также катушкой Тесла (КТ). Для его изготовления необходимо определение его параметров. Моделированию и расчету резонансного трансформатора и посвящена данная работа.

В резонансном трансформаторе длина волны соизмерима с длиной линии, поэтому следует рассматривать его вторичную обмотку как цепь с распределенными параметрами, а точнее, как спиральный резонатор [2]. Так как фазовая скорость электромагнитной волны в открытом пространстве много больше, чем во вторичной обмотке трансформатора Тесла, на границе катушки и газового разряда происходит внутреннее отражение электромагнитной волны [3], и, вследствие этого, в резонансном трансформаторе возможно образование стоячих волн напряжения и тока. При этом, если его длина кратна четверти длины волны, пучности стоячих волн тока и напряжения образуются на его выводах [7], что даёт многократное увеличение амплитуды выходного напряжения.

Рассмотрим КТ как цепь с сосредоточенными параметрами. Вторичная обмотка обладает емкостью и индуктивностью, причем индуктивность является источником ЭДС [4], что позволяет рассматривать эту обмотку как последовательный колебательный контур [11]. Пусть напряжение на входе контура  $u = \text{const}$ , и пусть ток в контуре равен  $i = I_m \sin \omega t$ . Тогда падение напряжения на входе контура [6]:

$$U = RI_m \sin \omega t + \omega LI_m \sin(\omega t + \pi/2) + \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t - \pi/2) \quad (3)$$

при резонансной частоте:

$$U_{R0} = RI_0 = U; \quad U_{L0} = \omega_0 LI_0 = \frac{LI_0}{\sqrt{LC}} = \rho I_0; \quad U_{C0} = \frac{I_0}{\omega_0 C} = \frac{\sqrt{LC} I_0}{c} = \rho I_0 \quad (4)$$

где  $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$  – волновое сопротивление контура.

Абсолютный и относительный ток в контуре равен [6]

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2}} \Rightarrow I_0 = \frac{U}{R} \Rightarrow \tau = \frac{I}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[Q\left(\bar{\omega} - \frac{1}{\bar{\omega}}\right)\right]^2}} \quad (4)$$

Относительные частоты максимумов равны [6]

$$\bar{\omega}_A = \frac{Q}{\sqrt{Q^2 - \frac{1}{2}}}; \quad \bar{\omega}_B = \frac{\sqrt{Q^2 - \frac{1}{2}}}{Q} \quad (5)$$

Также, имеет место равенство [6]

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}\right) = \arctg\left[Q\left(\bar{\omega} - \frac{1}{\bar{\omega}}\right)\right] \quad (6)$$

Общее относительное падение напряжения на входе контура [6]:

$$v = \sqrt{v_R^2 + (v_L - v_C)^2} = \sqrt{1 + \left[Q\left(\bar{\omega} - \frac{1}{\bar{\omega}}\right)\right]^2} \quad (7)$$

Из (1–7) и из данных, полученных опытным путем, следуют формулы (8–14), позволяющие проводить расчет параметров резонансного трансформатора [5, 8, 9].

$$f = \frac{C}{\pi D_2 W_2} \quad (8)$$

где

$f$  – частота тока в КТ (кГц),

$D_2$  – диаметр вторичной обмотки (см),

$W_2$  – количество витков во вторичной обмотке.

$$W_2 = 9,7 \frac{l_2}{d_{2Cu}} \quad (9)$$

где

$l_2$  – длина вторичной обмотки (см),

$d_{2Cu}$  – диаметр провода вторичной обмотки (см).

$$L_2 = \frac{00,1 \cdot W_2^2 \cdot D_2}{\frac{l_2}{D_2} + 0,45} \quad (10)$$

где

$L_2$  – индуктивность вторичной обмотки (мГн).

$$C_{Lsec} = D_2 \left( 0,3777 + 0,0755 \frac{l_2}{D_2} + \frac{2,366}{10^3} \left( \frac{l_2}{D_2} \right)^2 \right) \quad (11)$$

где

$C_{Lsec}$  – емкость вторичной обмотки (пФ).

$$C_{tor} = \left( 1 + \left( 0,2781 - \frac{Td_2}{Td_1} \right) \right) \cdot 2,8 \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot (Td_1 - Td_2) \cdot Td_2}{25,8}} \quad (12)$$

где

$Td_1$  – наружный диаметр тороида (см),

$Td_2$  – диаметр трубы, из которой изготовлен тороид (см),

$C_{tor}$  – емкость тороида (пФ).

$$C_2 = C_{Lsec} + C_{tor} \quad (13)$$

где

$C_2$  – емкость вторичного контура КТ (пФ).

$$\frac{10^6}{2\pi\sqrt{(L_2 \cdot C_2)}} \quad (14)$$

Для определения выходного напряжения и проверки методики расчета резонансной частоты КТ проведено моделирование в среде PSPICE. В данной модели индуктивность первичной обмотки КТ равна 30.7 нГн, индуктивность вторичной обмотки равна 40.7 мГн, емкость вторичного контура равна 18.749 пФ, его сопротивление – 90 Ом, коэффициент связи между обмотками равен 0.495, сопротивление цепи первичной обмотки равно 1 Ом, напряжение питания – гармоническое, с амплитудой 42 В. Модель представлена на рис. 1.

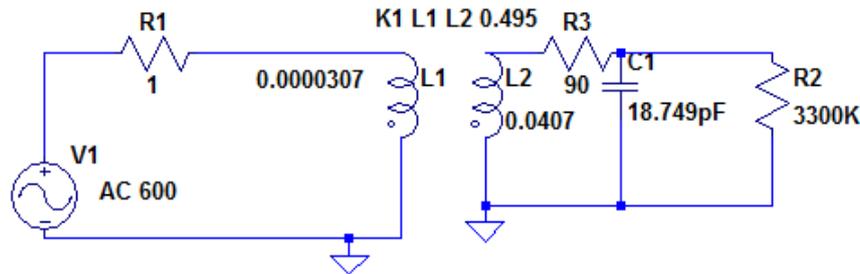


Рис.1 – Модель КТ в среде PSPICE

В результате моделирования определена резонансная частота контура вторичной обмотки КТ –  $f_{рез} = 208,3 \text{ кГц}$ , что подтверждает приведенную выше методику ее расчета. Амплитудно–частотная характеристика (АЧХ) и фазо–частотная характеристика (ФЧХ) напряжения на элементах трансформатора представлены на рис. 2.

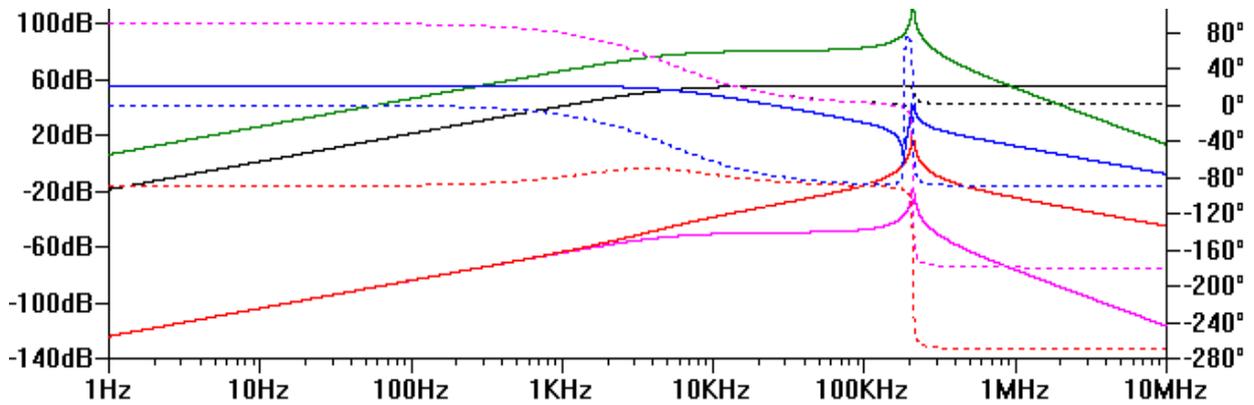


Рис. 2 – АЧХ (сплошная линия) и ФЧХ (пунктирная линия) токов в: L1 (синяя), L2 (красная), R2 (розовая) и напряжений на: L1 (черная), R2 (зеленая)

В режиме резонанса максимальная амплитуда выходного напряжения равна 35 кВ. Соответствующие диаграммы представлены на рис. 3.

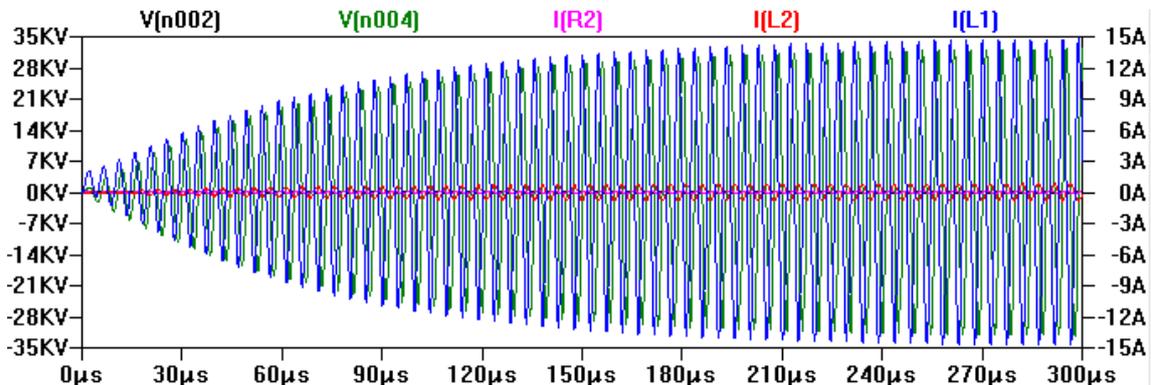


Рис. 3 – Временные диаграммы тока в L1 (синяя), L2 (красная), R2 (розовая), напряжения на L1 (черная), R2 (зеленая) при частоте тока в L1, равной резонансной

Представленное в данной работе моделирование позволяет рассчитать параметры резонансного трансформатора при его проектировании. Нужно отметить, что на основании полученных данных автором был изготовлен опытный образец резонансного трансформатора, лабораторные измерения параметров которого подтвердили правильность математического моделирования.

## Литература

1. Ланис В. А., Левина Л. Е. Техника вакуумных испытаний. – М.; Л.: Гос. энергет. изд-во, 1955. – 214 с.;
2. Corum K., Corum J. RF Coils, Helical Resonators and Voltage Magnification by Coherent Spatial Modes. // Microwave Review. – 2001. – 45 p.;
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. – Издание 7-е, исправленное. – М.: Наука, 1988. – 512 с.;
4. Tesla N. Lectures. Patents. Articles. – Beograd: N. Tesla Museum, 1956. – 715 p.;
5. Tilbury M. The Ultimate Tesla Coil Design. – New York: McGraw-Hill Education TAB, 2007. – 413 p.;
6. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Юрайт, 2007. – 704 с.;
7. Jordan E.C. and Balmain K. Electromagnetic Waves & Radiating Systems. – New Jersey: Prentice-Hall, 1968. – 753 p.;
8. Sarbacher R. and Edson E.W. Hyper and Ultra High Frequency Engineering. – New York: Wiley, 1943. – 353 p.;
9. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. – М: Наука, 1979. – 384 с.;
10. Tesla N. Apparatus for producing electric currents of high frequency and potential // US patent № 568176;
11. Скрипников Ю. Ф. Колебательный контур. – М.: Энергия, 1970. – 128 с.

## References

1. Lanis V.A., Levin L.E. Tekhnika Vakuumnykh Ispytaniy. – М.; Л.: Gos. Energet. Izd-vo, 1955. – 214 p.;
2. Corum K., Corum J. RF Coils, Helical Resonators and Voltage Magnification by Coherent Spatial Modes. // Microwave Review. – 2001. – 45 p.;
3. Landau L.D., Lifshitz E.M. Teoriya Polya. – 7th edition, revised. – М.: Nauka, 1988 – 512 c.;
4. Tesla N. Lectures. Patents. Articles. – Beograd: N. Tesla Museum, 1956. – 715 p.;
5. Tilbury M. The Ultimate Tesla Coil Design. – New York: McGraw-Hill Education TAB, 2007. – 413 p.;
6. Bessonov L.A. Teoreticheskiye Osnovy Elektrotekhniki. Elektricheskkiye Tsepi. – М.: Yurait, 2007. – 704 p.;
7. Jordan E.C. and Balmain K. Electromagnetic Waves & Radiating Systems. – New Jersey: Prentice-Hall, 1968. – 753 p.;
8. Sarbacher R. and Edson E.W. Hyper and Ultra High Frequency Engineering. – New York: Wiley, 1943. – 353 p.;
9. Vinogradova M.B., Rudenko O.V., Sukhorukov A.P. Teoriya Voln. – М: Nauka, 1979. – 384 p.;
10. Tesla N. Apparatus for producing electric currents of high frequency and potential // US patent № 568176;
11. Skripnikov Y.F. Kolebatelny Kontur. – М.: Energia, 1970. – 128 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.077

Тускаева З.Р.<sup>1</sup>, Басиева З.Б.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID:0000-0002-6664-4824, Кандидат экономических наук, <sup>2</sup>аспирант, ФГБОУ ВО Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ)

## ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Аннотация

Экологическое жилье – один из наиболее эффективных способов сохранения природы и здоровья человека. По данным мировой энергетической конференции, около трети всей энергии в странах с умеренным климатом тратится на отопление зданий. Учитывая этот факт, в жилищном секторе нашей страны имеются значительные резервы энергоэкономии. Другая проблема, связанная с экологией – применяемые материалы. К сожалению, зачастую выбор экологичных материалов и внедрение их в строительный процесс остается лишь профессиональным долгом проектировщиков. В условиях, когда экологизация жилья становится одной из острейших проблем, это недопустимо.

**Ключевые слова:** экологическое строительство, теплопотери, ресурсы, материалы.

Tuskaeva Z.R.<sup>1</sup> Basieva Z.B.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-6664-4824, PhD in Economics, <sup>2</sup>postgraduate student, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technical University)

## ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF HOUSING IN MODERN RUSSIA

Abstract

Ecological housing - one of the most effective ways of nature conservation and human health. According to the World Energy Conference, about one-third of all energy in temperate countries is spent on heating buildings. Given this fact, in the residential sector of our country has significant reserves of energy saving. Another problem associated with the environment - the materials used. Unfortunately, often the choice of environmentally friendly materials and their introduction in the construction process is a professional duty to designers. At a time when greening housing has become one of the most acute problems, this is unacceptable.

**Keywords:** ecological construction, heat loss, resources and materials.

Проблемы экологического строительства в нашей стране, как и во всем мире, на сегодняшний день весьма актуальны. Установлено, что, несмотря на рост аллергических заболеваний, снижение общего состояния здоровья населения, в настоящее время не уделяется должного внимания применению в строительстве экологичных материалов. Принятию эффективных мер для обеспечения хорошего качества воздуха внутри ремонтируемых, реконструируемых и строящихся зданий и сооружений.

Экологическое жилье, пожалуй можно отнести к наиболее эффективному способу сохранения природы и здоровья человека. Если говорить о цели экологического жилья, то прежде всего оно связано с уменьшением различных отрицательных эффектов от воздействия строительных материалов на окружающую среду и человека. Экологическое предполагает одновременно и умное жилье, предназначенное для использования новейших материалов

и технологий для сохранения исчерпаемых энергетических ресурсов страны. То есть необходимо решение двуединой задачи: обеспечение здоровья населения и сохранение природных источников энергии [1].

По результатам данным мировой энергетической конференции, практически треть всей производимой энергии уходит на отопление зданий в странах с умеренным климатом. При этом, чем суровее климат, тем, очевидно, значительнее эта величина. В России потребление первичной энергии на выработку горячего водоснабжения и тепла для отопления оценивается в 400 миллионов тонн условного топлива в год [2]. Эти цифры говорят о том, что в жилищном секторе России существует значительный резерв энергоэкономии, столь необходимый экономике нашей страны в условиях кризиса.

Основные теплопотери осуществляется в трех направлениях:

1. Стены, пол и потолок (непрозрачные ограждающие конструкции).
2. Окна и фонари (светопрозрачные конструкции)
3. Процессы воздухообмена

Потери по этим трем составляющим примерно равнозначны, поэтому необходимо применять меры по экономии во всех трех направлениях одновременно.

Приблизительно 30-40 лет назад появилось относительно много дешевых материалов, теплоизоляционные свойства которых в десятки раз превосходили уже известные. К ним относятся: минераловата, стекловата, пенопласт и другие. Этот рынок продолжает активно развиваться и на сегодняшний день. Продолжают появляться более эффективные материалы с улучшенными гигиеническими и экологическими характеристиками, с более высокой теплоизоляционной способностью. В этом случае решается первое направление потерь энергии через стены, потолок и пол.

Второе направление, как было отмечено выше, связано с потерей тепла через светопрозрачные конструкции. Анализ проблемы показал, что в России конкурирует множество разных фирм, производящих новые конструкции окон. Безусловно, что их теплосберегающие характеристики уже значительно лучше, но тем не менее многие западноевропейские образцы, к сожалению, в разы лучше отечественных. Поэтому разработка и внедрение новых более совершенных технологий их разработки является актуальной задачей и требует господдержки в части ужесточения требований к ним в виде технических и санитарных норм.

Для решения задачи потери тепла через вентиляцию имеются десятки различных технических решений и разработок от использования тепловых насосов до улучшения качества внутреннего воздуха без обмена с наружной средой. К сожалению, но в практику строительства они не всегда своевременно внедряются.

Однако, помимо чрезмерных теплопотерь, ведущих к лишним энергозатратам, что отрицательно влияет на экологию, установлено, что одним из мощных источников загрязнения жилых и общественных зданий являются строительные и отделочные материалы, которые применяются при их возведении. По расчетам экспертов, они содержат более 40 наименований, большинство из которых являются полимерами, и при этом являются источником 80% химических веществ, которые обнаруживаются в воздушной среде квартир [3]. В таблице 1 рассмотрены наиболее вредные вещества и указаны строительные материалы, которые их выделяют.

Таблица 1

| <b>Вещества</b> | <b>Источник поступления</b>   |
|-----------------|---|
| Ацетон          | Краски, клеи, лаки, шпатлевки, мастики, и т.д.  |
| Фенол           | ДСП, Линолеумы, ФРП, герлен, мастики, шпатлевки   |
| Этилацетат      | Лаки, краски, мастики, клеи и т.д.  |
| Формальдегид    | ДСП, ДВП, ФРП, пластификаторы, мастики, герлен, шпатлевки, смазки для стальных форм и .д. |
| Стирол          | Теплоизоляционные материалы, отделочные материалы на основе полистиролов                  |
| Бензол          | Линолеумы, мастики, клеи, бетон и цемент с добавлением отходов и т.д.                     |
| Этилбензол      | Краски, пластификаторы, мастики, клеи, линолеумы, бетон с отходами, шпатлевки и т.д.      |
| Толуол          | Лаки, клеи, шпатлевки краски, , мастики и т.д.  |
| Бутанол         | Мастики, смазки, лаки, краски, клеи, линолеумы  |
| Ксилолы         | Герлены, линолеумы, клеи, шпатлевки, , мастики и т.д.                                     |
| Бутилацетат     | Лаки, мастики, краски, шпатлевки и т.д.   |
| Никель          | Цемент, бетон, шпатлевки, материалы с добавлением промышленных отходов                    |
| Хром            | Цемент, бетон, шпатлевки, материалы с добавлением промышленных отходов                    |
| Свинец          | Цемент, бетон, краски, материалы из свинецсодержащих промотходов                          |
| Кобальт         | Красительные и строительные материалы с добавлением промышленных отходов                  |

Анализ отечественного экологического строительства практически показал отсутствие комплексного системного подхода, хотя прецеденты разработки и реализации программ энергосберегающего строительства встречались и ранее. Пока на уровне законодательной базы и технических норм производственные, строительные и эксплуатационные процессы не станут безопасными для людей и окружающей среды, выбор экологичных материалов и их внедрение в строительный процесс останется профессиональным долгом проектировщиков. В создавшихся условиях только на это рассчитывать нельзя. Анализ содержания и реализации программ жилищного строительства показал, что в нашей стране вопросам экологизации жилья не уделяется должного внимания.

Потребительское отношение к окружающей среде, необоснованная убежденность в неисчерпаемости природных источников, сформировавшиеся в нашем обществе, зачастую приводят к бездумному и необоснованному расходованию природных источников энергии. Пора задуматься об экономии невозобновляемых богатств нашей страны и об использовании возможных альтернативных источников энергии в отечественном строительстве.

В заключении хотелось бы отметить, что экодом – это возможность и крайняя необходимость энерго и ресурсосбережения, сохранения здоровья нации. Одно очевидно, что будущее за экологичным строительством.

#### Литература

1. Что такое экологическое жилье? Наука и технологии. [Социально-информационный портал] URL: [www.ecovoice.ru](http://www.ecovoice.ru) (дата обращения 01.12.2015).
2. Лапин Ю.Н. «Экологичное жилье». Автономные дома. Ассоциация профессиональных строителей. [Электронный ресурс] URL: [www.mirwomne.ru](http://www.mirwomne.ru) (дата обращения 02.12.2015).
3. Ерохина С. А. «Методические подходы к формированию и развитию программ экологического жилищного строительства»: Автореф. дис. канд. эк. наук. – Санкт-Петербург, 2013.
4. Санитарно-гигиеническая оценка стройматериалов с добавлением промотходов. Методические указания. МУ 2.1.674-97 (Утв. МИНЗДРАВом РФ 08.08.97)

#### References

1. What is ecological housing? Science and Technology. [Socio-information portal] URL: [www.ecovoice.ru](http://www.ecovoice.ru) (date of treatment 01.12.2015).
2. Lapin Y.N. "Eco-friendly housing." Stand-alone home. Association of professional builders. [Electronic resource] URL: [www.mirwomne.ru](http://www.mirwomne.ru) (date of treatment 02.12.2015).
3. Erokhina S.A. "Methodological approaches to the formation and development of programs for environmental housing": Author. Dis. cand. eq. Sciences. - St. Petersburg, 2013.
4. The sanitary and hygienic assessment of building materials with the addition of industrial waste. Methodical instructions. MU 2.1.674-97 (Approved. Health Ministry 08.08.97)



# AGRIS

*Международный научно-исследовательский журнал теперь индексируется в Agris.*

*Статьи, размещаемые в Agris, имеют статус публикаций ВАК.*

**AGRIS (International System for Agricultural Science and Technology)** – это международная библиографическая база данных с более чем 7.5 млн структурированных библиографических данных по сельскому хозяйству и смежным дисциплинам.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.031

Алимам Х.<sup>1</sup>, Хиннави М.<sup>2</sup>, Альзаин Х.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-4744-6934, Ассистент преподавателя; <sup>2</sup>доцент, Кандидат технических наук;<sup>3</sup>аспирант, Факультет Инженерии и Дизайна, Университет Дамаска**СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ ТОЛЩИНЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ И ЕГО УСТОЙЧИВОСТИ В ТРЕХ ТЕСТАХ НА ТВЕРДОСТЬ***Аннотация*

Целью исследования являлось определение прочности толщины покрытия, которое используется в защитном слое из полиэстера в алюминиевой катушке. Было использовано 120 образцов с алюминиевой подложкой, покрытых полиэстером. Они включали 6 группы с разной толщиной покрытия (1 группа = 73 мкм), (2 группа = 81 мкм), (3 группа = 120 мкм), (4 группа = 150 мкм), (5 группа = 180 мкм) и (6 группа = 210 мкм) из каждой группы было использовано 20 образцов. Прочность была исследована на основании следующих свойств: вдавливание, демпфирование, устойчивость к царапинам; кроме того, была изучена взаимосвязь с толщиной покрытия. Статистические анализы, такие как дисперсионный анализ, тест Крускала-Уоллиса, и испытание по двумерному критерию, были использованы для сравнения среднего показателя зависимости прочности от толщины. В результате исследования была выявлена связь между прочностью (такими ее вдавливание и демпфирование) и толщиной покрытия из полиэстера.

**Ключевые слова:** органическое покрытие, метод Кноопа, дисперсионный анализ, испытание по двумерному критерию, прочность маятника.

Alimam H.<sup>1</sup>, Hinnawi M.<sup>2</sup>, Alzain Kh.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-4744-6934, Teaching Assistant, Mechanical Design Engineering at Damascus University,<sup>2</sup>assistant Professor, PhD in Mechanical Design Engineering, Damascus University,<sup>3</sup>postgraduate Student, Mechanical Design Engineering at Damascus University**STATISTICAL STUDY EVALUATION OF CORRELATION BETWEEN ORGANIC COATING THICKNESS AND THREE HARDNESS TEST METHODS***Abstract*

This study is carried out for determining the effect of coating thickness on Hardness which is used on the protective layer when polyester coating is applied on the aluminum coil. Total 120 samples with aluminum substrate and coated with polyester coating were used for Hardness test. For coating thickness six group were made (Group 1 = 73 μm), (Group 2 = 81 μm), (Group 3 = 120 μm), (Group 4 = 150 μm), (Group 5 = 180 μm) and (Group 6 = 210 μm), for each group Twenty samples were used. Hardness was investigated by using three methods: indentation hardness, damping hardness, and Scratch hardness; in addition we investigated their relationship and the effect of the coating thickness. Statistical analysis (ANOVA Test, Kruskal-Wallis Test & Bivariate Correlate Test) were used to compare mean effect of different thickness on Hardness, and to evaluate correlation between coating thickness and Hardness. According to the result of the study, an excellent correlation between Hardness (indentation hardness, damping hardness) and thickness of polyester coatings is obtained, which is fairly supported by the experimental and statistical data.

**Keywords:** Organic coating, Knoop micro hardness, ANOVA Test, Bivariate correlate, Pendulum hardness.

**INTRODUCTION**

Coating technology was used for protection and acquisition painted aesthetic elements, so many of the industrial products are painted using organic and inorganic materials, to give these products long-term protection under a wide range of causing wear conditions and erosion during the functional age of these Products [1].

Organic coatings are widely applied in many fields, such as in the automotive industry, coil coating used in construction, furniture, ships, containers, and children's toys, for the protection and decoration of substrates [2, 3]. There are many paint systems used in coating which we can highlight, polyamide and Polyurethane (PA \ PU) coating, Acrylic Coating, polyester Coating and Epoxy Coatings, which constitute the most important types of organic coatings used to protect the structure and improve the mechanical properties such as resistance to scratching, wear resistance, hardness and durability [4]. American Society for Testing and Materials ASTM advises to use certain tests to ensure the quality of the characteristics for coated metal sheet. These tests are performed according to a specific standards like; bending test ASTM D4145, impact test ASTM D6905, scratch resistance test ASTM D7027, dry & wet adhesion test ASTM D2197, micro hardness test D1474, abrasion resistance test ASTM D4060, and chemical resistance test ASTM D1308 [1, 5].

Hardness is one of the most important properties of organic coatings, and is commonly used to estimate the mechanical properties of coatings. Although numerous methods have been developed to determine coating's hardness, pendulum hardness and micro hardness tests are the most widely used ones in laboratory research because of their higher accuracy than common methods used in industry such as pencil hardness and nail hardness [6]. Until now, there is no generally recognized method for the quantification of the scratch resistance or surface damage of polymers. Analogous to the indentation hardness, Williams [7] proposed the definition of scratch hardness to characterize the scratch resistance of metals. Other parameters such as tangential hardness, dynamic hardness and specific grooving energy were considered by various authors [8, 9].

Browning et al, [10] have proved in their research where they evaluate the scratch resistance of the polymeric coating, that the low thickness of the coating, will have double effect for each of the substrate and layer of paint on the micro hardness and the scratching hardness as a result of a complex relationship generated between the stresses of both materials. It has been a well-known fact that micro hardness depends greatly on the relative indentation depth (RID, the ratio of indentation depth to thickness of coating) Many models have been proposed to describe the relationship between micro hardness and the RID, which are mainly based on the principle that the measured values of micro hardness are representative of coating/substrate

composite hardness [11, 12]. However, the influenced of thickness of coating on pendulum hardness has not attracted much attention, although pendulum hardness values are generally compared at the same thickness of coating, [13, 14].

Xiao Yang Ma et al. [15] found that the pendulum hardness of acrylic coatings decreases gradually with the increasing thickness of coating within a thickness range, and the sensitivity of pendulum hardness to thickness of coating depends greatly on the glass transition temperature of the coatings.

Hwang et al. [16] studied the pendulum hardness of coatings on different wood substrates and found that the pendulum hardness varies with different kinds of substrates and coatings.

Both Choi & Kim [6], have proved in their research, which have follow three methodologies to evaluate the hardness of epoxy Acrylate coatings. The hardness values are affected by the hardness of the coated material where it was noted that the hard substrate resulting in little coating layer hardness, as well the sensitivity of the tests for hardness of the surface of the paint film tracing the following order: micro hardness – pendulum hardness – scratching hardness using a pencil.

In this study, we investigated the hardness Polyester coating (film) applied to the aluminum sheet (substrate) using the three methods: indentation hardness, damping hardness, and scratch hardness; there we also investigated relationship and the effect of the thickness of coating.

## **MATERIALS AND METHODS:**

### **Research materials:**

In this paper, we used samples of aluminum sheets (substrate) manufactured from the alloy (Aluminum Sheet 6061 T651), where the chemical composition within the permissible limits is depending on the standard specification (ASTM B209) [17]. The sheets were coated with a layer of polyester (coating film) with different thicknesses. The tested samples were obtained from a specialized factory for aluminum coil coating. Samples of aluminum sheet, thickness of 0.25mm and the dimensions (100 X100 mm). A commercial polyester powder coating (TGIC free and glossy type – RAL 6012) [18] was applied by electrostatic spray on the test samples mounted on proper holders, taking care of producing uniform deposition of the powder. Since the properties of a powder coating can vary considerably with its thickness, the test samples were produced with three different thicknesses (low thickness 73, 81  $\mu\text{m}$ , mid thickness 120, 150  $\mu\text{m}$  & high thickness 180, 210  $\mu\text{m}$ ) and at a rate of 29 samples of each thickness.

### **Test method:**

#### **Determination of Indentation hardness:**

The micro hardness test was performed on coated samples by the micro hardness tester (Zeiss Axioskop 40 Micro Hardness Tester MHT 10) (Fig. 1), where this device is available with a Knoop indenter, rhombic-based pyramidal shaped diamond indenter. This indenter has been using during the test and that degree lab temperature during test execution. ASTM D-1474 [19, 20] deal with standard test methods for indentation hardness of organic coating when applied to a plane rigid surface.



Fig. 1 – Zeiss Axioskop 40 Micro Hardness Tester MHT 10

The apparatus was pre-set to apply a Knoop indentation with a 25 g load for 18 seconds normally to the surface to be measured. The length of the long diagonal of the impression was determined by means of a semiautomatic measuring system. The procedure was repeated in five widely spaced locations for each test sample and the results were expressed as the mean value.

#### **Determining the scratch hardness using Hardness pencils test according to Wolff-Willborn “ASTM D3363”:**

The purpose of the pencil test is to determine the hardness of an organic coating referring to the hardness scale of the pencil leads. To determine pencil hardness there are 17 different pencils with harnesses' from 6B to 9H. For hardness testing the pencils, starting with 6B are moved over the coating with an appropriate device at a constant weight and at an angle of 30 – 45°. This practice, usually performed manually, is useful in production control testing but the results obtained may vary between different operators [19, 21]. To obtain more accurate measurements the tests were performed using a mechanical device that allows reproducing the fundamental test conditions (load of 750 $\pm$ 10 g and pencil inclined at an angle of 45 $\pm$ 1°). In terms of “the hardest pencil which does not mark the coating”.

**Determining the Damping hardness:**

A König pendulum hardness tester (PH-5858 Pendulum hardness Tester with König pendulum, BYK-Gardner instruments GmbH) was used to monitor the surface hardness (pendulum hardness values) of polyester coatings with different thicknesses the pendulum hardness of the polyester was measured with respect to the pendulum oscillation time from 6° to 3° at  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $50 \pm 2\%$  R.H., The pendulum hardness test is based on the principle that the harder a measured surface, the greater the amplitude time of pendulum oscillation (ASTM D 4366) [22]. In this study, the pendulum's oscillation time was measured by the count of the pendulum's oscillations with an electronic counter. The number of oscillations for the amplitude to decrease from 6° to 3° was determined to be the König hardness.

**STATISTIC METHOD:****Determining Sample Size from a Given Population:**

To obtain the required sample size (120 samples) from total amount of the sample (given population 174), Krejcie and Morgan [23] table was used to determine the samples size of which will be subject to statistical analysis. For coating thickness six groups were made (Group 1 = 73  $\mu\text{m}$ ), (Group 2 = 81  $\mu\text{m}$ ), (Group 3 = 120  $\mu\text{m}$ ), (Group 4 = 150  $\mu\text{m}$ ), (Group 5 = 180  $\mu\text{m}$ ) and (Group 6 = 210  $\mu\text{m}$ ), Twenty samples were used for each group.

**Statistical analysis:**

For statistical analysis the mean effect of different thickness on micro hardness and pendulum hardness (Scale variables) were compared by using one way ANOVA (parametric analysis of variances), for homogeneity of variances Levene's test was employed at 0.05 significance level and for significant effect parametric Post Hoc Tukey type was employed at 0.05 significance level [24, 25]. Also the mean effect of different thickness group on pencil hardness (ordinal data) was compared by using Kruskal-Wallis test (Nonparametric test) [24]. This test was used on SPSS 17.0. The relationship between thickness Variables and hardness variables was described by using Correlation test. Bivariate Correlate test was used to determine the degree of correlation between the variable of coating thickness and variables of hardness (micro hardness and pendulum hardness). The strength of the correlation was measured by using correlation coefficient (Pearson's Correlation  $r$ ) at statistical significance level 0.01. The strength correlation between the group of thickness and variable of pencil hardness (ordinal data) was measured by using Spearman's rank correlation coefficient  $r_s$  at statistical significance level 0.01 [24, 26]. Regression test was employed to study the mathematical model which describes the correlation between the thickness variables and hardness variables [25].

**RESULTS AND DISCUSSION:**

Pendulum hardness, Knoop micro hardness and Pencil hardness are summarized in Table 1. For pendulum hardness There was statistically significant difference in between all groups,  $F(5,114) = 1073.289$ , ( $P < 0.05$ ). Also Levene's test for homogeneity of variances is not significant ( $P = 0.06 > 0.05$ ) therefore the population variances for each group of pendulum hardness are approximately equal.

Pendulum hardness was the highest in group 1 at 73  $\mu\text{m}$  of coating thickness, followed by the group 2, group 3, group 4, group 5 and group 6. The lowest pendulum hardness was found in group 6 at 210  $\mu\text{m}$  of coating thickness.

For Knoop micro hardness, there was statistically significant difference in between groups all groups,  $F(5,114) = 284.779$ , ( $P < 0.05$ ). Also Levene's test for homogeneity of variances is not significant ( $P = 0.775 > 0.05$ ) therefore the population variances for each group of micro hardness are approximately equal. Micro hardness was the highest in group 1 at 73  $\mu\text{m}$  of coating thickness, followed by the group 2, group 3, group 4, group 5 and group 6. The lowest Micro hardness was found in group 6 at 210  $\mu\text{m}$  of coating thickness.

Table 1 – A summary of results; numbers in each group being 20

| Thickness                    | Knoop Micro Hardness KHN | Pendulum Hardness (number of oscillations) | Pencil Hardness Rank |
|------------------------------|--------------------------|--|----------------------|
| Group 1<br>73 $\mu\text{m}$  |                          |  |                      |
| Mean $\pm$                   | 17.5105 $\pm$            | 181.0764 $\pm$                             | -                    |
| Std. deviation               | 0.943155                 | 5.680224                                   | -                    |
| Mean rank                    | -                        | -  | 97.20                |
| Group 2<br>81 $\mu\text{m}$  |                          |  |                      |
| Mean $\pm$                   | 16.1445 $\pm$            | 140.1928 $\pm$                             | -                    |
| Std. deviation               | 0.803783                 | 8.615833                                   | -                    |
| Mean rank                    | -                        | -  | 87.40                |
| Group 3<br>120 $\mu\text{m}$ |                          |  |                      |
| Mean $\pm$                   | 14.1485 $\pm$            | 106.3976 $\pm$                             | -                    |
| Std. deviation               | 0.911206                 | 7.138865                                   | -                    |
| Mean rank                    | -                        | -  | 67.40                |

Table 1 – A summary of results; numbers in each group being 20 (end)

|  |          |          |         |
|--|----------|----------|---------|
| Group 4<br>150 µm<br>Mean ±<br>Std. deviation<br>Mean rank |          |          |         |
|  | 11.9395± | 83.772±  | -       |
|  | 1.203147 | 6.293601 | -       |
|  | -        | -        | 60.60   |
| Group 5<br>180 µm<br>Mean ±<br>Std. deviation<br>Mean rank |          |          |         |
|  | 9.4845±  | 63.2228± | -       |
|  | 1.148341 | 5.302879 | -       |
|  | -        | -        | 22.68   |
| Group 6<br>210 µm<br>Mean ±<br>Std. deviation<br>Mean rank |          |          |         |
|  | 8.0895±  | 54.9888± | -       |
|  | 0.829936 | 6.082563 | -       |
|  | -        | -        | 27.73   |
| Chi-square   | -        | -        | 80.4867 |
| F- ratio   | 284.7789 | 1073.289 | -       |

The result of the Kruskal-Wallis test indicate that pencil hardness values significantly differ across the thickness groups,  $X^2(5, N= 120) = 80.487, P<0.05$ . According to mean rank, pencil hardness rank was the highest in group 1 at 73 µm of coating thickness, followed by the group 2, group 3, group 4, group 5 and group 6. The lowest pencil hardness was found in group 6 at 210 µm of coating thickness.

The results of experimental tests (pendulum hardness, micro hardness and coating Thickness tests), was illustrated in Fig. 2, which indicates the relationship between coating thickness and mean values of hardness for this coating according to the groups of studied samples. Fig. 3 shows the graphic representation of the micro hardness values and coating thickness values which uses scatter plot [21], which shows form a data flows in a straight line, a negative trend, indicating that the linear relationship between the two variables.

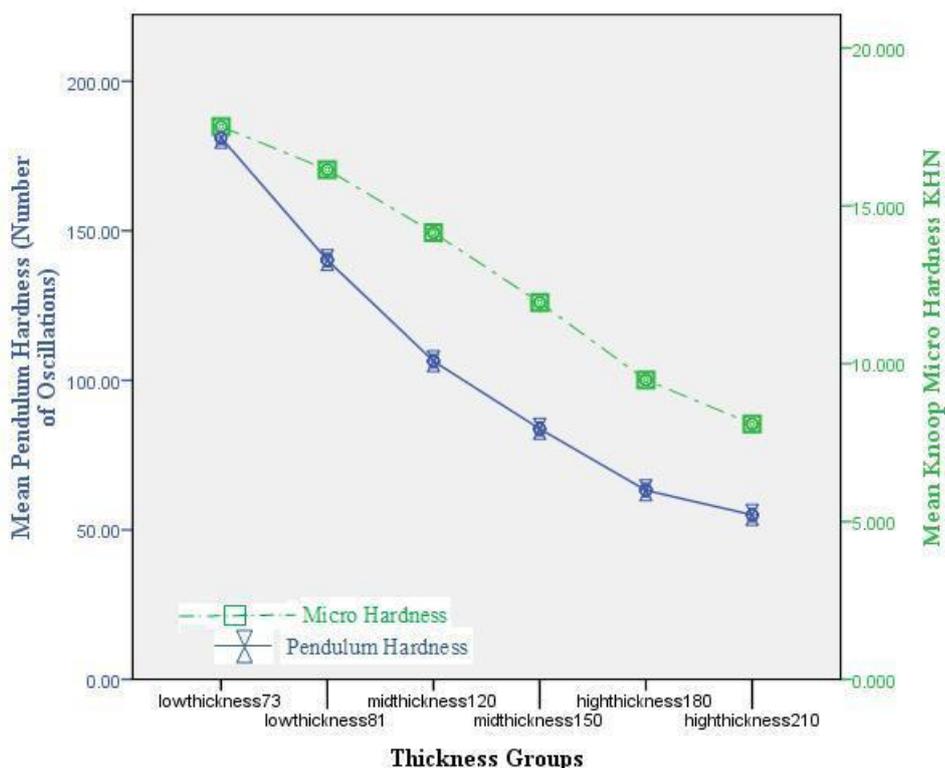


Fig. 2 – Relationship between coating thickness and mean values of hardness for this coating according to the groups of studied samples

This relationship has been studied through the correlate test (Bivariate Correlate Test); the strength of this relationship was obtained from the Table 2. This table confirms the result of the scatter plot in that a significant negative relationship exists between micro hardness and coating thickness, test scours were strongly correlate ( $r(118) = -0.958, P < 0.01$ ). Thus higher micro hardness numbers are associated with lower coating thickness. Regression describes mathematical model between micro hardness and coating thickness. The result of regression is an equation that represents the best prediction of micro hardness number form coating thickness. Coating thickness explains 91.8 percent of the variance in micro hardness number, which is highly significant as indicated by F value of Table 1. The liner regression equation was "micro hardness = 22.126 – 0.068 \* coating thickness,  $R^2 = .918, F(1, 118) = 1328.195, p < 0.01$ ".

Table 2 –Regression & Correlation factors

| Dependent Variable   | Independent Variable (Thickness) |         |            |          |          |          |
|----------------------|----------------------------------|---------|------------|----------|----------|----------|
|                      | Correlation                      |         | Regression |          |          | F        |
|                      | Spearman's rho                   | Pearson | R Square   | constant | b1       |          |
| Knoop Micro Hardness | -                                | - 0.958 | 0.918      | 22.126   | - 0.068  | 1328.195 |
| Pendulum Hardness    | -                                | - 0.943 | 0.937      | 643.147  | -111.186 | 1750.569 |
| Pencil Hardness      | -0.793                           | -       | -          | -        | -        | -        |

For pendulum hardness the relationship between coating thickness and mean values of the pendulum hardness for this coating was illustrated in Fig. 2. Scatter Plot Fig. 4 was used to identify non liner regression between pendulum hardness number and coating thickness number, and this shows non liner regression and negative trend. The strength of this relationship was obtained from Table 2. This table confirms the result of the scatter plot in that a significant negative relationship exists between pendulum hardness and coating thickness and test scours were strongly correlate ( $r(118) = -0.943, P < 0.01$ ). Thus higher pendulum hardness numbers are associated with lower coating thickness.

Curve estimation test describes non liner regression model between Pendulum hardness and coating thickness. Logarithmic model was found between Pendulum hardness variables and coating thickness variables, the result of regression is an equation that represents the best prediction of Pendulum hardness number form coating thickness.

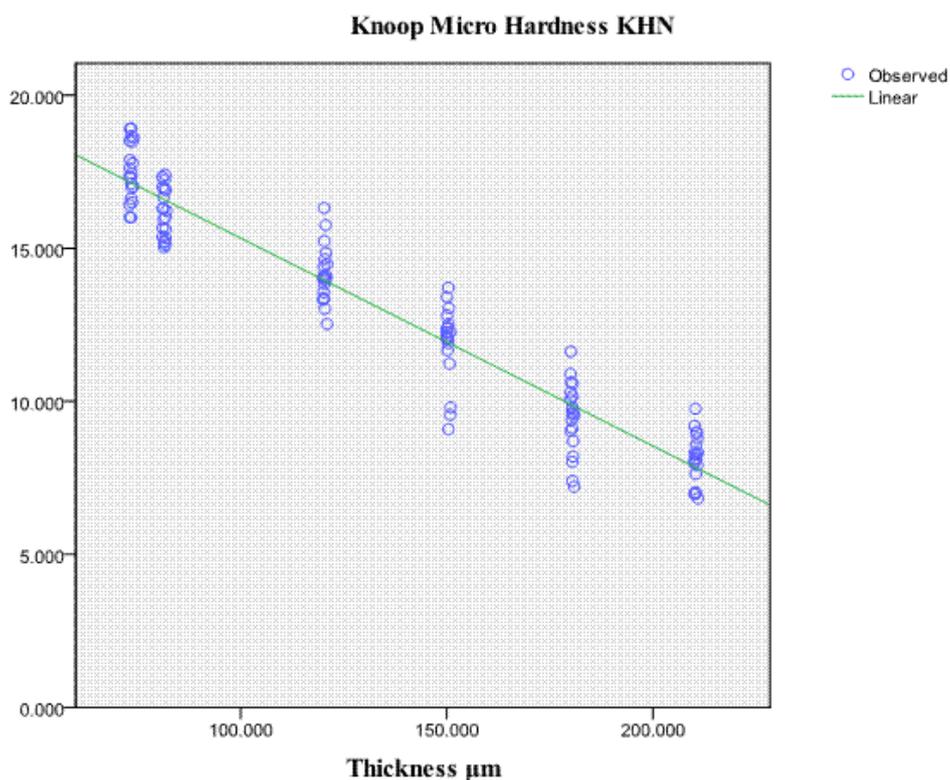


Fig. 3 –Micro hardness values & Coating thickness values which use Scatter Plot

Coating thickness explains 93.7 percent of the variance in pendulum hardness number, which is highly significant as indicated by F value of table 2. The non linear regression equation logarithmic model was "Pendulum hardness = 643.147 – 111.186 \* Log (coating thickness),  $R^2 = .937$ ,  $F(1, 118) = 1750.569$ ,  $p < 0.01$ ".

#### Pendulum Hardness (Number of Oscillations)

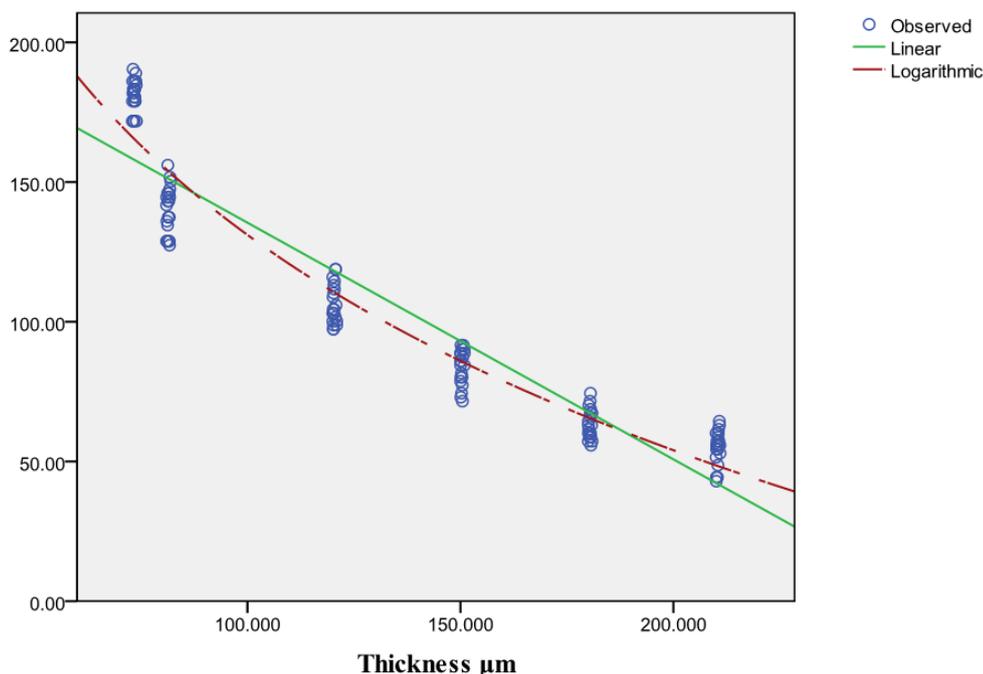


Fig. 4 –Pendulum hardness values & Coating thickness values which use Scatter Plot

A good relationship was found between Pencil hardness and coating thickness groups by using Non parametric correlation coefficient (Spearman rho), we can see from table 2 that Spearman's rank order negative correlation is significant,  $r_s(120) = -.793$ ,  $P < 0.01$ , and so we can conclude that higher pencil hardness ranks are associated with lower coating thickness groups.

#### Conclusions:

To focus the attention on the results of hardness of coating, which has been obtained using three methods, it was noted the following:

Micro hardness of polyester coating was significantly affected by the thickness of the coating layer, where the values of micro hardness have high sensitivity to the values of the coating layer thickness.

For the range of the thickness of the layers of coating from the value 73µm as low thickness to the value 210µm as high thickness, the coating layers show variable resistance for the penetration of Knoop indenter. It was observed from the values of the micro hardness obtained from the experimental tests for the coating layer that the coating layer with low thickness has micro hardness equal 17.5KH and this value gradually decreases with increasing thickness of the coating layer up to the value 8.08KH.

The relationship between micro hardness (KHN) and the thickness (S) of the polyester coating layer can be described by the following mathematical model representing of liner regression:

$$KHN = 22.126 - 0.068 * S$$

Pendulum hardness is greatly influenced by coating thickness, The relationship between pendulum hardness (PHN) and thickness of coatings (S) can be described by equation  $PHN = 643.147 - 111.186 * \log S$  with high accuracy within a certain range of thickness of coating, i.e., from 73 to 210 µm.

Coating thickness has a significant effect on Pencil hardness rank; the statistic analyses show that good correlation between coating thickness groups and pencil hardness ranks. Low thickness group has high Pencil hardness rank 2H, 3H and this ranks gradually decreases with increasing thickness up to the rank F, HB, B.

#### References

1. Koleske V. Mechanical Properties of Solid Coatings // Encyclopedia of Analytical Chemistry. –2001. - № 5. – P. 30-45.
2. R. Holman U.V, Curing E B. Formulation for Printing Inks, Coatings and Paints // Selective Industrial Training Associates Limited, London U.K, –1984. – P.7-18.
3. Sander J. Coil Coating // Vincentz Network, Hanover, Germany, 2014. P. 178.
4. ASIF ALAM, M. Fabrication of Various Epoxy Coatings for Offshore Applications and Evaluating Their Mechanical Properties and Corrosion Behavior // Int. J. Electrochem. Sci. –2013. - № 8. – P. 3121 – 3131.
5. ASTM D3794-13. Standard Guide for Testing Coil Coatings in Annual Book of ASTM Standards // ASTM International West Conshohocken PA. – 2013. - № 06.02.
6. Choi J. H., Kim H. J. Three Hardness Test Methods and Their Relationship on UV-Curable Epoxy Acrylate Coatings for Wooden Flooring Systems // J. Ind. Eng. Chem. – 2006. - № 12 (3). – P. 412–417.
7. Williams J.A. Analytical models of scratch hardness // Tribol. Int. – 1996. - № 29 (8). – P. 675–694.

8. Briscoe B.J., Delfino A., Pelillo E. Single-pass pendulum scratching Of poly (styrene) and poly (methacrylate) // *Wear*. – 1999. - № 1. – P. 319–328.
9. Liang Y.N., S.Z. Li, D.F. Li, S. Li. Some developments for single-pass Pendulum scratching // *Wear*. – 1996. - № 199. – P. 66–73.
10. Browning R.L. Quantitative evaluation of scratch resistance of polymeric coatings based on a standardized progressive load scratch test // *Surface & Coatings Technology*. – 2006. - № 201. – P. 2970–2976.
11. Chen J., Bull S.J. On the Factors Affecting the Critical Indenter Penetration for Measurement of Coating Hardness // *Vacuum*. – 2009. - № 83 (6). – P. 911–920.
12. Wei P.J., Lin J.F. Anew Method Developed to Evaluate both the Hardness and Elastic Modulus of a Coating-Substrate System // *Surf. Coat. Technol.* – 2005. - № 200 (7). – P. 2489–2496.
13. Dashtizadeh A., Abdouss M., Mahdavi H., Khorassani M. Acrylic Coatings Exhibiting Improved Hardness, Solvent Resistance and Glossiness by Using Silica Nano Composites // *Appl. Surf. Sci.* – 2011. - № 257 (6). – P. 2118–2125.
14. Kivit P.J.J., Aramendia E., Cabrera A.A., Rios L.M. Water-Based Coatings Based on Mixtures of Acrylic Dispersions and Alkyd Emulsions // *Macromol. Symp.* – 2009. - № 283–284 (1). – P. 290–299.
15. Xiaoyang M.a., Zemin Q., Zhifeng H., Xinli J. The dependence of pendulum hardness on the thickness of acrylic coating // *J. Coat. Technol. Res.* – 2013. - № 10 (3). – P. 433–439.
16. Hwang H.D., Lee B.H., Choi J.H., Kim H.J., Chung W.Y. Acoustic Property and Hardness of Coatings for Musical Instruments with Various Coating Thicknesses // *Mokchae Konghak*. – 2006. - № 34 (2). – P.58–67.
17. ASTM B209-14. Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate in Annual Book of ASTM Standards // ASTM International West Conshohocken PA. – 2014. - № 02.02.
18. Goldschmidt A., Streitberger H.J. BASF Handbook on Basics of Coating Technology 2nd revised edition // Vincentz Network Hannover Germany, 2007. P. 791.
19. Sward G., Koleske J.V. Paint and coating testing manual 15th edition of the Gardner-Sward handbook // ASTM International West Conshohocken PA. – 2012. P. 1026.
20. ASTM D1474. Standard Test Methods for Indentation Hardness of Organic Coatings in Annual Book of ASTM Standards // ASTM International West Conshohocken PA. – 2013. - № 06.01.
21. Barbato B., Ragazzini R. Determination of micro-indentation hardness of organic coatings // *VDI Berichte*. – 2002. - № 1685.
22. ASTM D 4366-95. Standard Test Methods for Hardness of Organic Coatings by Pendulum Test. Standards // ASTM International West Conshohocken PA. – 1984. - № 95.
23. Krejcie R.V., Morgan D.W. Determining Sample Size for Research Activities // *Educational and Psychological Measurement*. – 1970. - № 30. – P. 607–610.
24. Coakes S.J., Steed L., Ong C. SPSS analysis without anguish: version 17.0 for windows // Wiley Milton Qld, 2010. P. 289.
25. Sabine L., Brian S. E. A Handbook of Statistical Analyses Using SPSS // Chapman & Hall CRC, 2004. P.366.
26. Hauke J., Kossowski T. Comparison of values of Pearson's and Spearman's correlation coefficients on the same sets of data // *Quaestiones Geographicae*. – 2011. - № 30 (2). – P. 87–93.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.090

Чикина А.Г.

Аспирант, Московский технологический университет (МИРЭА)

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-07-00206а

**ФОРМИРОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЙ ИСТОЧНИКОВ СО СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕМ***Аннотация*

*В статье теоретически обоснованы и проверены в ходе численных экспериментов на математической модели новые алгоритмы цифровой обработки двумерных сигналов, позволяющие повысить эффективную угловую разрешающую способность систем наблюдения на основе приближённого решения интегральных уравнений Фредгольма и довести её до сверхразрешения.*

**Ключевые слова:** сверхразрешение, обратные задачи, регуляризация задачи, критерий Рэлея, интегральное уравнение Фредгольма.

Chikina A.G.

Postgraduate student, Moscow Technological University

**RECONSTRUCTION OF TWO-DIMENSIONAL RADIO IMAGES OF THE SOURCES WITH SUPERRESOLUTION***Abstract*

*New methods and algorithms of digital processing of the signals are theoretically proved and checked up during numerical experiments on mathematical model, allowing to increase effective angular resolution of measuring systems on the basis of the approached decision of integral equations.*

**Keywords:** Superresolution, inverse problems, the regularization problem, the Rayleigh criterion, the Fredholm integral equation.

Одной из важнейших современных проблем совершенствования систем радиолокации и радионавигации – повышение информативности. Одно из основных направлений её решения – повышение угловой разрешающей способности, позволяющее детализировать изображение исследуемого объекта.

Подобные задачи особенно важны при проведении различного рода измерений, распознавании объектов, при решении задач дистанционного поверхностного и подповерхностного зондирования, мониторинга окружающей среды, при картографировании, в радиоастрономии.

Существует ряд методов обработки и анализа сигналов, позволяющих повысить эффективное разрешение. Это методы сверхвысокого разрешения, обратной свертки сигналов, фазовых взвешивающих коэффициентов, углового взвешивания и др. Приведенные методы не являются универсальными и далеко не всегда эффективны. Кроме того, они недостаточно просты для восстановления изображения объектов в режиме реального времени.

Алгебраические методы решения одномерных задач, предложенные в работах [3-5], заключаются в представлении приближенных решений в виде конечных разложений по задаваемым последовательностям функций с неизвестными коэффициентами. Данные методы обработки позволяют получить разрешение, превышающее критерий Рэля, т.е. добиться сверхразрешения. Эти методы оказываются перспективными и для двумерной задачи восстановления изображений источников сигналов, так как их обобщение на двумерные случаи [2] не приводит к серьезному усложнению алгоритмов, а время численного решения при этом изменяется незначительно.

Пусть сектор обзора угломерной системы представляет собой телесный угол  $\Omega_0$ . Используется узкая диаграмма направленности (ДН)  $f(x,y)$ , где за нулевое принято направление на условный центр  $\Omega_0$ , а  $x, y$  - это углы отклонения от нулевого направления в декартовой системе координат. Внутри сектора обзора расположен объект наблюдения с неизвестными в общем случае, конечными угловыми размерами  $\Omega$ .

Искомое двумерное угловое распределение излучаемого источником (или отраженного) сигнала обозначим  $I(x,y)$ . Тогда на выходе приемного устройства при сканировании сектора получим зависимость огибающей сигнала в виде  $U(x,y)$ . Связь величин  $I, U$  и ДН выражается в виде линейного интегрального уравнения (ЛИУ) Фредгольма первого рода типа двумерной свертки:

$$U(x, y) = \int_{\Omega} f(x-x', y-y') I(x', y') dx' dy' \quad (1)$$

Задача состоит в восстановлении углового распределения  $I(x,y)$  на основе анализа принятого сигнала  $U(x,y)$  и известной ДН системы с максимально возможным угловым разрешением, превышающим критерий Рэля.

Существует бесконечно много решений в виде распределений  $I(x,y)$ , удовлетворяющих условиям поставленной задачи. В общем случае без использования какой-либо предварительной информации об источнике сигналов можно найти лишь базовую часть решения. Кроме того, попытки увеличения разрешения по сравнению с критерием Рэля за счет цифровой обработки сигналов приводят в общем случае к появлению неустойчивостей в решениях и, как следствие, к значительным ошибкам. Поэтому, поставленная задача является некорректной, т.к. не удовлетворяет второму и третьему требованию корректности задачи по Адамару [1,5-7].

Для поиска приближенного решения, исходя из вида  $U(x,y)$ , производится оценка положения и размеров телесного угла  $\Omega$ , в котором расположен источник сигналов. Размеры и расположение  $\Omega$  уточняются в ходе итерационного процесса. Искомое распределение  $I(x,y)$  можно представить в виде разложения по конечной системе ортогональных в  $\Omega$  двумерных функций с неизвестными коэффициентами:

$$I(x, y) \cong \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N b_{n,m} g_n(x) g_m(y) \quad (2)$$

Принятый сигнал представим в виде:

$$U(x, y) \cong \sum_{n,m=1}^N b_{n,m} \phi_{n,m}(x, y), \quad \phi_{n,m}(x, y) = \int_{\Omega} f(x-x', y-y') g_n(x') g_m(y') dx' dy' \quad (3)$$

где коэффициенты разложения  $b_{n,m}$  получим, из решения системы

$$\int_{\Omega} U(x, y) \phi_{j,k}(x, y) d\alpha = \sum_{n,m=1}^N b_{n,m} \int_{\Omega} \phi_{j,k}(x, y) \phi_{n,m}(x, y) dx dy, \quad j, k = 1, 2 \dots N \quad (4)$$

Количественные характеристики увеличения разрешения и его пределы исследовались на математической модели. Результаты восстановления изображения четырех источников сигналов приведены на рис.1. По горизонтальным осям отложены углы  $x$  и  $y$ .

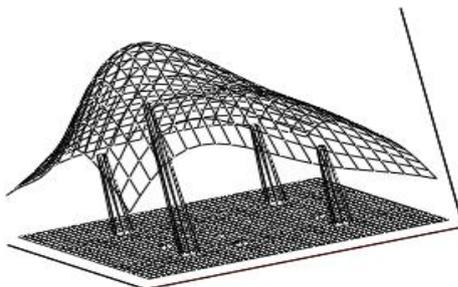


Рис. 1 – Восстановленное изображение

На рис.1 отображены исследуемый принимаемый сигнал  $U(x,y)$  – криволинейная поверхность, и четыре источника сигналов, найденные при обработке  $U(x,y)$  по алгоритму на основе (1-4). Полученное решение правильно отразило количество объектов, практически точно передало их расположение. Интенсивности были определены с небольшой ошибкой, составившей 2-5%.

#### Литература

1. Лаговский Б.А., Самохин А.Б. Алгебраические методы восстановления изображения источников радиоизлучения с повышенным угловым разрешением // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т.14, № 9. – С. 7-18.

2. Лаговский А.Б., Шумов И.Ю. Восстановление двумерных изображений источников излучения со сверхразрешением // Антенны. – 2013. – № 4. – С. 60-65.
3. Лаговский Б.А. Методы повышения эффективного углового разрешения малоразмерных целей в задачах радионавигации и радиолокации. // Антенны. – 2007. – № 9 (124). – С. 50 -55.
4. Лаговский Б.А. Восстановление изображения групповой цели цифровыми антенными решетками // Антенны. – 2011. – № 2(165). – С. 40 -46.
5. Lagovsky B.A. Superresolution: Simultaneous orthogonalization of function systems describing the received signal and its source. // Progress in Electromagnetics Research Symposium Proceedings (Moscow, August 19–23, 2012). – 2012. – P. 993-996.
6. Lagovsky B.A. Image restoration of the objects with superresolution on the basis of spline – interpolation. // Progress in Electromagnetics Research Symposium Proceedings (August 19–23, 2012). – 2012. – P. 989-992.
7. Лаговский Б.А., Чикина А.Г. Решение обратных задач получения сверхразрешения на основе симметризации данных // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 4-1 – С. 20-23.

#### References

1. Lagovskij B.A., Samohin A.B. Algebraicheskie metody vosstanovlenija izobrazhenija istochnikov radioizlucheniya s povyshennym uglovym razresheniem // Jelektromagnitnye volny i jelektronnye sistemy. – 2009. – Т.14, № 9. – С. 7-18.
2. Lagovskij A.B., Shumov I.Ju. Vosstanovlenie dvumernyh izobrazhenij istochnikov izlucheniya so sverhrazresheniem // Antenny. – 2013. – № 4. – С. 60-65.
3. Lagovskij B.A. Metody povysheniya jeffektivnogo uglovogo razresheniya malorazmernih celej v zadachah radionavigacii i radiolokacii. // Antenny. – 2007. – № 9 (124). – С. 50 -55.
4. Lagovskij B.A. Vosstanovlenie izobrazhenija gruppovoj celi cifrovymi antennymi reshetkami // Antenny. – 2011. – № 2(165). – С. 40 -46.
5. Lagovsky B.A. Superresolution: Simultaneous orthogonalization of function systems describing the received signal and its source. // Progress in Electromagnetics Research Symposium Proceedings (Moscow, August 19–23, 2012). – 2012. – P. 993-996.
6. Lagovsky B.A. Image restoration of the objects with superresolution on the basis of spline – interpolation. // Progress in Electromagnetics Research Symposium Proceedings (August 19–23, 2012). – 2012. – P. 989-992.
7. Lagovskij B.A., Chikina A.G. Reshenie obratnyh zadach polucheniya sverhrazresheniya na osnove simmetrizacii dannyh // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. – 2015. – № 4-1 – С. 20-23.

## **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.071

**Бобровников С. М.<sup>1</sup>, Горлов Е. В.<sup>2</sup>, Жарков В. И.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук, доцент; <sup>2</sup>кандидат физико-математических наук, доцент;

<sup>3</sup>кандидат физико-математических наук, Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 14-27-00022) и гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МК-6286.2015.10.*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ СКР-ЛИДАРНОГО СИГНАЛА ДЛЯ ЛОКАЛИЗОВАННОГО ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ**

*Аннотация*

*Рассмотрена математическая модель процесса зондирования атмосферы на основе эффекта СКР в УФ области спектра. Разработанная модель позволяет, опираясь на спектроскопическую информацию об объекте обнаружения, параметры среды распространения излучения и параметры приемопередающей аппаратуры, рассчитывать величину ожидаемого лидарного сигнала и оптимизировать характеристики СКР-лидара. Представлены результаты расчетов дистанционного обнаружения паров некоторых химических соединений в атмосфере с помощью СКР-лидара, построенного на базе эксимерного лазера на среде KrF.*

**Ключевые слова:** лидар, комбинационное рассеяние, газовый анализ, атмосфера.

**Bobrovnikov S. M.<sup>1</sup>, Gorlov E. V.<sup>2</sup>, Zharkov V. I.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics, associate professor; <sup>2</sup> PhD in Physics and Mathematics, associate professor;

<sup>3</sup>PhD in Physics and Mathematics, V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS

### **SIMULATION OF THE RAMAN LIDAR SIGNAL FOR LOCALIZED SOURCE OF ATMOSPHERIC POLLUTION**

*Abstract*

*A mathematical model of the process of the atmosphere sounding based on the Raman scattering effect in UV region of the spectrum is considered. The developed model allows to calculate an expected value of the lidar signal and optimize the characteristics of the Raman lidar using spectroscopic information about the detected object, parameters of the radiation propagation medium, and parameters of the transceiver equipment. The results of calculations of remote detection of vapors of some chemical compounds in the atmosphere using Raman lidar constructed on the basis of a KrF excimer laser are presented.*

**Keywords:** lidar, raman scattering, gas analysis, atmosphere.

Особое место в исследовании газового состава атмосферы занимают лидарные методы. Эти методы наиболее перспективны, т.к. позволяют получать информацию о пространственно-временном распределении примесей в атмосфере дистанционно и оперативно. Возможность регистрации всех компонентов спектра

одновременно в широком диапазоне частотных сдвигов делает метод на основе эффекта спонтанного комбинационного рассеяния (СКР) привлекательным для дистанционной диагностики окружающей среды.

Использование многоканального спектроанализатора в приемной аппаратуре СКР-лидара имеет свои особенности и требует единого подхода при проектировании лидарной системы, который позволил бы осуществить согласование всех элементов приемопередающего оптического тракта лидара. При этом выбор источника возбуждающего излучения является важным этапом разработки СКР-лидара, во многом определяющим его облик и потенциальные возможности.

При создании систем дистанционного контроля химического состава окружающей среды с небольшой дальностью действия (5–300 м), когда возрастание потерь не столь существенно сказывается на потенциале лидара, лазерный источник с длиной волны излучения короче 250 нм кажется достаточно привлекательным, поскольку обеспечивает как высокое сечение взаимодействия (в том числе за счет возможного пререзонансного усиления), так и выгодное расположение частотных сдвигов в «солнечно-слепой» области спектра (200–300 нм). При этом вероятность перекрытия спектров СКР и флуоресценции существенно меньше, чем при возбуждении более длинноволновым излучением [1, 2]. Именно поэтому при проектировании СКР-лидара в качестве источника возбуждающего излучения был выбран эксимерный лазер на среде K<sub>2</sub>F (длина волны излучения 248,3 нм) [3].

Перед проектированием СКР-лидара нужно провести количественные оценки величины ожидаемого сигнала и оптимизировать характеристики лидара. Для решения этой задачи, очевидно, необходимо построить математическую модель процесса зондирования с использованием эффекта СКР. При этом в качестве входных данных модели, неизбежно, потребуется как спектроскопическая информация об объектах обнаружения, так и полный набор сведений о свойствах среды распространения излучения, так же как и необходимые технические характеристики компонентов аппаратуры лидара.

В самом общем случае, мощность лидарного отклика за один лазерный импульс можно записать в виде интеграла свертки:

$$P(t) = \int_0^t S(t-\tau) \cdot H(r_0, \tau) d\tau \quad (1)$$

где  $S(t)$  – форма лазерного импульса;  $H(r_0, t)$  или  $H(r_0, r)$  – импульсная переходная характеристика системы лидар-атмосфера, при фокусировке приемопередатчика на расстояние  $r_0$ ;  $r$  – расстояние от лидара до рассеивающего слоя;  $t$  – временная координата сигнала, связанная с расстоянием  $r$  через скорость распространения светового импульса:

$$t = \frac{2 \cdot r}{c} \quad (2)$$

где  $c$  – скорость света.

Импульсную переходную характеристику системы лидар-атмосфера можно записать как:

$$H(r_0, r) = \frac{A}{r^2} \cdot K_0(\lambda_x) \cdot \eta(\lambda_x) \cdot T(\lambda_0, r) \cdot T(\lambda_x, r) \cdot \beta_\pi(\lambda_x, r_0, r) \cdot g(r_0, r) \quad (3)$$

где  $A$  – площадь приемной апертуры;  $K_0(\lambda_x)$  – коэффициент пропускания приемного оптического тракта лидара;  $\eta(\lambda_x)$  – квантовая эффективность фотодетектора;  $\lambda_x$  – длина волны принимаемого излучения;  $\lambda_0$  – длина волны зондирующего излучения;  $T(\lambda_0, r)$  и  $T(\lambda_x, r)$  – спектральная прозрачность атмосферы для излучения с длиной волны  $\lambda_0$  и  $\lambda_x$  соответственно;  $\beta_\pi(\lambda_x, r_0, r)$  – коэффициент обратного рассеяния;  $g(r_0, r)$  – геометрическая функция лидара.

Для лидара, использующего эффект СКР, коэффициент обратного рассеяния можно выразить через сечение СКР и концентрацию [4]:

$$\beta_\pi(\lambda_x, r_0, r) = \frac{d\sigma(\lambda_x)}{d\Omega} \cdot C_n(r_0, r) \quad (4)$$

где  $d\sigma(\lambda_x)/d\Omega$  – дифференциальное сечение СКР назад исследуемого компонента,  $C_n(r_0, r)$  – концентрация исследуемого компонента.

С учетом того, что сечение СКР не зависит от плотности мощности лазерного импульса и при условии интегрирования лидарного сигнала по всей трассе зондирования, можно при вычислении интеграла от выражения (1) воспользоваться свойством преобразования Фурье для свертки. Тогда энергия, поступающая на фотоприемник со всей трассы, за один лазерный импульс при фокусировке передатчика и приемника на расстояние  $r_0$  вычисляется как:

$$E(r_0) = \int_0^\infty P(t) dt = \int_0^\infty S(t) dt \cdot \int_0^\infty H(r_0, r) dr \quad (5)$$

С учетом:

$$\int_0^\infty S(t) dt = \int_0^{\tau_0} S(t) dt = W \quad (6)$$

где  $\tau_0$  – эффективная длительность лазерного импульса,  $W$  – энергия в лазерном импульсе уравнение (5) примет вид:

$$E(r_0) = \int_0^\infty P(t) dt = W \cdot \int_0^\infty H(r_0, r) dr \quad (7)$$

С учетом (3) и (7) величина лидарного сигнала в числах фотонов за один лазерный импульс при фокусировке приемопередатчика на расстояние  $r_0$ , примет вид:

$$N(r_0) = n_0 \cdot A \cdot K_0(\lambda_x) \cdot \eta(\lambda_x) \cdot \frac{d\sigma(\lambda_x)}{d\Omega} \int_0^\infty \frac{1}{r^2} \cdot T(\lambda_0, r) \cdot T(\lambda_x, r) \cdot C_n(r_0, r) \cdot g(r_0, r) dr \quad (8)$$

где  $n_0$  – число фотонов в лазерном импульсе, определяемое выражением:

$$n_0 = \frac{W \cdot \lambda_0}{h \cdot c} \quad (9)$$

где  $h$  – постоянная Планка.

Расчет лидарного сигнала требует информации о параметрах лидача и об объекте исследований. С учетом выбранного лазерного источника (эксимерный лазер на среде KrF) и требований предъявляемых к спектральной аппаратуре лидача можно рассчитать параметры лидарной системы. Предполагаемые технические характеристики СКР-лидача представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики СКР-лидача

|   |       |
|---|-------|
| Приемная оптическая система:              |       |
| Диаметр приемной апертуры, мм             | 240   |
| Лазер:                                    |       |
| Длина волны излучения, нм                 | 248,3 |
| Ширина линии излучения, $\text{см}^{-1}$  | 1     |
| Энергия в импульсе, мДж                   | 20    |
| Частота повторения импульсов, Гц          | 100   |
| Блок спектральной селекции:               |       |
| Спектральное разрешение, $\text{см}^{-1}$ | 8     |
| Коэффициент пропускания (250–270 нм), %   | 50    |
| Фотодетектор:                             |       |
| Квантовая эффективность (250–270 нм), %   | 13    |

С помощью модели (8) был проведен расчет лидарных откликов при зондировании паров некоторых химических соединений (четырёххлористого углерода, ацетона и двуокиси серы), на которых предполагалось проводить оценку чувствительности СКР-лидача. При этом рассчитывались зависимости времени обнаружения вещества от дальности обнаружения при фокусировке приемопередающей системы лидача в область локализации паров загрязняющего вещества. При этом протяженность облака паров загрязняющих веществ вдоль трассы зондирования принималась равной 10 м ( $\pm 5$  м от плоскости фокусировки приемопередающей системы лидача) с однородной концентрацией 1 ppm (рисунок 1).

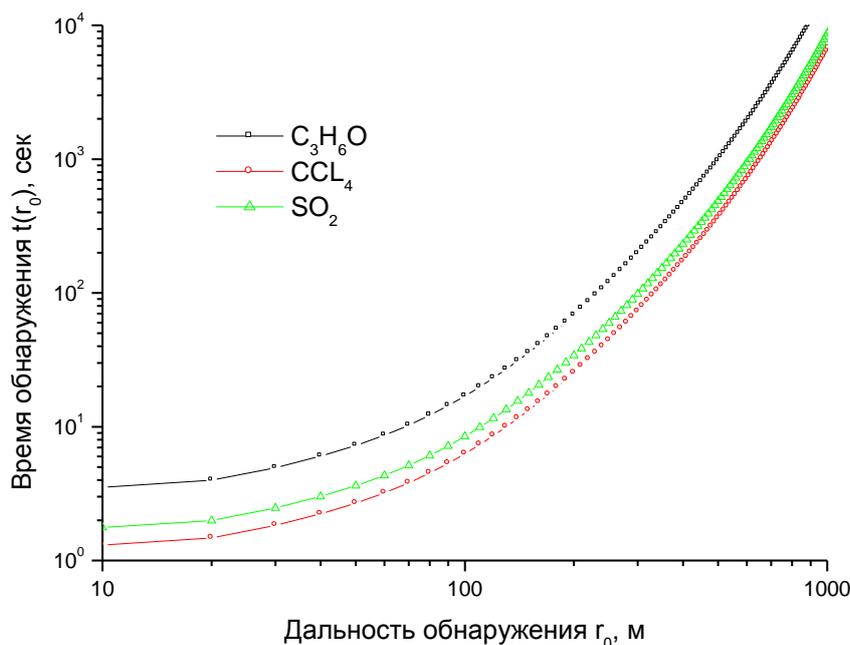


Рис. 1 – Зависимость времени обнаружения загрязняющих веществ от дальности обнаружения

Как видно из рисунка, времена обнаружения исследуемых загрязняющих веществ существенно отличаются, что объясняется различием их дифференциальных сечений СКР. Также из рисунка видно, что попытка обнаружения загрязняющих веществ на больших дальностях (более 500 м) приводит к нелинейному возрастанию времени измерения и потере оперативности контроля. Это обстоятельство объясняется ослаблением сигналов СКР за счет

интенсивного поглощения атмосферным озоном. Результаты расчетов показывают, что увеличение времени накопления сигнала позволяет сохранить предельную чувствительность СКР-лидарного метода при обнаружении загрязняющих компонентов атмосферы на дальностях до 500 м.

#### Литература

1. Ray M.D., Sedlacek A.J. Ultraviolet mini-Raman lidar for stand-off, in-situ identification of chemical surface contaminants // Rev. Sci. Inst. 2000. V. 71, N 9. P. 3485-3489.
2. Arthur J.S, and Mark D.R. Short-range, Non-contact Detection of Surface Contamination Using Raman Lidar // Proc. SPIE 4577. 2001. P. 95–104.
3. Панченко Ю.Н., Андреев М.В., Бобровников С.М., Горлов Е.В., Дударев В.В., Иванов Н.Г., Лосев В.Ф., Павлинский А.В., Пучикин А.В., Жарков В.И. Узкополосная перестраиваемая лазерная система для лидарного комплекса // Изв. вузов. Физика. 2012. Т. 55. №6. С. 13–18.
4. Лазерный контроль атмосферы / Под ред. Э.Д. Хинкли М.: Мир, 1979. – 416 с.

#### References

1. Ray M.D., Sedlacek A.J. Ultraviolet mini-Raman lidar for stand-off, in-situ identification of chemical surface contaminants // Rev. Sci. Inst. 2000. V. 71, N 9. P. 3485-3489.
2. Arthur J.S, and Mark D.R. Short-range, Non-contact Detection of Surface Contamination Using Raman Lidar // Proc. SPIE 4577. 2001. P. 95–104.
3. Panchenko Y.N., Andreev M.V., Dudarev V.V., Ivanov N.G., Pavlinskii A.V., Puchikin A.V., Bobrovnikov S.M., Gorlov E.V., Zharkov V.I., Losev V.F. Narrow-band tunable laser system for a lidar facility // Russian Physics Journal. 2012. T. 55. № 6. С. 609-615.
4. Hinkley E.D. Laser monitoring of the atmosphere. Springer-Verlag: New York, 1976.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.021

Келлер Ю.И.<sup>1</sup>, Макаров П.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Студент, <sup>2</sup>кандидат физико-математических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина»

### ДИСПЕРСИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН В СРЕДАХ С ПОГЛОЩЕНИЕМ

#### Аннотация

В статье рассмотрено магнитостатическое приближение электродинамики, выведено основное дисперсионное соотношение для прямых и обратных поверхностных магнитостатических волн (ППМСВ, ОПМСВ) с учетом затухания для безграничной ферритовой пленки, помещенной в продольное постоянное и перпендикулярное переменное магнитные поля. Определены частотные области распространения волн.

**Ключевые слова:** магнитостатические волны, ферриты, дисперсия, затухание.

Keller U.I.<sup>1</sup>, Makarov P.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student, <sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics, Associate professor, Syktyvkar State University

### DISPERSION OF MAGNETOSTATIC SURFACE OF DIRECT AND INVERSE WAVES IN MEDIUMS WITH ABSORPTION

#### Abstract

In paper magnetostatic approximation of electrodynamics is reviewed. The basic dispersion relation for the direct and inverse magnetostatic surface waves (DMSSV, IMSSV) with absorption for infinite ferrite plate placed in constant longitudinal and perpendicular alternating magnetic fields is received. Frequency range of wave propagation is identified.

**Keywords:** magnetostatic waves, ferrite, dispersion, absorption, dispersion.

### Обратные поверхностные МСВ

Спиновые или медленные ЭМВ представляют собой распространение возмущений прецессии магнитных моментов атомов в узлах кристаллических решеток в магнитоупорядоченных структурах. Они делятся на дипольные и обменные.

При малых значениях волнового числа обменное взаимодействие не играет существенной роли в формировании спектра спиновых волн – такие волны называются дипольными спиновыми волнами или МСВ. Малая длина МСВ по сравнению с ЭМВ даёт возможность пользоваться уравнениями магнитостатики вместо полных уравнений Максвелла [1].

Обратные волны характеризуются отрицательным знаком скалярного произведения векторов фазовой и групповой скорости волны. В этом случае при любых углах падения имеет место отрицательное отражение. Особенность ферромагнетиков – анизотропия, благодаря которой коэффициент преломления волны в пленке не является постоянной величиной и при изменении угла падения волны может принимать любые положительные и отрицательные значения. Ферритовые пленки являются одними из немногих сред, в которых могут возбуждаться и распространяться с малыми потерями ОПМСВ [2].

#### Основные уравнения и геометрия задачи

Уравнения магнитостатики [3]:

$$\begin{cases} \operatorname{rot} \mathbf{H} = 0, \\ \operatorname{div}(\mathbf{H} + 4\pi \mathbf{M}) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Откуда следует уравнение Уокера:

$$\Delta\psi + 4\pi \operatorname{div}\mathbf{M} = 0. \quad (2)$$

Уравнение Ландау-Лифшица с диссипативным членом в форме Гильберта:

$$\frac{\partial\mathbf{M}}{\partial t} = -\gamma[\mathbf{M} \times \mathbf{H}] + \frac{\alpha}{M_0} \left[ \mathbf{M} \times \frac{\partial\mathbf{M}}{\partial t} \right]. \quad (3)$$

Здесь  $M_0$  – постоянная длина вектора намагниченности,  $\gamma$  – гиромагнитное отношение,  $\alpha$  – параметр диссипации.

Геометрия задачи имеет вид, показанный на Рис. 1. Рассматривается ферритовая пленка толщины, расположенная в плоскости  $yOz$  так, что положение верхней и нижней граней определяется координатами  $x = \pm d/2$ . Волна распространяется в плоскости  $yOz$ , под нулевым углом к оси  $Oy$ , пленка намагничена до насыщения магнитным полем, приложенным вдоль оси  $Oz$ .

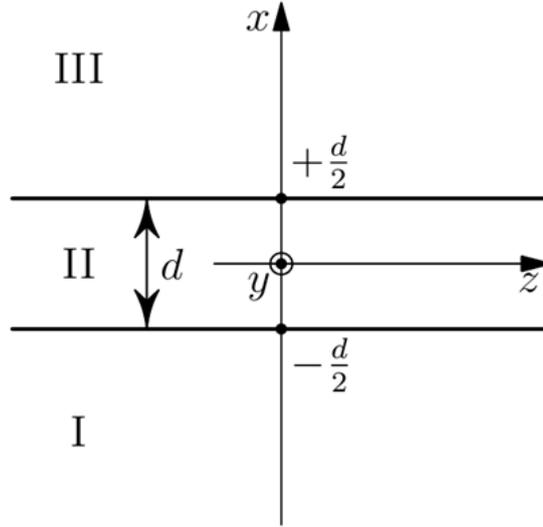


Рис. 1 – Геометрия задачи

### Дисперсионное уравнение

Из формул 1, 2, 3 было получено дисперсионное уравнение [3]:

$$\mathbf{k} = \frac{1}{2d\vartheta} \ln \frac{\beta + 2\mu\vartheta}{\beta - 2\mu\vartheta}. \quad (4)$$

$$\vartheta = \sqrt{\cos^2 \varphi + \frac{\sin^2 \varphi}{\mu}},$$

$$\beta = (v^2 - \mu^2 + \mu) \cos^2 \varphi - \mu - 1.$$

Здесь  $\mu$  – магнитная проницаемость,  $v$  – компонента тензора магнитной восприимчивости.

Волновой вектор имеет мнимую компоненту, которая отвечает за затухание:

$$k = \eta - i\xi.$$

С помощью математических преобразований из (4) получены выражения для компонент волнового вектора:

$$\begin{cases} \eta d = \frac{1}{4} \ln((4A + 1)^2 + (4B)^2), \\ \xi d = \frac{1}{2} \operatorname{atan} \frac{4B}{4A + 1}, \end{cases} \quad (5)$$

где:

$$\begin{cases} A = \frac{\mu'(v'^2 - v''^2 - \mu'^2 + \mu''^2 - 2\mu' - 1) + 2\mu''(v'v'' - \mu'\mu'' - \mu'')}{(v'^2 - v''^2 - v'^2 + \mu''^2 - 2\mu' - 1)^2 + 4(v'v'' - \mu'\mu'' - \mu'')^2}, \\ B = \frac{\mu''(v'^2 - v''^2 - \mu'^2 + \mu''^2 - 2\mu' - 1) - 2\mu'(v'v'' - \mu'\mu'' - \mu'')}{(v'^2 - v''^2 - v'^2 + \mu''^2 - 2\mu' - 1)^2 + 4(v'v'' - \mu'\mu'' - \mu'')^2}. \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu' = 1 + \frac{\Omega_H (\Omega_H^2 - \Omega^2 (1 - \alpha^2))}{(\Omega_H^2 - \Omega^2 (1 + \alpha^2))^2 + (2\alpha\Omega\Omega_H)^2}, \\ \mu'' = -\frac{\Omega\alpha(\Omega^2 (1 + \alpha^2) + \Omega_H^2)}{(\Omega_H^2 - \Omega^2 (1 + \alpha^2))^2 + (2\alpha\Omega\Omega_H)^2}, \\ v' = \frac{\Omega(\Omega_H^2 - (1 + \alpha^2)\Omega^2)}{(\Omega_H^2 - \Omega^2 (1 + \alpha^2))^2 + (2\alpha\Omega\Omega_H)^2}, \\ v'' = -\frac{2\alpha\Omega_H^2\Omega}{(\Omega_H^2 - \Omega^2 (1 + \alpha^2))^2 + (2\alpha\Omega\Omega_H)^2}. \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Omega = \frac{\omega}{4\pi M_0}, \\ \Omega_H = \frac{H_0}{4\pi M_0}. \end{array} \right.$$

Таким образом, правые части системы 5 зависят только от частоты, а левые – компоненты волнового вектора.

#### Анализ дисперсионного соотношения

На рисунке 2 представлены графики зависимостей компонент волнового вектора от линейной частоты.

При построении были использованы следующие параметры задачи:  $4\pi M_0 = 1750$  Гс,  $H_0 = 437,5$  Э.

Из графика видны диапазоны распространения ОПМСВ и ППМСВ. Для прямых это [2,8;3,65] ГГц, для обратных [3,65;4,4] ГГц. Для зависимости  $f(\eta d)$  заметно, что наличие затухания приводит к исчезновению асимптотического приближения кривых к частоте  $f=3,65$  ГГц и появляются резонансные значения, которые наступают тем быстрее, чем выше величина затухания. То есть минимальная длина волны ПМСВ ограничена затуханием. Из графика  $f(\xi d)$  видно, что все кривые быстро достигают насыщения по частоте, также заметно быстрое затухание ОПМСВ при любых  $\alpha$ .

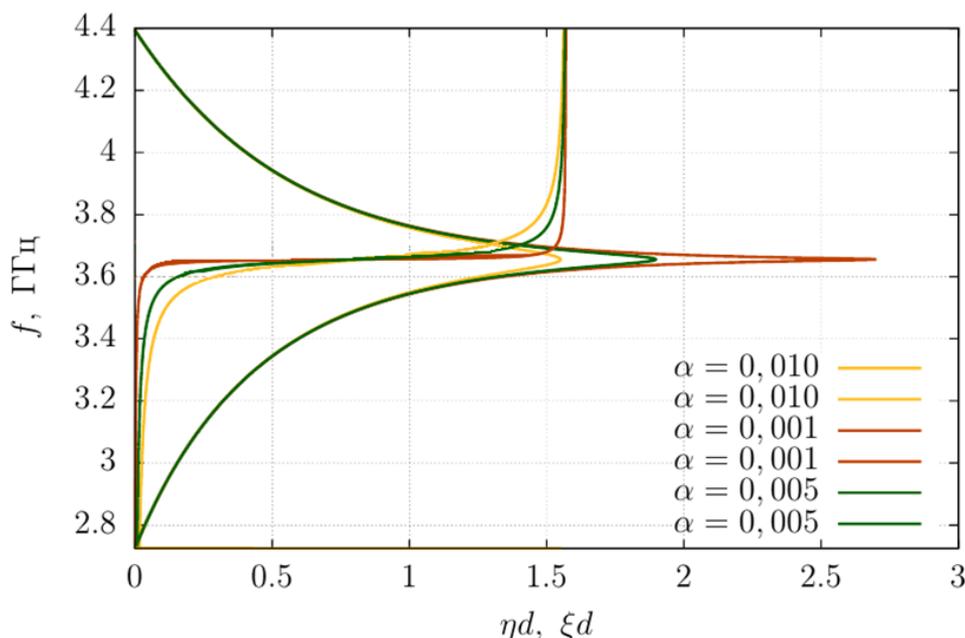


Рис. 2 – Дисперсионные кривые

#### Литература

1. Гуревич А. Г. Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках. – М.: Наука, 1973. – С. 592.
2. А. В. Вашковский. Свойства обратных электромагнитных волн и возникновение отрицательного отражения в ферритовых пленках / А. В. Вашковский, Э. Г. Локк // Журнал успехи физических наук. – 2006. – Том 176, № 4. – С. 403-404.
3. П. А. Макаров. Влияние диссипации на свойства поверхностных магнитостатических волн в касательно намагниченной пластине феррита / П. А. Макаров, В. Г. Шавров, В. И. Щеглов // Журнал радиоэлектроники. – 2014. – №7. – С. 2-4.

#### References

1. Gurevich A.G. Magnitnyj rezonans v ferritah i antiferromagnetikah. – M.: Nauka, 1973. – P. 592.
2. Vashkovskij V. Svoystva obratnyh jelektromagnitnyh voln i vzniknovenie otricatel'nogo otrazhenija v ferritovyh plenkah / A. V. Vashkovskij, Je. G. Loka // Zhurnal uspehi fizicheskikh nauk. – 2006. – Tom 176, № 4. – P. 403-404.
3. Makarov P.A. Vlijanie dissipacii na svoystva poverhnostnyh magnitostaticeskikh voln v kasatel'no namagnichennoj plastine ferrita / P. A. Makarov, V. G. Shavrov, V. I. Shhegllov // Zhurnal radiojelektroniki. – 2014. – №7. – P. 2-4.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.083

Краснопёрова А.А.<sup>1</sup>, Ажмухамедов А.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Студент, Астраханского государственного университета, <sup>2</sup>аспирант,

Астраханский государственный технический университет

## ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПЕРСОНАЛ ОРГАНИЗАЦИИ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Аннотация*

*Рассмотрены методы воздействия на персонал, разработана модель информационного обмена в социальной среде, реализован алгоритм моделирования информационного влияния, приведены результаты имитационного моделирования, позволяющие более обосновано принимать управленческие решения по информационному управлению персоналом.*

**Ключевые слова:** институциональное управление, мотивационное управление, информационное управление, информационный обмен.

Krasnoporova A.A.<sup>1</sup>, Azhmuhamedov A.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student, Astrakhan state university, <sup>2</sup>postgraduate student, Astrakhan state technical university

## THE IMPACT ON ORGANIZATION'S STAFF TO IMPROVE THE LEVEL OF INFORMATION SECURITY

*Abstract*

*Reviewed the methods of impact on the personnel, developed a model of information exchange in the social environment, implemented modeling algorithm of the impact information, allowing making decisions that are more reasonable on information management personnel.*

**Keywords:** institutional management, motivation management, information management.

**T**he staff is a major source of loss of valuable and confidential information. Difficulties in working with personnel experienced any organization that uses the sufficient volumes of sensitive information.

A person, possessing the will and consciousness, responds to the control action is not, and with allowance for their own ideas and interests. The way a person perceives the impact of management, whether it will follow it - depends on the efficiency of the system as a whole [4].

The importance of the human factor in the overall system of information security (IS) determines the relevance of the chosen research topic.

Formulation of the problem

To develop measures of information management staff to improve the system of information security in the organization.

The solution of the problem

The methods of impact on the personnel are divided into institutional practices, motivation and information management.

The essence of the institutional approach is to manage the rules and restrictions that are imposed on the activities of the organization. For the implementation of institutional control are used regulatory documents of various kinds of internal regulations, guidelines, security policy, etc.

However, in most cases, excessive regulation is fraught with a sharp decline in the loyalty of individual subjects and as a consequence of the catastrophic fall in the efficiency of the whole system up to its complete destruction [1].

Therefore, along with the institutional, in the theory and practice of modern human resource management become more urgent motivation management.

Motivation is understood as a process of revitalization of the motives of employees (internal motivation) and incentives (extrinsic motivation) for their motivation to work effectively.

For motivational personnel management the following mechanisms, for example, can be used:

- the timely promotion and advancement of their careers;
- creating comfortable and safe working conditions;
- rendering assistance in difficult situations.

These mechanisms are able to generate a high level of loyalty to the system. The level of staff loyalty largely affects the quantity and quality (danger) emerging internal threats and the fight against them.

Therefore, the loyalty of staff is one of the important factors to minimize security threats on the part of employees.

It should be noted that the efficiency of both institutional and motivational management is greatly influenced by the degree of informativeness of the organization. This information control means control of the composition and amount of information that the organization staff knows.

The concept of information management is presented as a process of development of administrative decisions in the situation where the control action is an implicit, indirect and facility management presents certain information about the situation (information picture), focusing on which the object chooses the line of conduct by itself [3].

The advantages of information management are "high selectivity of action, agility methods and means of exposure, depending on the changing situation, the possibility of operational focusing on a particular object, the possibility of comprehensive using of various methods and means of information impact, relatively low cost of development and implementation of management solutions for their high performance implementation " [2].

To improve the efficiency of information influence on the personnel, the preparation and implementation of various information "stuffing", under the leadership of Doctor of Technical Sciences Azhmuhamedov I.M., has been developed a model of information exchange in the social environment.

The simulation algorithm of information impact process on staff is as follows:

1. In the first phase, corresponding to the zero step in time ( $t=0$ ) block information  $I$  agreed service personnel management and leadership of the organization, be notified to the individual employees obviously a positive attitude to this information.

At this stage, the following is formed:

- The initial "information vector"  $Z$ , in which the index of employee awareness is initiated the set equal to 1, for the remaining employees - 0;
  - The initial "opinions vector" employees.
2. The next step is the dissemination of information and exchange of views between employees at the time step  $t=t+1$ :
- "vector repost"  $R$  information  $I$  is formed;
  - The employees, whose "indicator repost"  $I$  is equal to 1, transmit information to other employees in accordance with the matrix of information exchange  $D$ ;
  - The calculation of the current "vector opinions" on by appropriate formulas are carrying out;
3. On the third phase Hamming's distance is calculated between the current vector and the "opinions vector", obtained at the previous time step, and checked the condition (1).

$$\rho_H(\bar{V}_i^{t+1}; \bar{V}_i^t) \leq N^* \quad (1)$$

If the condition (1) is satisfied, then the algorithm work is terminated, and the findings are presented to the person making the decision for analysis. Otherwise, it returns to the 2nd stage of modeling.

As an example of this algorithm, will consider the results obtained in the Office of the Federal Migration Service (FMS) of the Astrakhan region.

Among employees of the Federal Migration Service the information about the possible consequences of ignoring the IS was spread. The process simulation was carried out under the following initial data: the number of employees  $N=271$ , the subject of implemented information ("exceptions and their consequences") has been of interest to all employees of the organization.

The matrix of information exchange and the matrix of "trust" for the subject of implement information block were filled by the experts.

The inception employees "vector opinions" about implemented information, coefficients evaluation, that reflect the level of "conservatism", has been defined by the same experts, based on the individual characteristics of each employee.

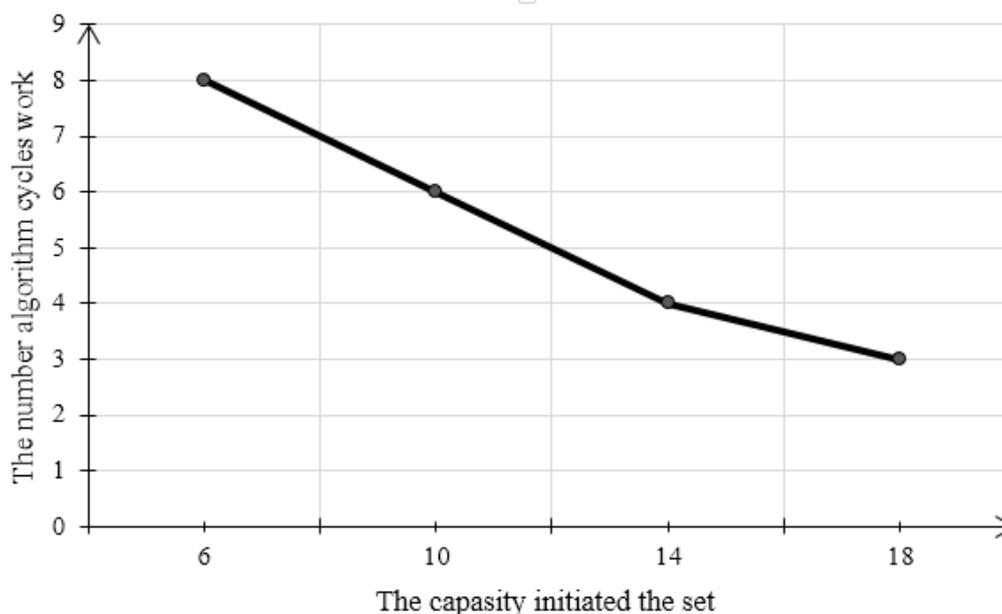


Fig. 1 – The dependence of the number algorithm cycles work of the capacity initiated the set

Depending on the meaning  $L$  the number algorithm cycles work to stop by the condition (1) was different. With increasing  $L$  the number of cycles, as well as the number of employees remained uninformed, decreases.

Based on the results of simulation,  $\bar{M} = \{\bar{M}_l\} (l=1; 18)$  it was determined optimal employees set, through which information can be spread.

Man, being part of the system has been and remains the most vulnerable point in the security system. Since the efficiency of both institutional and motivational management is greatly influenced by the level of awareness in the organization is important to consider issues of information management personnel.

The methods of information management are useful for creating a favorable corporate environment, maintaining and strengthening the authority of the leadership, manipulating the consciousness of employees in order to increase the level of motivation and loyalty to the system, create an atmosphere of intolerance to disturbance, disinformation of hostile environment, as well as to identify the elements that threaten the implementation of the organization's mission (insiders).

The considered modeling algorithm of the impact information implemented as a software product (SP) in the object-oriented programming language C#.

The simulation results with using this SP will enable to make more reasonable decisions on information management personnel.

## Литература

1. Ажмухамедов А.И., Копытина Т.А. Особенности мотивационного, институционального и информационного управления персоналом коммерческого банка [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования: электрон. научн. журн. 2015. №1. URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2015/1/110.pdf> (дата обращения: 25.01.2016);
2. Кононов Д.А., Кульба В.В., Шубин А.Н. Информационное управление в социально-экономических системах: элементы управления и способы информационного воздействия // Проблемы управления. 2004. №3. С. 25-33;
3. Кульба В.В., Малюгин В.Д., Шубин А.Н. Информационное управление (предпосылки, методы и средства) // Проблемы управления. 2003. №1. С. 62-67;
4. Теория управления / Под ред. А.Л. Гапоненко, А.П. Панкрухина. – М.: РАГС, 2003. – 558 с.

## References

1. Azhmuhamedov A.I., Kopytina T.A. Osobennosti motivacionnogo, institucional'nogo i informacionnogo upravlenija personalom kommercheskogo banka [Jelektronnyj resurs] // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija: jelektron. nauchn. zhurn. 2015. №1. URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2015/1/110.pdf> (data obrashhenija: 25.01.2016);
2. Kononov D.A., Kul'ba V.V., Shubin A.N. Informacionnoe upravlenie v social'no-jekonomicheskikh sistemah: jelementy upravlenija i sposoby informacionnogo vozdejstvija // Problemy upravlenija. 2004. №3. S. 25-33;
3. Kul'ba V.V., Maljugin V.D., Shubin A.N. Informacionnoe upravlenie (predposylki, metody i sredstva) // Problemy upravlenija. 2003. №1. S. 62-67;
4. Teorija upravlenija / Pod red. A.L. Gaponenko, A.P. Pankruhina. – M.: RAGS, 2003. – 558 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.075

Нечитайло А.Н.<sup>1</sup>, Погодин И.Е.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-1825-0023, Кандидат химических наук, доцент, ВИ (И-Т) ВА МТО,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-1825-0097, Доктор физико-математических наук, профессор,

ВМПИ ВУНЦ ВМФ ВМА, Санкт-Петербург

## КОНТРОЛЬ МОДЕЛИ И РЕШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Аннотация

Важность адекватности выбираемой модели и необходимость исследовательского (нешаблонного) подхода к ее решению продемонстрирована на примере простой задачи.

**Ключевые слова:** модель, скорость, траектория.

Nechitailo A.N.<sup>1</sup>, Pogodin I.E.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-1825-0023, PhD in Chemistry, Associated professor, Military Academy of the Material and Technical Maintenance named by General of the Army A.V. Khrulev, St. Petersburg,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-1825-0097, PhD in Physics and Mathematics, Professor, Naval Polytechnical Institute of N.G. Kuznetsov Naval Academy, St. Petersburg

## CONTROL OF MODEL AND SOLUTION OF PRACTICAL PROBLEMS

Abstract

Importance of adequacy to the chosen model and the need of the research (not sample) approach to its decision are shown on the example of a simple problem.

**Keywords:** model, speed, trajectory.

We will show on the example of a simple problem the importance of research approach to a choice of model and to the search of alternative decisions.

For this purpose it is proposed to consider some various methodically important approaches to the decision of elementary, though rather rare [1] problems of search of the minimal speed allowing in "vacuum" conditions to throw a dot material body through the barrier height of "h" located on horizontal distance of "L" from a position:

- a) of "an obvious ipromptu",
- b) of decision of system of inequalities,
- c) of the physical analysis at the qualitative level.

a) Many even skilled professional physicists believes at once that the top of a parabolic trajectory of a body has to appear precisely over the top point of a barrier.

Then, using entered designations of  $g$  - for acceleration of gravity,  $v$  - for the initial speed forming a corner  $\alpha$  with the horizon and  $t$  - for flight time to more top point of a barrier:

$$\left\{ \begin{array}{l} L = v t \cos \alpha \\ h \leq v t \sin \alpha - 0.5 g t^2 \\ v \sin \alpha = g t \end{array} \right\} \quad \left\{ \begin{array}{l} t = v g^{-1} \sin \alpha \\ \sin 2 \alpha = 0.5 L g v^{-2} \\ v \geq (g(2h + 0.5L^2/h))^{0.5} \end{array} \right\} \quad (1)$$

About that this decision is inadequate to given problem, it is possible to be convinced, for example, considering limit cases: if at  $L \rightarrow 0$  we receive the true:  $v \rightarrow (2gh)^{0.5}$ , but at  $h \rightarrow 0$  is expected  $v \rightarrow \infty$  that is incorrect.

c) Without doing heuristic assumptions of model (a) we start from two kinematic equations in two orthogonal projections:

$$\left\{ \begin{array}{l} L = v t \cos \alpha \\ h \leq v t \sin \alpha - 0.5 g t^2 \end{array} \right\}$$

then we will exclude time  $t$  and using parameter:  $z \equiv 0.5 g L^2 v^{-2}$  we will receive a quadratic equation:

$$t g(\alpha)^2 - \frac{L}{z} t g(\alpha) + 1 + \frac{h}{z} = 0$$

We come from the requirement of nonnegativity of its discriminant to the result:

$$v \geq (g(h + (h^2 + L^2)^{0.5}))^{0.5} \quad (2)$$

The sign "plus" before the radical is chosen to obtain the correct limit value

$$v \rightarrow (2gh)^{0.5} \text{ if } L \rightarrow 0.$$

c) Attention is drawn to the simple form (2) of the expression obtained, it is assumed that there may be even more intuitive "semi-quantitative, physical" way to solve. Indeed, in terms of energy problem it is close to the estimation of the required initial velocity of the jumper who is flying to the top of the barrier (coordinates:  $L$ ,  $h$ ), uses the pole of the length  $0.5(h^2 + L^2)^{0.5}$ , and relies the middle point between the points of beginning and end of the flight at an height of  $0.5h$  (real or fictional, chosen length of the pole has no influence on the result). Then its initial kinetic energy has to be equal to the potential energy of the jumper at the top point of trajectory:  $0.5mv^2 = 0.5m(g(h + (h^2 + L^2)^{0.5}))$  and leads to an expression (2) for minimal necessary speed too.

Interestingly, that from  $tg(2\alpha) = -L/h$ , where  $\alpha$  is angle between initial speed vector and horizontal line, flows:  $tg(\alpha) = \frac{h+(h^2+L^2)^{0.5}}{L}$ , i.e. "aiming" is necessary pithily, located higher than overhead point of barrier on the size of distance from the start point to the top of barrier. Another feature consists in that the tangent of angle  $\beta$  of slope of speed of body on the top of barrier with a vertical line is equal  $tg(\beta) = \frac{h+(h^2+L^2)^{0.5}}{L}$ , i.e. speed of body in the overhead point of barrier is orthogonal to his initial speed at start point.

In summary we will emphasize that the invalidity of the decision (1) of the first model (item "and") was found at research of its consequences (limit transition to small  $h$ ) and until other solution (2) for comparison was found, it, generally speaking, couldn't be rejected. Points ("b" and "c") showed invariance of result to various methods of its receiving.

So, on the presented example it is shown that at the decision even of simple physical problem the research approach allows not only to define and expand a scope of the received result, but also to reject decisions which falsehood a priori isn't obvious at all.

#### References

1. Butikov E.I, Kondratyev A.S. Physics, 2001, М.-SPb., «Physmathlit», page 70 (352p).

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.003

Пивцаев А.А.<sup>1</sup>, Разов В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5514-9422, аспирант, <sup>2</sup>кандидат физико-математических наук, доцент,  
Дальневосточный федеральный университет

#### ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ «ПУЗЫРЬКА» ПОЗИТРОНИЯ

#### Аннотация

*В настоящее время существует много моделей, описывающих поведение позитрона и позитрония в жидкостях и растворах. Но, в своём большинстве, эти модели, не учитывают то, что параметры «пузырька» зависят от характеристик растворов. А значит получающиеся результаты не могут быть полностью достоверны истинным показателям. Наша программа, написанная по модели, описанной в статье Бучихина [1], учитывает все характеристики растворов и жидкостей, влияющих на изменение параметров «пузырька» и позволяет быстро, и легко рассчитать эти параметры.*

**Ключевые слова:** позитроний, позитронная аннигиляционная спектроскопия с временным разрешением, «пузырьковая» модель.

Pivtsaev A.A.<sup>1</sup>, Razov V.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5514-9422, Postgraduate student, <sup>2</sup>PhD in Physics and mathematics, associate professor,  
Far Eastern Federal University

#### THE PROGRAM FOR CALCULATION OF PARAMETERS OF POSITRONIUM "BUBBLE"

#### Abstract

*Currently, there are many models that describe the behavior of the positron and positronium in liquids and solutions. But for the most part, these models do not take into account that the parameters of the "bubble" depend on the characteristics of the solutions. So the results obtained may not be completely reliable indicators of true. Our program was written by the model described in the article Buchihina [1], takes into account all the characteristics of solutions and liquids that affect the change of parameters "bubble" and allows you to quickly and easily calculate these parameters.*

**Keywords:** positronium, positron annihilation spectroscopy with a time resolution, "bubble" model.

Пузырьковая модель была введена Ferrell [2], чтобы оценить увеличение времени жизни pick-off распада Ортопозитрония в жидкостях. Этот процесс, посредством которого позитрон в ортопозитронии чувствует электроны с противоположным спином в окрестности, называется двухфотонная аннигиляция. Уменьшение оценки (по сравнению с ожидаемой) было приписано отталкиванию молекул растворенным позитронием через отталкивающее взаимодействие, возникающее от электрона, распределяющееся (обменивающееся) между двумя (Ps

и молекулами). Как и предполагалось, это будет вести к локализованному состоянию позитрония внутри пузырька или потенциальной ямы.

Величина pick-off аннигиляции  $\lambda_p$  от атомов (или молекул) в окружающей жидкости, согласно Роеллигу [3], дается формулой:

$$\lambda_p = \pi r_0^2 c Z_{\text{eff}} n P_{\text{out}} \quad (1)$$

где  $r_0$  классический радиус электрона,  $c$  – скорость света,  $n$  – плотность молекул на участке аннигиляции в жидкости, и  $Z_{\text{eff}}$  – эффективное число электронов входящих в молекулу при pick-off аннигиляции позитронов в o-Ps. Медленные позитроны не могут проникнуть глубоко в атом, вклад в  $Z_{\text{eff}}$  дают только валентные электроны.  $P_{\text{out}}$  – вероятность выхода атома позитрония за пределы потенциальной ямы:

$$P_{\text{out}} = \frac{\sin^2(kR)}{1 - kR \text{ctg}(kR)} \quad (2)$$

где  $R$  – радиус «пузырька» позитрония,  $k$  – коэффициент пропорциональности.

Соотношения (1), (2) и граничные условия дают возможность, по измеренным характеристикам аннигиляционных спектров [4], рассчитать величины  $kR$ ,  $R$ ,  $U$ .

Нами была написана программа для расчета размера ( $R$ ) «пузырька». С помощью которой были сверены результаты, полученные в другой статье [5]. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение данных, полученных и взятых из статьи

| ВОДА - МЕТАНОЛ | C, %   | $Z_{\text{эфф}}$ | $\tau_3$ , нс | $\sigma$ , дин/см <sup>2</sup> | $\text{Ln } \sigma$ | R, А (статья) | R, А (по программе) | $\lambda$ pick-off | $n \lambda$ pick-off          |
|----------------|--------|------------------|---------------|--------------------------------|---------------------|---------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|
|                |        | 100,00           | 4,00          | 3,185                          | 22,5                | 3,11          | 2,805               | 2,805              | 0,31                          |
|                | 95,14  | 13,71            | 3,165         | 23,0                           | 3,14                | 2,802         | 2,802               | 0,32               | -1,15                         |
|                | 70,00  | 12,20            | 3,021         | 25,5                           | 3,24                | 2,807         | 2,807               | 0,33               | -1,11                         |
|                | 39,80  | 10,39            | 2,506         | 32,0                           | 3,47                | 2,851         | 2,851               | 0,40               | -0,92                         |
|                | 19,80  | 9,19             | 2,188         | 40,5                           | 3,70                | 2,834         | 2,834               | 0,46               | -0,78                         |
|                | 9,80   | 8,59             | 1,992         | 50,6                           | 3,92                | 2,772         | 2,772               | 0,50               | -0,69                         |
|                | 0,00   | 8,00             | 1,764         | 72,8                           | 4,29                | 2,637         | 2,637               | 0,57               | -0,57                         |
| ВОДА – ДИОКСАН | C, %   | $Z_{\text{эфф}}$ | $\tau_3$ , нс | $\sigma$ , дин/см <sup>2</sup> | $\text{Ln } \sigma$ | R, А (статья) | R, А (по программе) | $\lambda$ pick-off | $\text{Ln } \lambda$ pick-off |
|                | 100,00 | 36,00            | 2,740         | 33,60                          | 3,52                | 2,884         | 2,884               | 0,37               | -0,99                         |
|                | 70,00  | 27,71            | 2,584         | 34,25                          | 3,53                | 2,882         | 2,882               | 0,39               | -0,94                         |
|                | 39,80  | 21,94            | 2,488         | 35,75                          | 3,58                | 2,385         | 2,835               | 0,40               | -0,92                         |
|                | 19,80  | 16,46            | 2,392         | 38,30                          | 3,65                | 2,867         | 2,867               | 0,42               | -0,87                         |
|                | 9,80   | 10,86            | 2,028         | 49,00                          | 3,89                | 2,809         | 2,809               | 0,49               | -0,71                         |
|                | 0,00   | 8,00             | 1,764         | 72,75                          | 4,29                | 2,637         | 2,637               | 0,57               | -0,56                         |

По данным таблицы видно, что радиус «пузырька» позитрония, рассчитанный по нашей программе с точностью до тысячных совпадает с данными статьи, а значит данные соответствуют формулам (1) и (2).

Для подтверждения достоверности полученных результатов был построен график зависимости  $\text{Ln } \lambda$  от  $\text{Ln } \sigma$ , рисунок 1. Ведь согласно формуле, приведенной в статье [6]:

$$\lambda_{\text{pick-off}} = 0,07 * \sigma^{1/2} \quad (3)$$

если прологарифмировать выражение (3), то графиком зависимости, должна быть – прямая.

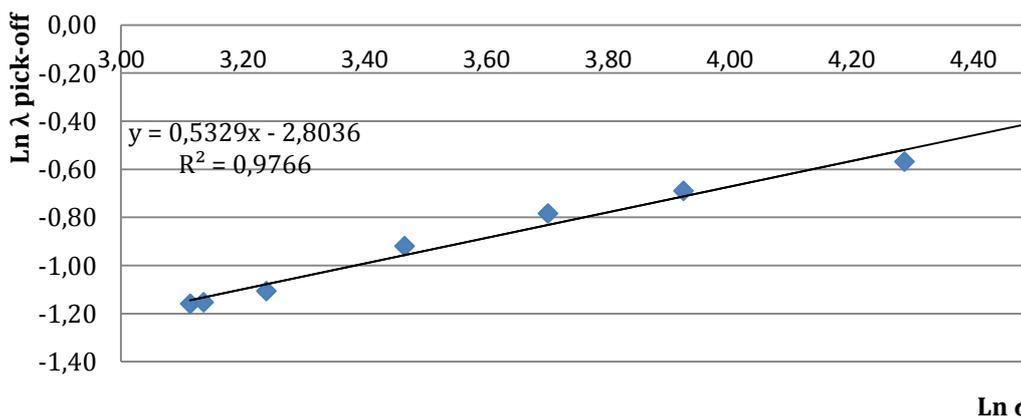


Рис. 1 – График зависимость  $\text{Ln } \lambda$  от  $\text{Ln } \sigma$ .

На рисунке 1 видно, что погрешность точек графика меньше 5%, т. о. данные, полученные по нашей программе «Bubblemod», соответствуют выше признанным формулам параметров «пузырька» и аннигиляционных характеристик позитрония.

### Программы.

(Для расчета жидкостей)

```

PROGRAM BUBBLEMOD
  INTEGER*2 iasc, iscan
  REAL T2, Z, V, L2, UR, GT, U
  REAL C0,K0,K1
  COMMON/P/P
  EXTERNAL F
  CHARACTER*60 NAME
  C0=4.5071
  K0=0.0387
  K1=1.378
C
  WRITE(*,1)
  1  FORMAT(4X,'TIP OF SAMPLE : ',A60)
  READ(*,2) NAME
  2  FORMAT(A60)
  WRITE(*,*) 'INPUT LIFETIME T2 (nsek)'
  READ(*,*) T2
  WRITE(*,*) T2
  WRITE(*,*) 'INPUT EFFECTIVE CHARGE Z '
  READ(*,*) Z
  WRITE(*,*) Z
  WRITE(*,*) 'INPUT MOLAR VOLUME V '
  READ(*,*) V
  WRITE(*,*) V
  WRITE(*,*) 'INPUT VOLUME OF SURFACE-TENSION GT '
  READ(*,*) GT
  WRITE(*,*) GT
C
  L2=1/T2
  P=(V*L2)/(C0*Z)
  WRITE(*,*) ' INPUT LIMITS OF ZERO A,B'
  READ(*,*) A,B
  WRITE(*,*) A,B
  TOL=1.E-5
  Z0=ZEROIN(A,B,F,TOL)
  UR=SQRT( ABS( ( Z0*( TAN( Z0 ) - Z0 ) * GT )/SIN( Z0 )**4 ) )
  U=K0*UR
  R=Z0*K1/SQRT(U)
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'T2 = ',T2,' (nsek)'
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'L2 = ',L2
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'Z eff = ',Z
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'V = ',V,' (sm3/mol)'
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'GT = ',GT,' (dyn/sm)'
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'P(kR) = ',P
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'kR = ',Z0
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'U = ',U,' (eV)'
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'R = ',R,' (angstrem A)'
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,1) NAME
  WRITE(*,*)
  WRITE(*,*) 'DO YOU WANT HARD COPY ?(Y = "Yes",N = "No")'

```

```

CALL ONKEYW(iasc,iscan)
IF((iasc.EQ.89).OR.(iasc.EQ.121)) THEN
  WRITE(10,1) NAME
  WRITE(10,*)
  WRITE(10,*) ' MOLAR VOLUME V =',V,'(sm3/mol)'
  WRITE(10,*)
  WRITE(10,*) ' Z eff =',Z
  WRITE(10,*)
  WRITE(10,*) ' SURFASE-TENSION =',GT,'(dyn/sm)'
  WRITE(10,*)
  WRITE(10,*) ' P(kR)=' ,P
  WRITE(10,*)
  WRITE(10,*) ' kR=' ,Z0
  WRITE(10,*)
  WRITE(10,*) ' POTENTIAL DEPTH U=' ,U,'(electronvolts)'
  WRITE(10,*)
  WRITE(10,*) ' BUBBLE RADIUS R =',R,'(angstrem A)'
ENDIF
STOP
END
FUNCTION F(T)
COMMON/P/P
F=SIN(T)**2/(1.-T*COTAN(T))-P
RETURN
END

```

(Для расчета растворов)

```

PROGRAM BUBBLEMOD
  REAL T2,ML,MS,RL,RS,ZL,ZS,CL,CS,VL,WL,WS,Z,V,XL,XS,L2,UR,GT,U
  REAL C0,K0,K1
  COMMON/P/P
  EXTERNAL F
  CHARACTER*60 NAME
  C0=4.5071
  K0=0.387
  K1=1.949
C
  WRITE(*,1)
1  FORMAT(4X,'TIPE OF SAMPLE : ',A60)
  READ(*,2) NAME
2  FORMAT(A60)
  WRITE(*,*) 'INPUT LIFETIME T2 (nsek)'
  READ(*,*)T2
  WRITE(*,*)T2
  WRITE(*,*) 'INPUT MOLAR MASS OF SOLVENT ML (g/mol)'
  READ(*,*)ML
  WRITE(*,*)ML
  WRITE(*,*) 'INPUT MOLAR MASS OF SOLUTE MS (g/mol)'
  READ(*,*)MS
  WRITE(*,*)MS
  WRITE(*,*) 'INPUT DENSITY OF SOLVENT RL (g/ml)=(g/sm3)'
  READ(*,*)RL
  WRITE(*,*)RL
  WRITE(*,*) 'INPUT DENSITY OF SOLUTE RS (g/sm3)'
  READ(*,*)RS
  WRITE(*,*)RS
  WRITE(*,*) 'INPUT VOLUME OF SOLVENT VL (ml)'
  READ(*,*)VL
  WRITE(*,*)VL
  WRITE(*,*) 'INPUT MASS OF SOLUTE WS (g)'
  READ(*,*)WS
  WRITE(*,*)WS
  WRITE(*,*) 'INPUT EFFECTIVE CHARGE OF SOLVENT ZL eff'
  READ(*,*)ZL
  WRITE(*,*)ZL

```

```

WRITE(*,*) 'INPUT EFFECTIVE CHARGE OF SOLUTE ZS eff'
READ(*,*)ZS
WRITE(*,*)ZS
WRITE(*,*) 'INPUT VOLUME OF SURFASE-TENSION GT (dyn/sm)'
READ(*,*)GT
WRITE(*,*)GT
C ***** вычисление молярного объема раствора *****
WL=RL*VL
CL=WL/(WL+WS)
CS=WS/(WL+WS)
V=(ML/RL)*CL+(MS/RS)*CS

c ***** вычисление эффективного заряда раствора *****
XL=(WL/ML)/(WL/ML+WS/MS)
XS=(WS/MS)/(WL/ML+WS/MS)
Z=ZL*XL+ZS*XS

c ***** расчет вероятности выхода из ямы *****
L2=0.693/T2
P=(V*L2)/(C0*Z)

c ***** определение kR *****
WRITE(*,*) 'INPUT LIMITS OF ZERO A'
READ(*,*)A
WRITE(*,*)A
WRITE(*,*) 'INPUT LIMITS OF ZERO B'
READ(*,*)B
WRITE(*,*)B
TOL=1.E-5
Z0=ZEROIN(A,B,F,TOL)

C ***** расчет глубины потенциальной ямы *****
UR=SQRT(ABS((Z0*(TAN(Z0)-Z0)*GT)/SIN(Z0)**4))
U=K0*UR

c ***** определение радиуса ямы *****
R=Z0*K1/SQRT(U)

c ***** вывод результатов на экран *****
WRITE(*,*) 'T2=',T2,'(nsek)'
WRITE(*,*) 'WL=',WL,'(gramm)'
WRITE(*,*) 'WS=',WS,'(gramm)'
WRITE(*,*) 'CL=',CL
WRITE(*,*) 'CS=',CS
WRITE(*,*) 'XL=',XL
WRITE(*,*) 'XS=',XS
WRITE(*,*) 'Z eff =',Z
WRITE(*,*) 'V=',V,'(sm3/mol)'
WRITE(*,*) 'GT=',GT,'(dyn/sm)'
WRITE(*,*) 'P(kR)=',P
WRITE(*,*) 'kR=',Z0
WRITE(*,*) 'U=',U,'(eV)'
WRITE(*,*) 'UR=',UR
WRITE(*,*) 'R=',R,'(angstrem A)'
WRITE(*,1)NAME
WRITE(*,*) 'DO YOU WANT HARD COPY ?(Y="Yes",N="No")'
CALL ONKEYW(iasc,iscan)
IF((iasc.EQ.89).OR.(iasc.EQ.121)) THEN
  WRITE(10,1)NAME
  WRITE(10,*)'SOLVENT CONC N C1   =',CL
  WRITE(10,*)'SOLUTE CONC N Cs   =',CS
  WRITE(10,*)'SOLVENT MOLAR PART   =',XL
  WRITE(10,*)'SOLUTE MOLAR PART   =',XS
  WRITE(10,*)'MOLAR VOLUME V     =',V,'(sm3/mol)'
  WRITE(10,*)'Z eff               =',Z
  WRITE(10,*)'SURFASE-TENSION     =',GT,'(dyn/sm)'

```

```

WRITE(10,*)P(kR)      =',P
WRITE(10,*)kR         =',Z0
WRITE(10,*)POTENTIAL DEPTH U  =',U,'(eV)'
WRITE(10,*)BUBBLE RADIUS R    =',R,'(angstrom A)'
ENDIF
STOP
END
FUNCTION F(T)
COMMON/P/P
F=SIN(T)**2/(1.-T*COTAN(T))-P
RETURN
END

```

### Литература

1. Бучихин А. П., Гольданский В. И., Татур А. О., Шантарович В. И. Атом Позитрония в органических жидкостях // Журнал экспериментальной и теоретической физики, Т. 60, вып. 3 – 1971, с.1136 – 1140.
2. Ferrell R. A. Phys. Rev., 1957, с. 108, с. 167.
3. Roellig L. O., Stewart A. T.. Proc. of the Conf. Held at Wayne State Univ. 1965, p. 127.
4. Пивцаев А. А., Разов В. И.. Исследование химических канцерогенов методом позитронной аннигиляционной спектроскопии с временным разрешением // Журнал прикладной спектроскопии, Т. 80, № 5, 2013, с. 806 – 809.
5. Бучихин А.П., Гольданский В.И., Татур А.О., Шантарович В.П. Атом позитрония в органических жидкостях.//Журнал экспериментальной и теоретической физики, - 1971. – 60, №3. – С. 1136 – 1140.
6. Tao SJ (1972) Positronium annihilation in molecular substances. J Chem Phys 56:5499–5510.

### References

1. Buchihin A. P., Gol'danskij V. I., Tatur A. O., Shantarovich V. I. Atom Pozitronija v organicheskikh zhidkostjah // Zhurnal jeksperimental'noj i teoreticheskoy fiziki, Т. 60, вып. 3 – 1971, s.1136 – 1140.
2. Ferrell R. A. Phys. Rev., 1957, s. 108, s. 167.
3. Roellig L. O., Stewart A. T.. Proc. of the Conf. Held at Wayne State Univ. 1965, p. 127.
4. Pivcaev A. A., Razov V. I.. Issledovanie himicheskikh kancerogenov metodom pozitronnoj annigiljacionnoj spektroskopii s vremennym razresheniem // Zhurnal prikladnoj spektroskopii, Т. 80, № 5, 2013, s. 806 – 809.
5. Buchihin A.P., Gol'danskij V.I., Tatur A.O., Shantarovich V.P. Atom pozitronija v organicheskikh zhidkostjah.//Zhurnal jeksperimental'noj i teoreticheskoy fiziki, - 1971. – 60, №3. – S. 1136 – 1140.
6. Tao SJ (1972) Positronium annihilation in molecular substances. J Chem Phys 56:5499–5510.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.047

Толмачев С. В.

АЭХК, пенсионер

## ЖИДКОСТНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА, ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ И КОСМОЛОГИЯ. ЧАСТЬ 1

*Аннотация*

*В статье изложены качественные принципы построения жидкостной модели атома, принципы движения тел и гравитации.*

**Ключевые слова:** модель атома, принцип движения тел, гравитация.

Tolmachev S.V.

Pensioner, AECC

## THE LIQUID MODEL OF THE ATOM, THE RELATIVITY AND THE COSMOLOGY. PART 1

*Abstract*

*The article describes the qualitative principles of fluid atomic model construction, principles of solid's motion and the principle of gravity.*

**Keywords:** atom model, principle of motion of bodies, gravitation.

### 1. Введение.

С одной стороны скорость развития науки поражает – в течение двух, трех человеческих жизней произошли гигантские изменения в физике, астрономии и в других областях человеческого знания, с другой – удивляет. Удивляет тем, что основа физики это:

- постулаты Ньютона и уравнения Максвелла, написанные еще до возникновения первых атомных теорий и до открытия частиц несущих элементарный электрический заряд;
- преобразования Лоренца и теории относительности, сформулированные в те времена, когда эфир и свет были взаимосвязаны;
- ядерная модель атома, выросшая из планетарной, вступившая в серьезное противоречие с классической электродинамикой.

Модель атома, впитавшая в себя все лучшее из предшествующих знаний, должна объяснять все. Из нее должно вытекать все устройство нашего мира: и простые механические взаимодействия и оптика и гравитация и макропроцессы в астрофизике. К сожалению, современная модель атома этим требованиям не соответствует. В ней нет ответа на множество вопросов, в том числе и на фундаментальные: «Что такое гравитация?», «Почему

тяготеющие объекты Вселенной не слились в нечто, единое целое, при бесконечной во времени жизни Вселенной?». В ней нет ответа и на самый простой вопрос: «Может ли система, подобная планетарной модели, образовывать вещество?». Равенство зарядов ее оболочки и центра еще не означает ее электрическую нейтральность. Приближаясь к атому такой конструкции, мы приближаемся к отрицательно заряженным электронным оболочкам, а значит к отрицательно заряженному телу. Все атомы вещества должны по этой причине стремиться разбежаться в разные стороны, а не образовывать молекулы вещества или устойчивую кристаллическую решетку. А это не так.

Сколько людей - столько и мнений. Результаты одного эксперимента могут быть объяснены совершенно противоположно разными людьми. Какое из этих объяснений примет научная общественность за истину - дело субъективное. Тогда объективна ли, например, физика как наука?

Вот пример. Опыты по облучению альфа частицами металлических пластинок, произведенные в лаборатории Резерфорда в начале 1900-х гг., привели к возникновению идеи о существовании внутри атома некоторого маленького, тяжеленького, положительно заряженного центра – ядра, и созданию планетарной модели атома. Но результаты этих экспериментов можно объяснить и по-другому. Например, вот так. Исследователи полагали, что облучаемая тонкая металлическая пластинка состоит из шариков атомов, плотно упакованных в форму пластины, жестко связанных друг с другом (пластинка прочна и механически не распадается). Обстреливали пластинку частицами, по своей сути являющимися атомами другого вещества, то есть шариками меньших размеров, мелкой дробью, так сказать, но летящей с большой скоростью. И тот факт, что только очень маленькая часть дробинки отскакивала на большие углы, а некоторые меняли направление движения на противоположное, говорит только о том, что:

- шары атомов в веществе пластины «упакованы» совсем не так плотно, как полагалось ранее;
- центральный удар дробинки в шар атома (центральный удар атома в атом) не выбивает атомы вещества из пластины, следовательно, силы, связывающие атомы пластины – значительны, и этот удар эквивалентен удару дробинки во всю пластину, значительно превосходящую ее по массе;
- вычисленные размеры рассеивающего центра являются эффективными в отношении рассеяния размерами шаров атомов пластины.

Что здесь не логично? Тогда почему сделали вывод о наличии какого-то положительно заряженного центра – ядра в атоме, построили модель, вступившую в противоречие с электродинамикой, построили квантово-механические принципы, якобы спасающие эту модель, и еще сто лет пользуемся ею, и считаем приемлемой? Понятно, что исследователи на всех этапах этого развития теории строения атома из всех вариантов объяснения выбирали то, что работало на их собственные модели, что конечно логично. А почему пользуемся ею мы, сейчас, видя ее искусственность?

Вот другой пример. Известно, что всякое изменение напряженности электрического поля в точке пространства приводит к возникновению меняющегося магнитного поля в окружающем эту точку пространстве, что в свою очередь приводит к возникновению меняющегося электрического поля – то есть приводит к возникновению и движению в пространстве электромагнитной волны. Значит, движение частицы, несущей в себе электрический заряд, должно сопровождаться электромагнитной волной, так как при движении такой частицы происходит именно такое изменение напряженности электрического поля в окружающих частицу точках пространства. И такая волна действительно сопровождает заряженную частицу, но, как утверждает классическая электродинамика, только двигающуюся с ускорением частицу (например, с торможением – тормозное излучение) [1]. Однако, в 1934 г. было открыто излучение, сопровождавшее равномерно двигающийся электрон. Электрон, излучающий видимое глазом свечение, двигался в прозрачной среде, со скоростью превышающей скорость света в данной среде. Речь идет о так называемом излучении Вавилова – Черенкова. Это излучение, как выяснилось позже, в 1936 г., не вытекающее из логики классической электродинамики, обладало примечательной особенностью – испускалось вперед, конусом, под определенным углом к направлению движения частицы и поэтому привлекло внимание исследователей. Теоретическое объяснение этого свечения поляризацией молекул среды (смещением зарядов в атомах – с образованием электрических диполей) вблизи движущейся частицы и испускание этими диполями данного излучения, как известно, было сделано Франком и Таммом. За что и открыватель и объяснившие этот эффект в 1957 г. получили премии. Хочу заметить, что такое теоретическое объяснение этого излучения, нивелировало значение этого открытия. Оно не противоречит выводам классической электродинамики, но вряд ли является адекватным по отношению к реальным процессам, протекающим в природе. Поясно:

- Допустим, что электрон, движущийся в среде, может вынудить сместиться электронные облака атомов так, что «оголится» положительно заряженное ядро атома и атом станет электрическим диполем. Но тогда электрон должен потерять часть своей энергии движения на образование этого диполя и его разворот вокруг собственной оси по мере движения вблизи электрона. Значит, электрон должен тормозиться, а не двигаться равномерно. Потерянная электроном энергия, должна восполниться испущенным атомом кванта Черенковского излучения – при условии универсальности закона сохранения энергии. Откуда атом знает, какой энергии квант нужно испустить и в каком направлении, чтобы не нарушился еще и закон сохранения импульса этой системы?

• Квантово-механическая модель (или ядерная модель) разрешает находиться внутриатомным электронам только на жестко определенных орбитах, и эти орбиты ни как не могут вытянуться, стать эллиптическими, следовательно, образование диполей вследствие воздействия рядом пролетающего электрона невозможно.

- Все атомы, на которые воздействует движущийся электрон, расположены радиально по отношению к нему в любой момент времени. Если эти атомы вдруг по какой-то причине начнут излучать волны, то направление движения этих волн будет сферически симметричным, а отнюдь не образовывать конус.

Таким образом, объяснить наличие излучения так, как это сделали Тамм и Франк – невозможно. Кроме того, в процессе объяснения свечения с такой позиции, возникают мысли о состоятельности и модели атома, и электродинамики в целом, и знаний о строении вещества.

В то же время, если подойти к объяснению этого явления с позиции электромагнитной индукции, с того с чего начинался этот пример, то многое становится понятным и объяснимым. Но при этом нужно добавить еще вторую часть этой мысли, звучащую примерно так: возникающее переменное магнитное поле порождает силу, препятствующую первоначальному изменению напряженности электрического поля в пространстве, вызванному движением частицы – то есть, возникающая электромагнитная волна притормаживает частицу. Таким образом, возникающая электромагнитная волна по сути своей является тормозным излучением. Следовательно, движение заряженной частицы приводит к возникновению сопровождающего излучения и торможению частицы, а не наоборот. А это означает, что при движении с любой скоростью должно возникать сопровождающее частицу излучение. Удобно, возникающую волну описывать скоростью изменения напряженности во фронте волны  $V$  (рисунок 1). При этом, под напряженностью можно понимать напряженность электрического поля, или напряженность магнитного поля – привычные для читателя термины, или плотность той среды, в которой движется волна. На рисунке 1 по оси ординат отложена плотность среды –  $\rho$ , по оси абсцисс время  $t$ . Если скорость изменения напряженности (или плотности) в единицу времени у волны такая же, как у волны видимого света, то испускаемое излучение воспринимается глазом как видимый свет. Скорость изменения напряженности зависит от скорости электрона. Электрон как бы «бороздит» среду, в которой он движется, создавая в ней волну. При движении его в некотором интервале скоростей сравнимых со скоростью света в этой среде, сопровождающая его волна должна быть видна с любым из цветов радуги (цвет излучения соответствует скорости частицы). При движении его с большей скоростью, чем скорость видимого света, сопровождающая волна перейдет в невидимую глазом часть спектра – более жесткую, конус ее вытянется. В направлениях перпендикулярных этому конусу скорость волны будет равна скорости света, но увидеть волну глазом – невозможно. При движении со скоростями ниже световой скорости – излучение будет сферическим, без конуса, в инфракрасной части спектра электромагнитных волн.

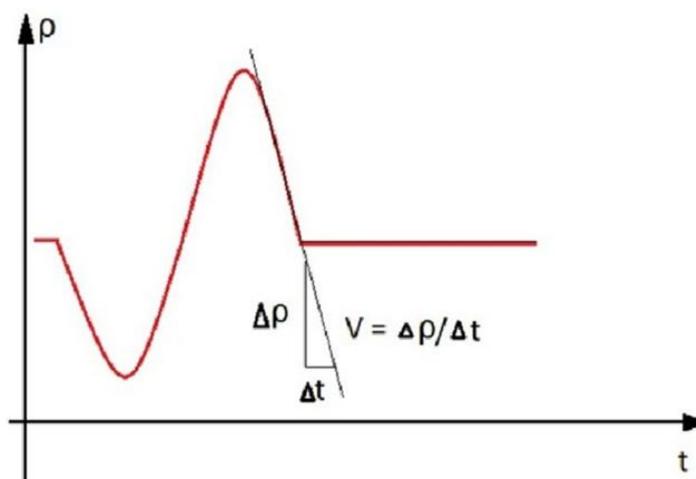


Рис. 1

Но тогда из выше написанного следует то, что должно было сделано еще в 1930-е гг. и уж точно в 1957 г., когда открывателю и теоретикам были вручены премии – выводы:

- Электродинамика говорящая, что излучает только заряд, движущийся с ускорением, неверно описывает физику процесса и требуется ее пересмотр. Всякий движущийся заряд сопровождается излучением и, вследствие этого тормозится. Из этого следует так же, что планетарная модель атома не может быть реальной.

- «Количество движения есть мера такового, устанавливаемая пропорционально скорости и массе. Количество движения целого есть сумма количеств движения отдельных частей его» [2]. Вот так строил свою механику Ньютон. Разбивая тело на отдельные части, гораздо меньшие, чем это делал сам Ньютон, мы приходим к тому, что это будут заряженные частички, из которых оно состоит. А они непрерывно двигаются в теле согласно современным представлениям и, следовательно, непрерывно что-то излучают. Значит, тело непрерывно теряет какое-то количество движения. Ньютон, конечно, не знал об этих скрытых свойствах тела и, предусмотрительно сделал оговорку об этом во вступлении к своему труду. Но современным физикам это-то известно. Из выше написанного следует, что принцип движения Ньютона, известный как принцип инерции: «Свойство тела, представленного самому себе, удерживать состояние покоя или равномерного прямолинейного движения» - нарушается. Движущееся тело непрерывно тормозится, что-то излучая в среде, в которой оно находится. Теория Ньютона хороша, но требует доработки.

- И вот еще одно следствие открытия Черенковым этого излучения, не замеченное или сознательно проигнорированное научной общественностью. «Пренебрежительное» отношение к системам отсчета некоторых знаменитых ученых 19-го, 20-го веков привело к «уравниванию» систем отсчета в правах и к формулировкам: принципа относительности; математических преобразований законов движения при переходе из одной системы отсчета в другую (преобразования Лоренца). Обнаружение же этого излучения, излучения движущегося заряженного тела в среде, как бы мы его не объясняли («правильно» или «неправильно»), говорит о противном: тело движется – излучает, не движется – не излучает. Эта среда есть абсолютная, выделенная система координат, неравнозначная другим, а все тела находящиеся в ней либо двигаются и излучают, либо покоятся не излучая. Критерий движения – наличие излучения. Принцип относительности не имеет физической реальности. Преобразования Лоренца, написанные для того, чтобы объяснить необъяснимое на тот момент времени, результаты опытов Майкельсона, имеют чисто математическую природу. Преобразования, приводящие к тому, что в зависимости от величины скорости тела

меняются его пространственные размеры, масса и вводится некоторое внутреннее собственное время тела – это математическая фикция, необходимая лишь для одного – для объяснения равенства скорости света вдоль направления движения планеты и поперек.

Обе теории относительности, таким образом, исходят из неверных предпосылок, искусственных математических теорий, не отражающих физическую реальность и, следовательно, сами искусственны.

Объективна ли физика как наука? Может быть, стоит пристальней посмотреть на ее теоретические основы? Может быть, стоит отказаться от некоторых искусственных теорий, тормозящих ее развитие, приводящих к умозаключениям типа «теория большого взрыва» и разного рода «темных» открытий. Может быть, надо просто разобраться с тем, что все-таки наблюдают астрофизики в необозримом космосе. Думаю, что ответ многолик. Объективность находится в прямой зависимости от субъективного – от издательств, направляющих и руководящих процессом распространения информации.

Так есть ли у физики надежный фундамент? Его нужно строить.

## 2. Жидкостная модель атома, относительность и космология.

2.1. Раз из модели атома следует все устройство Мира – построим ее: пока качественную, простую и понятную большинству людей интересующихся проблемой мироустройства Вселенной, не имеющую недостатков планетарной модели, состоящую из минимально возможного количества элементарных (неделимых) стабильных частичек, взаимодействующих между собой посредством всего одного взаимодействия.

2.2. В античной древности ученые предполагали, что заполнителем пустоты в космосе является особое небесное вещество. И Максвелл, в «Трактате об электричестве и магнетизме», предпринял вполне удачную попытку объяснить электромагнитные явления с помощью механического действия, передаваемого от одного тела к другому через посредство среды, находящейся в пространстве между телами. Наличие среды предполагалось у него также и в волновой теории света, эта среда должна быть упругой, конечной плотности [3].

Исходя из этого полезного опыта, пойдем таким же путем в построении модели атома, сделав более общее предположение: все (и космос, и тела) состоит из упругой, невидимой глазом жидкости конечной плотности, которую назовем привычным словом – *материя*.

2.3. Мы знаем, что все тела состоят из элементарных заряженных частичек, но что такое заряд мы определенно не знаем. Что мы знаем так это то, что существуют два рода частичек, отличающиеся друг от друга, которые либо притягиваются друг к другу, либо отталкиваются. И то и другое действия, как их называл Ньютон, центростремительные (кулоновские, гравитационные), обратно пропорциональны квадратам расстояния между частичками.

Исходя из этого, сделаем второе предположение: в этой жидкости есть два вида устойчивых флуктуаций – сгусток и дырка, такие как на рисунке 2 (красная – сгусток, синяя – дырка) такие, что суперпозиция их плотностей будет равна  $\rho_0$ . Изменение плотности жидкости в сгустке обратно пропорционально квадрату расстояния от центра сгустка. Изменение плотности в дырке противоположно этому изменению в сгустке. Изменение плотности сферически симметрично относительно центра флуктуации. Почему эти флуктуации стабильны? Нас это пока не интересует, такие они априори. Размеры их пока не заданы – это аналоги элементарным зарядам.

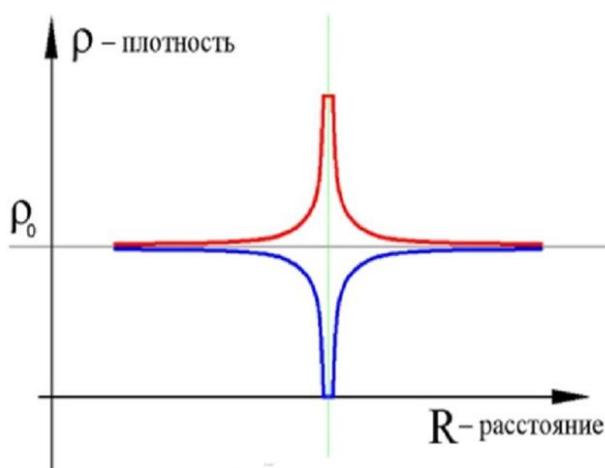


Рис. 2

Если мы разведем эти флуктуации (Рисунок 3), то средняя плотность по материи будет такая же  $\rho_0$ , хотя в каких то конкретных местах пространства заполненного материей, эта плотность будет отлична от средней.

Предположим, когда-то в материи возникли по каким-то причинам бесконечное множество таких пар и их частички (дырки и сгустки) развели в стороны. Какова будет средняя плотность материи в пространстве? Да все та же  $\rho_0$ , хотя где-то в конкретных местах плотность будет иной.

2.4. *Принцип движения.* Каждая флуктуация испытывает давление со стороны окружающей ее материи. Это давление пропорционально плотности окружающей ее материи: плотность больше – больше давление, меньше плотность – меньше давление. При наличии разности такого давления на флуктуацию с различных направлений, *флуктуация движется в сторону меньшего давления со стороны материи и скорость ее движения пропорциональна этой разности.* При отсутствии такой разности давлений - флуктуация не движется.

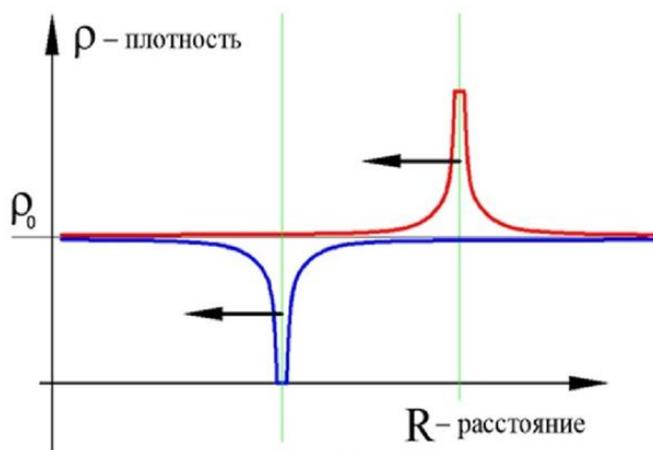


Рис. 3

Как видно из рисунка 3 давление, оказываемое на дырку со стороны сгустка, больше чем с противоположной стороны, и дырка движется справа налево. И на сгусток давление справа больше, чем давление со стороны дырки. Он тоже движется справа налево. Поскольку размеры (величина) элементарных дырок и сгустков равны, то и воздействия их друг на друга равны, и никогда сгусток не догонит дырку, но и не отстанет от нее.

Рассмотрим две дырки в области действия друг друга (Рисунок 4).

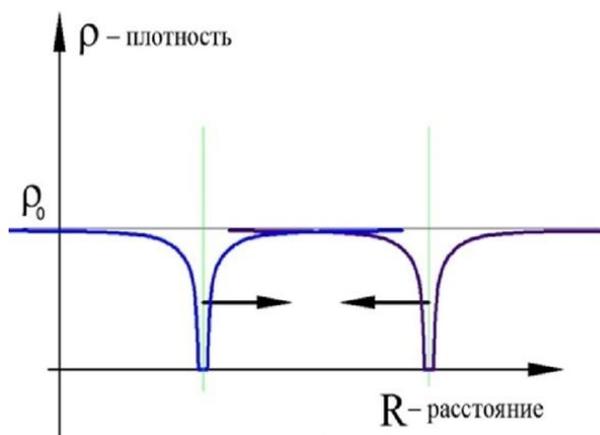


Рис. 4

Из рисунка 4 легко понять, что две дырки будут двигаться навстречу друг другу, а слившись, остановятся, образовав новую, большую по размерам дырку.

Рассмотрим два сгустка в области действия друг друга (рисунок 5).

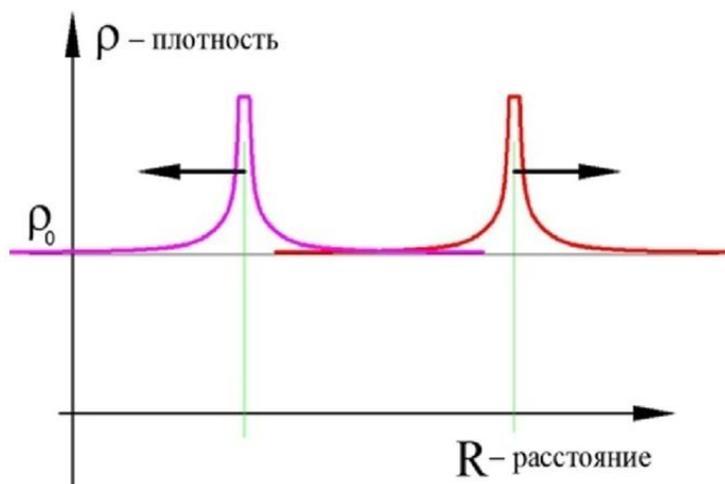


Рис. 5

Из рисунка 5 видно, что два сгустка отталкиваются друг друга.

Рассмотрим сгусток в области действия большой, составленной из нескольких элементарных дырок, дырки на рисунке 6. Назовем слившиеся несколько элементарных дырок в одну большую – дырой.

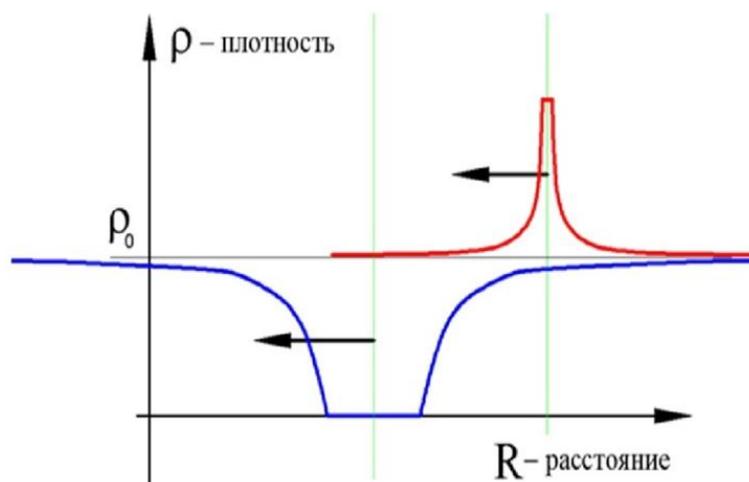


Рис. 6

Из рисунка 6 видно, что и дыра, и сгусток двигаются в одну сторону. Но поскольку дыра сложена из нескольких дырок, то градиент плотности окружающей сгусток материи будет больше, чем градиент плотности окружающей дыру. Следовательно, скорость движения сгустка будет больше скорости движения дыры. Сгусток догонит дыру, войдет в нее и остановится в ее центре, как на рисунке 7, после чего движение обоих прекратится.

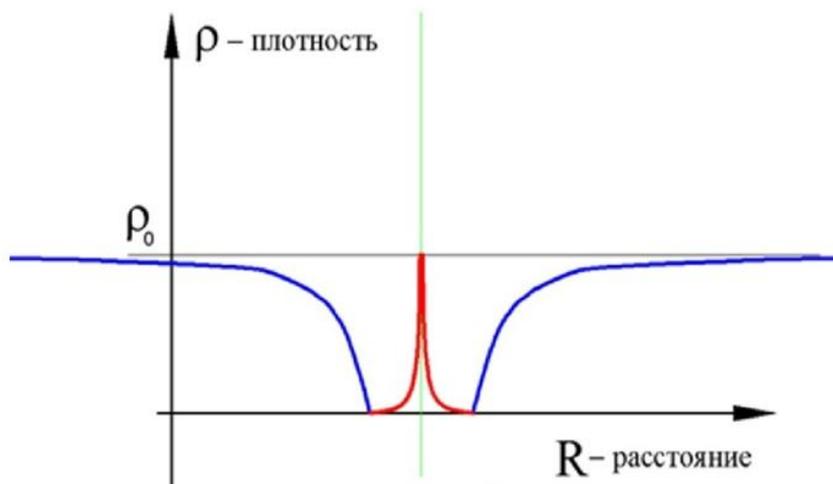


Рис. 7

Итак, проанализировав все эти взаимодействия, мы можем сделать следующие выводы:

- все дырки стремятся слиться друг с другом, образовав дыры;
- дыры способны захватывать сгустки, образуя систему похожую внешне на атом, состоящую из одной субстанции (суперпозиция плотностей сгустков и дыры) – материи; в такой системе на сгустки действует центростремительная сила со стороны дыры и силы отталкивания, между поглощенными сгустками; количество дырок в такой системе, должно превышать количество сгустков (иначе наступит ситуация близкая обсуждаемой на рисунке 3);
- имея в наличии такие две флуктуации, мы можем сконструировать два вида частиц: притягивающихся и отталкивающихся; притягивающие частицы могут быть простыми и составными;
- пара «дырка – сгусток» похожа на электронно-позитронную пару, а также похожа на фронт волны в жидкости материи, похожа на движущийся электрон с сопровождающей его волной разрядки;
- в материи могут остаться свободные сгустки, а вот дырки все нарасхват, что так же напоминает ситуацию с электронами и позитронами.

Что такое дырка и сгусток в мире открытых элементарных частиц?

Сгусток - подойдет и электрон, элементарен, имеется в огромных количествах, в свободном состоянии.

Дырка - полная противоположность электрону, возможно, это позитрон, если позитроны могут сливаться друг с другом и обладать такими же свойствами, как и дырка, в противном случае аналог - это другие, похожие, но еще не открытые частицы.

2.5. Рассмотрим еще один сгусток в области действия системы, которая изображена на рисунке 7. Что произойдет с этим сгустком? Он также будет захвачен и помещен в центральную часть системы, где успокоится на некотором расстоянии от другого сгустка, уже присутствующего там. В итоге получится система: дыра, в которой будут два неподвижных сгустка, расположенные на некотором расстоянии друг от друга и от центра. Если приблизим еще один сгусток, то получим: дыра, внутри которой будет три сгустка, равноотстоящие друг от друга (в углах правильного треугольника). Добавим еще сгусток – получим: дыра, внутри которой четыре сгустка в вершинах треугольной пирамиды. Пять сгустков: дыра с выпуклым многогранником (четырехугольная пирамида). И так далее. В 1878-1879-х гг. А. Майер экспериментальным путем производил подобные заполнения [4]. Только у него вместо сгустков были

маленькие пробки, с намагниченными иглами, плавающие на поверхности воды (магниты одним полюсом вверх), а вместо нашей дыры был большой магнит, расположенный над пробками противоположным полюсом вниз. Пробки между собой расталкивались, но стремились к центру под большим магнитом из-за центростремительной силы этого магнита и образовывались устойчивые конфигурации пробок. Если число пробок было до 5, то они располагались в углах правильного многоугольника. Если 6, то одна пробка занимала центр, остальные 5 – углы правильного пятиугольника с этим же центром. При количестве 29 пробок, в центре – одна пробка и остальные кольцами по 6, 9, 13 магнитиков. У А. Майера построения производились на плоскости, у нас же аналогичные построения в пространстве. У Майера: колебания внешнего магнита, получаемые передвижением его по вертикали, приводило к переходу одной конфигурации магнитиков в другую, тоже устойчивую конфигурацию. У нас же подобные изменения произойдут при изменении количества дырок, составляющих дыру системы. Если дыра достаточно большая, то она захватит достаточно много сгустков, прежде чем «насытится» и прекратит поглощать следующие, так как наступит ситуация, сходная с ситуацией, обсуждаемой на рисунке 3, когда и система, и сгусток будут двигаться с одинаковыми скоростями, без проникновения сгустка внутрь. Эти поглощенные сгустки построятся так: один в центре, а остальные на концентричных условных сферах в вершинах замкнутых многогранников. Такие сферически замкнутые конфигурации – многогранники известны: их называют фуллеренами.

2.6. Итак, атом это дыра в материи (дыра окрашена желтым цветом на рисунке 8), внутри которой концентрично центру дыры расположены сгусток и несколько сфер фуллеренов, в вершинах многогранников которых находятся сгустки материи (заштрихованная красным цветом часть рисунка 8).

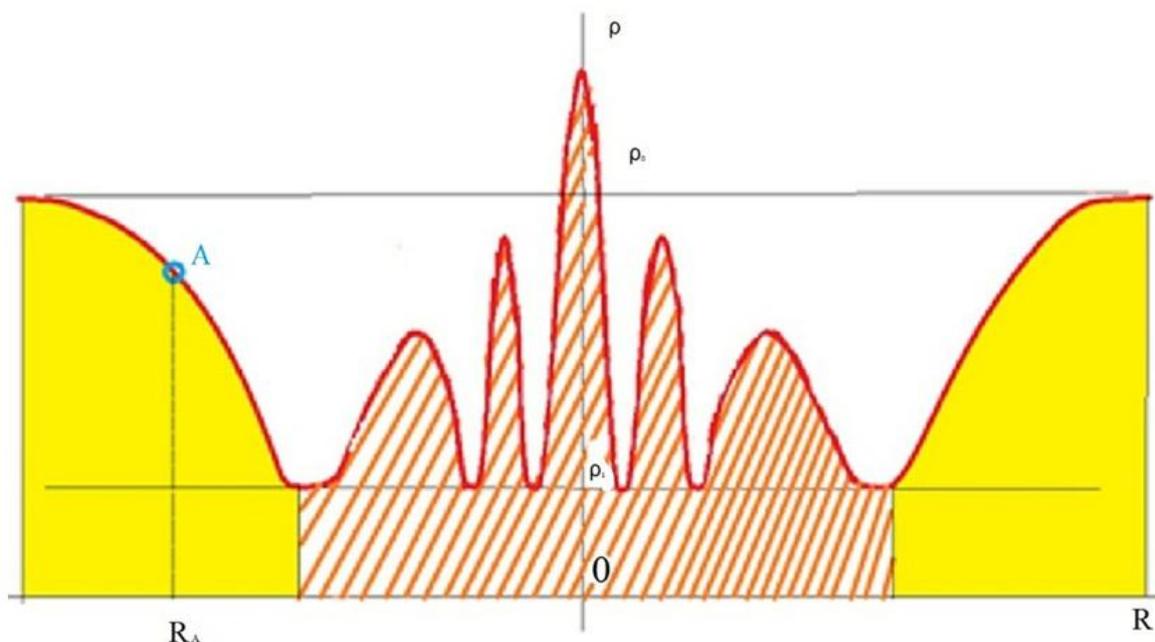


Рис. 8

Если предположить, что в каждой вершине такого фуллерена может находиться не просто сгусток, а фуллерен меньшего порядка, то возможности подобных построений просто не ограничены. Можно построить всю иерархическую по массе лестницу известных элементарных частиц, химических элементов, переосмыслив, конечно, зависимость химических свойств элементов от состава и структуры дыры, и фуллеренов атома.

Весь атом имеет плотность меньшую, чем средняя плотность материи, поскольку число элементарных дырок, составляющих его, больше числа элементарных сгустков. Приближаясь к атому извне, плотность материи сначала падает, а потом волнообразно меняется по мере приближения к центру. Сгустки, находящиеся на всех этих условных сферах неподвижны и находятся в устойчивых состояниях – и это избавляет нас от главного недостатка традиционной ядерной модели. Если атом поглотит еще одну или несколько дырок (или сгустков), то возможно перестроение сгустков в фуллеренах. Это перестроение вызовет волновое колебание плотности окружающей материи. Эта волна движется там, где плотность материи отлична от нуля – то, что мы воспринимаем как электромагнитную волну. Всякое изменение во времени плотности материи, распространяется в материи в виде гидравлической продольно-поперечной волны, скорость распространения которой является функцией плотности жидкости в данных точках пространства.

2.7 Заштрихованная красным цветом часть рисунка 8 (фуллерены) в трехмерном пространстве выглядит как футбольный мяч, поэтому назовем эту область **мячом** (для отличия от ядра в традиционной ядерной модели атома), ну а внешнюю часть атома (окрашена желтым цветом) – **дырой** атома. Величину  $\rho$ , равную разности средней плотности материи вблизи дыры атома  $\rho_0$  и минимальной плотности материи внутри дыры атома  $\rho_1$ , назовем **глубиной дыры** атома.

2.8. Если на некотором расстоянии от центра атома  $R_A$  выделить сферу  $A$  с некоторым радиусом (на рисунке 8 она изображена синим цветом), и поместить в эту сферу любое условное тело (сгусток, дырка или составная их комбинация), то эта сфера будет двигаться от периферии дыры к мячу атома. Скорость этого движения будет пропорциональна разности давлений на эту сферу со стороны материи дыры атома в каждой точке этой траектории. Следует заметить, что сфера не зависимо от того, чем ее наполнить, будет падать на мяч одинаково – это **гравитация**

атома. Точно так же и в земных условиях. Если взять шары, сделанные из разных материалов (металл, дерево, жидкость), одного размера, и сбросить их с одной высоты без начальной скорости, то они будут падать на землю одинаково.

Следует заметить, что разное содержимое сферы А, будет действовать на мяч атома по разному. Из этого очевидно, что действия двух разных тел друг на друга между собой не равны, что говорит о не выполнимости третьего закона Ньютона. К такому же выводу можно прийти, бросая шары из разных материалов в поле тяготения Земли.

#### 2.9. Тело.

В марте 1928 г. К. Дэвисон прочитал доклад на заседании Франклиновского института в Филадельфии [5], на первых страницах которого дается описание *тела*, кристалла никеля, с которым проводились опыты по облучению его потоком электронов. Это описание проведено с точки зрения тех знаний, которыми обладала физика на тот период времени, а именно: «Мы имеем основания считать, что диаметр электрона порядка  $10^{-13}$  см. Мы знаем, что порядок величины диаметра атома составляет  $10^{-8}$  см, и что наименьшее расстояние между атомами в кристалле никеля есть  $2,48 \cdot 10^{-8}$  см. Если принять  $10^{-13}$  см за единицу длины, то диаметр электрона будет равен 1, диаметр атома никеля будет 100 000, а наименьшее расстояние между атомами в кристалле никеля будет примерно 250 000» Вот эти масштабы мне и интересны в приведенном примере. Не думаю, что эти представления о веществе претерпели какое-то сильное изменение к настоящему времени, так как они сделаны с позиции ядерной модели атома, а она – из опытов Резерфорда. В тоже время, если исходить из альтернативной логики обоих примеров, приведенных в введении, и жидкостной модели атома, то эти масштабы существенно изменятся:

- размер атома  $10^{-13}$  см;
- расстояние между атомами прежнее  $2,48 \cdot 10^{-8}$  см, так как количество атомов в теле прежнее, плотность вещества не должна измениться;
- размер мяча атома как минимум на порядок меньше размера атома  $10^{-14}$  см;
- мяч атома никеля состоит из нескольких тысяч сгустков, отстоящих друг от друга на некоторых расстояниях, следовательно, размер сгустка ориентировочно на пять порядков меньше размера мяча и примерно равен  $10^{-19}$  см.

Если принять, что сгусток и есть электрон, то получим в масштабе сгустка вот такие пропорции: сгусток - диаметр равен 1; расстояние между мячами никеля 248 000 000 000; сами мячи диаметром 100 000. Таким образом, *тело*, это некоторая форма (граница тела), заполненная жидкостью материи определенной плотности, внутри которой на определенных и очень значительных расстояниях расположены «пузырьки» - дырки, с содержащимися в них мячами вещества. Эта жидкость (как и всякая жидкость, к которой мы привыкли, вода например) имеет свойство уравнивать свою плотность и давление по всем направлениям внутри формы тела, за исключением областей находящихся в непосредственной близости от мячей. Этот механизм уравнивания (по сути - закон Паскаля) приводит к тому, что на каждый мяч со всех сторон действует одинаковое давление (градиент давления равен нулю) и мячи тела не стремятся сблизиться друг с другом. Как видим, закон Паскаля имеет фундаментальную сущность. Это свойство не дает «схлопываться» атомам под действием сил тяготения - гравитации.

Ну, и возвращаясь к приведенному в начале пункта докладу К. Дэвисона можно ответить на вопрос доклада: «Волны ли электроны?». Движение сгустка в море жидкости собственно уже можно воспринимать как волну, принимая во внимание размытость его плотности. Но сгусток сам по себе не может двигаться в равномерном море жидкости, ведь плотность ее, окружающая сгусток, со всех сторон одинакова (из принципа движения флуктуации пункт 2.4). Единственная альтернатива этому – двигаться за разряжением какой-то волны, увлекаться ею. То есть сгусток-электрон должен быть неразрывно связан с волной, что и подтверждает открытие излучения Вавилова-Черенкова (в моей теоретической трактовке). А что рождает волну? Сама ли частица? Или частица увлекается ею? Еще предстоит выяснить. Ну и ответ на доклад. Всякий поток волн на границе раздела двух разных жидкостей, разной плотности, частично отражается на этой границе, частично преломляется, как и должны делать волны; и электрон, следуя за своей волной, либо отразится с углом падения равным углу отражения, если сделает это его ведущая волна, либо «преломится» при альтернативном поведении сопровождающей волны. Статистическая картинка обоих этих процессов получится в итоге такой, какой получил ее К. Дэвисон.

#### 2.10. Планета.

Что такое планета с позиции этой модели? Чем больше порядковый номер атома вещества в периодической системе химических элементов, тем из большего количества сгустков должен быть сложен мяч этого атома в жидкостной модели атома, и из еще большего количества дырок должна состоять дыра этого атома. Причем скорость прироста количества дырок по мере роста порядкового номера атома должна опережать скорость прироста сгустков. Это означает, что чем «тяжелее» вещество, тем меньше средняя плотность материи в нем. Тогда суша планеты - то, что нам представляется наиболее плотным – является материей с меньшей плотностью, чем океаны. Поднимаясь над сушей, плотность материи повышается (воздушная атмосфера планеты) и, достигнув космоса, мы приблизимся к материи самой большой плотности - к библейской «тверди». Планета, таким образом, является большой дырой заполненной сгустками и ее средняя плотность меньше плотности космоса. Собственно, выглядит она, как большой атом - рисунок 9.

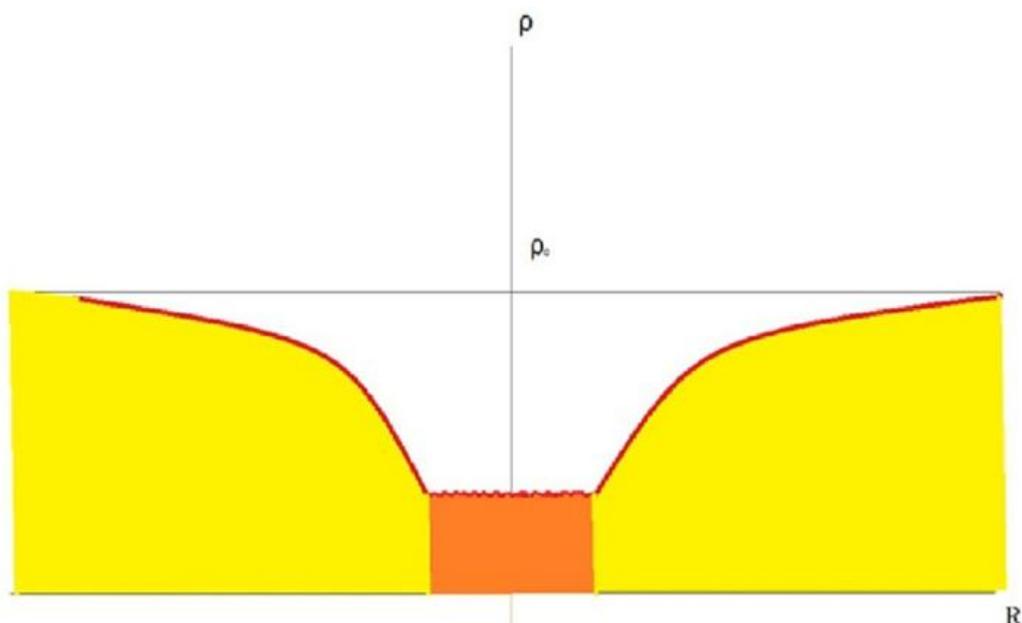


Рис. 9

Экспериментальный факт: скорость света в стекле, меньше скорости света в воздухе, а та, в свою очередь, меньше скорости света в вакууме. Следовательно, с точки зрения жидкостной модели, чем больше плотность материи, тем больше должна быть скорость света. Скорость распространения волн в материи пропорциональна плотности материи.

Классическая электродинамика Максвелла, преобразования Лоренца и обе теории относительности исходят из того, что скорость света в эфире или в вакууме является некоторой универсальной константой. Определять вакуум как пространство с откачанным веществом, с удаленными из пространства атомами, с точки зрения жидкостной модели атома не адекватно. Очевидно, что вакуум в камере ускорителя на планете (пусть даже идеально откачанная камера) и вакуум космоса на орбите космической станции – существенно различены. И не потому, что количество атомов воздуха в единице объема может быть не одинаково (пусть будут они равны), а потому что плотность материи разная, она пропорциональна расстоянию от поверхности планеты. Плотность материи в безбрежном космосе всюду разная. Напомню, у нас под материей понимается не планета или звезда в пространстве-времени, а плотность жидкости материи в мировом пространстве. Отсюда - второй постулат, на котором основаны теории относительности, с точки зрения жидкостной модели атома, не имеет места быть. *Скорость света пропорциональна плотности материи и не является универсальной константой.* Она всюду разная, что и подтверждается опытами, даже в земных условиях.

Так как быть с теми явлениями, которые подтверждали теорию относительности? Об этом во второй части статьи.

#### Литература

1. Шпольский Э.В. Атомная физика. М.: Наука, 1974. С. 257.
2. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989. С. 24.
3. Максвелл Д.К. Трактат об электричестве и магнетизме. М.: Наука, 1989. Т. 2. С. 334.
4. Льюис М. История физики. Не квантовые модели атома. 1970.
5. Дэвисон К. Волны ли электроны. Нью-Йорк. 1928. С. 484.

#### References

1. Shpolsky E.V. Atomic physics. M.: Science, 1974. S. 257.
2. Newton I. Mathematical beginnings of natural philosophy. M.: Science, 1989. S. 24.
3. Maxwell D. K. The treatise about electricity and a magnetism. M.: Science, 1989. T. 2. S. 334.
4. M. Istoriya's Lyozz of physics. Not quantum models of atom. 1970.
5. Devison K. Whether waves electrons. New York. 1928. S. 484.

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.140

Гармашов А. В.<sup>1</sup>, Толочков Ю. Н.<sup>2</sup>, Коровушкин А. И.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-4412-2483, Кандидат географических наук, <sup>2</sup>младший научный сотрудник, <sup>3</sup>ведущий инженер, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Морской гидрофизический институт РАН"

## ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ У ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Аннотация

В статье приводятся результаты мониторинга ветрового волнения, проводимого в осенне-летний период 2011-2015 гг. на стационарной океанографической платформе. В результате анализа 8500 волнограмм получены основные статистические характеристики высот волн, описывающие волновой режим в 2011-2015 гг. В частности, максимальные высоты волн летом достигали высоты 3,3 м, а осенью – 5,6 м.

**Ключевые слова:** ветровое волнение, высоты волн, повторяемость, Черное море.

Garmashov A.V.<sup>1</sup>, Toloknov Yu.N.<sup>2</sup>, Korovushkin A.I.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-4412-2483, PhD in Geography, <sup>2</sup>research assistant, <sup>3</sup>leading engineer, Federal State Budget Scientific Institution "Marine Hydrophysical Institute of RAS"

## WIND WAVES NEAR THE SOUTHERN COAST OF CRIMEA IN SUMMER AND AUTUMN

Abstract

This article is devoted to the results of the monitoring of wind waves, conducted in 2011-2015 on the fixed oceanographic platform. The author gives a clearcut presentation of the basic statistical characteristics of the wave regime in 2011-2015, obtained by analysis of the 8500 wave records. In particular, measurements showed that the maximum wave height in summer was 3,3 m and in fall – 5,6 m.

**Keywords:** wind waves, wave height, periodicity, Black Sea.

**Введение.** Гидрометеорологические наблюдения всегда играли важную роль в народном хозяйстве, обеспечивая безопасность мореплавания и прибрежной инфраструктуры, а также являясь важным элементом поддержания обороноспособности страны [1, 2]. Начиная с 90-х годов XX столетия, отмечается резкое сокращение гидрометеорологических наблюдений в прибрежных районах Черного моря. Поэтому любые измерения гидрометеорологических параметров имеют большую научную и практическую ценность [3].

Цель настоящей работы состояла в следующем:

исследовать характеристики ветрового волнения у Южного берега Крыма (пгт Качивели) в летне-осенний период с использованием данных гидрометеорологического мониторинга на стационарной океанографической платформе (СОП).

**Район измерений и используемая аппаратура.** Измерения проводились на исследовательской стационарной океанографической платформе, расположенной в прибрежной части Черного моря пгт Качивели. Платформа представляет собой свайную прямоугольную конструкцию размером 20х20 м. и оборудована для проведения океанографических исследований. Глубина моря в этой точке – 30 м, расстояния до берега 450 м. Для проведения мониторинга на СОП был использован комплекс сбора гидрометеорологических данных (КСГД) [4], разработанный в МГИ. Для измерения высот волн использовался струнный резистивный волнограф. Ошибка измерения колебания уровня не превышала 1 см. Дискретность опроса составляла 4 Гц. Измерения гидрометеорологических параметров проводились с перерывами с 2011 г. по 2015 г. В данной работе приводятся результаты измерений высот волн за летне-осенний период. За весь период наблюдений было получено больше 8500 часовых измерений возвышения поверхности моря. Из одной записи мы получали максимальную высоту волны и высоту значительных волн (четыре стандартных отклонения возвышений морской поверхности), которая пересчитывалась в среднюю высоту волны. В работе при анализе повторяемостей высот волн взята шкала волнения моря, разработанная и принятая Всемирной Метеорологической Организацией.

**Результаты.** Основные результаты мониторинга представлены в таблицах 1 – 3. За весь исследуемый период наименьшие средние высоты волн ( $H_{av}$ ) наблюдались летом, в это время средние высоты волн составляли значения 0,20 – 0,28 м, при этом средние высоты значительных волн ( $H_{s\ av}$ ) достигали 0,32 – 0,44 м. В летние месяцы максимальные высоты значительных волн ( $H_{s\ max}$ ) могли достигать 1,0 – 1,8 м. А максимальные одиночные волны ( $H_{max}$ ) достигали высоты 3,3 м (июнь). Осенью происходит усиление волновой активности. Средние высоты волн составляли 0,23 – 0,39 м. Максимальные высоты волн ( $H_{max}$ ) в осенние месяцы достигали 5,6 м, что примерно в 1,5 раза больше летом.

Таблица 1 – Характеристики ветрового волнения

| h, м<br>Месяц | $H_{s\ av}$ | $H_{s\ max}$ | $H_{max}$ | $H_{av}$ |
|---------------|-------------|--------------|-----------|----------|
| Июнь          | 0,43        | 1,83         | 3,33      | 0,28     |
| Июль          | 0,44        | 1,62         | 2,91      | 0,28     |
| Август        | 0,32        | 1,03         | 1,81      | 0,20     |
| Сентябрь      | 0,37        | 1,29         | 2,58      | 0,23     |
| Октябрь       | 0,62        | 3,17         | 5,66      | 0,39     |
| Ноябрь        | 0,57        | 2,03         | 4,04      | 0,36     |

Спокойное море (средние высоты волн до 0,1 м) в летне-осенний период наблюдалось примерно в 9% случаев (таб. 2), причем летом штиль достигал 18% (таб. 3), а осенью уменьшался с 20% в сентябре до 1% в ноябре (таб. 3). Слабое волнение (до 0,5 м) являлось доминирующим (до 76%), летом процент данного типа волнения составлял 70-93%, а осенью – 71-80%. Легкое волнение (0,5-1,25 м) в летние месяцы наблюдалось в 1-12% случаев, а осенью в 9-24% случаев. Умеренное волнение (1,25-2,5 м) наблюдалось только в октябре и ноябре, повторяемость данного типа волнения составляла до 2%. Волнение со средними высотами волн более 2,5 м в районе СОП зарегистрировано не было.

Таблица 2 – Повторяемость (%) средних высот волн (h, м) для шести групп

| h, м | До 0,1 | 0,1 – 0,5 | 0,5 – 1,25 | 1,25 – 2,5 | 2,5 – 4,0 |
|------|--------|-----------|------------|------------|-----------|
|      | 8,93   | 75,92     | 14,83      | 0,32       | 0         |

Таблица 3 – Повторяемость (%) средних высот волн (h, м) для каждого месяца по градациям

| h, м<br>Месяц | До 0,1 | 0,1 – 0,5 | 0,5 – 1,25 | 1,25 – 2,5 | 2,5 – 4,0 |
|---------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|
| Июнь          | 18,27  | 69,59     | 12,14      | 0          | 0         |
| Июль          | 11,33  | 76,32     | 12,35      | 0          | 0         |
| Август        | 6,40   | 92,67     | 0,91       | 0          | 0         |
| Сентябрь      | 20,07  | 71,32     | 8,61       | 0          | 0         |
| Октябрь       | 4,39   | 70,81     | 23,74      | 1,43       | 0         |
| Ноябрь        | 0,83   | 79,95     | 19,17      | 0,05       | 0         |

Полученные результаты гидрометеорологического мониторинга на ЮБК Крыма представляют интерес для развития рекреации региона, верификации численных волновых моделей и данных спутниковых измерений.

#### Литература

1. Проект «Моря СССР», гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, Черное море // Том 4, Вып. 1. – С-П.: Гидрометеиздат, 1991. – 430 с.
2. Lopatoukhin L.J., Lavrenov I.V., Rozhkov V.A., Boukhanovsky A.V., Bokov V.N., Dymov V.I. Wind and wave climate near the Prirazlomnoye oil field // Proc. Int. Conf. «Russian Arctic Offshore» RAO'99. St. Petersburg, 1999. P.319-322.
3. Garmashov A.V., Polopsky A.B. Wind variability in the northwestern part of the Black Sea from the offshore fixed platform observation data Russian Meteorology and Hydrology Volume 36, Issue 12, pp 811-818.
4. Толокнов Ю.Н., Коровушкин А.И. Система сбора гидрометеорологической информации // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2010. – Вып. 10 – С. 50 – 53.

#### References

1. Proekt «Morja SSSR», gidrometeorologija i gidrohimiya morej SSSR, Chernoe more // Tom 4, Vyp. 1. – S-P.: Gidrometeoizdat, 1991. – 430 s.
2. Lopatoukhin L.J., Lavrenov I.V., Rozhkov V.A., Boukhanovsky A.V., Bokov V.N., Dymov V.I. Wind and wave climate near the Prirazlomnoye oil field // Proc. Int. Conf. «Russian Arctic Offshore» RAO'99. St. Petersburg, 1999. P.319-322.
3. Garmashov A.V., Polopsky A.B. Wind variability in the northwestern part of the Black Sea from the offshore fixed platform observation data Russian Meteorology and Hydrology Volume 36, Issue 12, pp 811-818.
4. Toloknov Yu.N., Korovushkin A.I. Sistema sbora gidrometeorologicheskoy informacii // Sistemy kontrolja okruzhajushhej sredy. – Sevastopol': MGI NAN Ukrainy, 2010. – Vyp. 10 – S. 50 – 53.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.110

Григоревский Д.В.<sup>1</sup>, Чибилёв А.А.(мл.)<sup>2</sup><sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>кандидат экономических наук, Институт степи УрО РАН, г. Оренбург

Работа выполнена при поддержке Гранта РНФ 14-17-00320

**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ***Аннотация*

В данной статье приводятся результаты оценки показателей экологической эффективности управления природно-ресурсным потенциалом Оренбургской области.

**Ключевые слова:** природно-ресурсный потенциал, Оренбургская область, загрязнение, водные ресурсы, лесовосстановление, деградация земель, инвестиции.

Grigorevsky D.V.<sup>1</sup>, Chibilyov A.A.(jr.)<sup>2</sup><sup>1</sup>Postgraduate, <sup>2</sup>PhD in Economics,

Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg

**ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT EFFICIENCY INDICATORS  
OF NATURAL - RESOURCE POTENTIAL IN ORENBURG REGION***Abstract*

This article presents the results of evaluation of environmental management of natural - resource potential of Orenburg region.

**Keywords:** natural-resource potential, Orenburg region, pollution, water resources, reforestation, land degradation, investments.

Для социально-экономического развития Оренбургской области природно-ресурсный потенциал (ПРП) имеет главенствующее значение. Основу экономики региона составляют отрасли связанные с освоением и использованием природных ресурсов. Это нефтяная и газовая промышленности, чёрная и цветная металлургия, а также агропромышленный комплекс и сегменты строительного комплекса.

Очевидно, что рациональное использование природно-ресурсного потенциала и устойчивое функционирование связанного с ним сектора производственной и непроизводственной сферы обеспечивает занятость населения и создание новых рабочих мест. Одним из главных факторов привлечения в Оренбургскую область отечественных и зарубежных инвестиций является возможность реализации перспективных проектов связанных с использованием ПРП её территорий [1]. При этом такое использование должно отвечать экологическим требованиям. Для оценки экологической политики в регионе целесообразно проводить анализ ключевых показателей природопользования и охраны окружающей среды. Для оценки эффективности управления ПРП в Оренбургской области нами на основе методики [2] был проведён анализ индикаторов эффективности экологической политики в регионе (рис. 1-9, табл. 1) [3,4]:

- интенсивность загрязнения водных ресурсов;
- интенсивность образования отходов производства и потребления;
- интенсивность загрязнения атмосферы;
- коэффициент износа основных фондов;
- лесовосстановление в лесном фонде;
- степень деградации земель;
- инвестиции в природоохранную деятельность, в % к инвестициям в основной капитал.

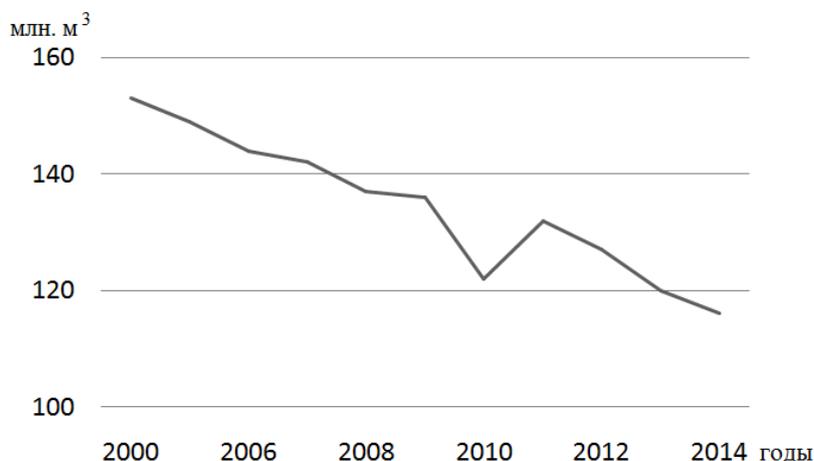


Рис. 1 – Динамика сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты Оренбургской области (2000-2014 гг.)



Рис. 2 – Динамика количества образованных и количества использованных и обезвреженных отходов в Оренбургской области (2002-2014 гг.)

По Оренбургской области из 29 проб воды в реках максимальные значения загрязненности наблюдаются у р. Блява (на 0,5 км ниже г. Медногорск) и характеризуется как экстремально грязная (5 баллов), минимальные значения – р. Сакмара, характеризуется как слабо загрязненная (2 балла). На рис. 1 наблюдается положительная динамика уменьшения общего объема сброса загрязненных сточных вод в водные объекты (на 25% за 14 лет). В среднем качество воды в местах заборов проб на реках области соответствует классу 3а (загрязненная) [4].

Анализируя динамику количества образованных отходов (рис. 2), можно сделать вывод о его росте по сравнению с 2002 г. более чем в 3 раза. В 3 раза увеличился и объем обезвреженных и использованных отходов. Основную массу отходов (98,2%) составляют отходы 5-го класса опасности. Из общего числа отходов отходы добывающей промышленности составляют 87,6% [3,4].

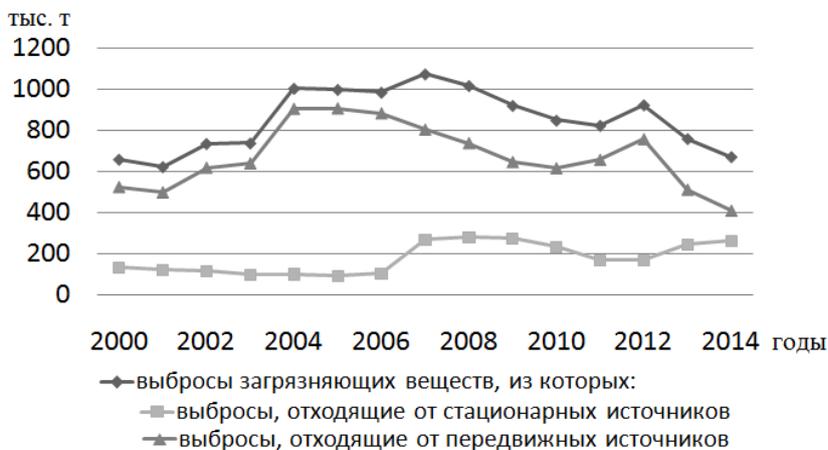


Рис. 3 – Динамика валовых выбросов загрязняющих веществ по типам источников в Оренбургской области (2000 – 2014 гг.)

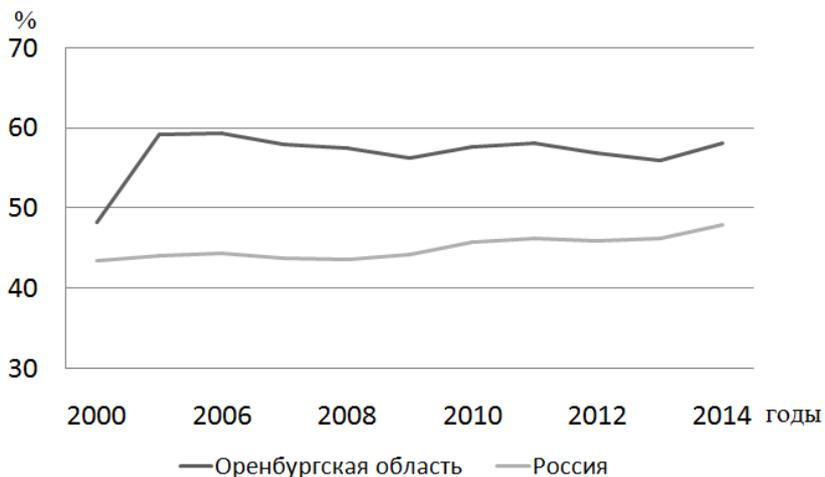


Рис. 4 – Степень износа основных фондов в Оренбургской области и РФ на конец года, в % (2000-2014 гг.)

Из рисунка 3 видно, что достигнув максимума объема выбросов в 2007 году, интенсивность загрязнения постепенно идет на спад. Однако, общий тренд за 14 лет обуславливает отрицательные значения динамики соответствующего показателя. Основная часть всех выбросов приходится на выбросы, отходящие от стационарных источников (в среднем 78%).

Оренбургская область является регионом с одним из наибольших значений показателя износа основных фондов (76 место в России), уровень износа основных фондов повышенный и растущий (рис. 4). Это характеризуется сверхпотреблением природных ресурсов, дополнительным загрязнением окружающей среды и технологическим отставанием.

Для Оренбургской области, мероприятия направленные на улучшение состояния лесов и повышения их водоохраннозащитных, средообразующих и социальных функций всегда крайне актуальны. Это обуславливается низким показателем лесистости (территория считается безлесной при проценте лесистости менее 10%). Несмотря на увеличение общей площади лесов за рассматриваемый период (рис. 5), лесистость территории Оренбургской области – 4,6% наименьшая среди всех субъектов входящих в Приволжский федеральный округ, а в России меньший соответствующий показатель имеют только 5 регионов [1]. При крайне низком показателе лесистости в регионе всегда актуальным было проведение мероприятий по охране и защите лесов. В этой связи, сокращение выращенного посадочного материала (рис. 6) не способствует эффективности лесовосстановительных мероприятий в регионе.

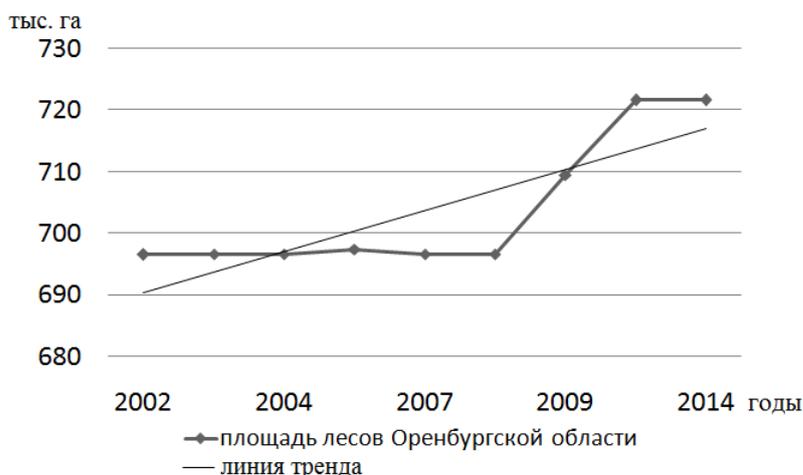


Рис. 5 – Динамика общей площади лесов Оренбургской области (2002 – 2014 гг.)

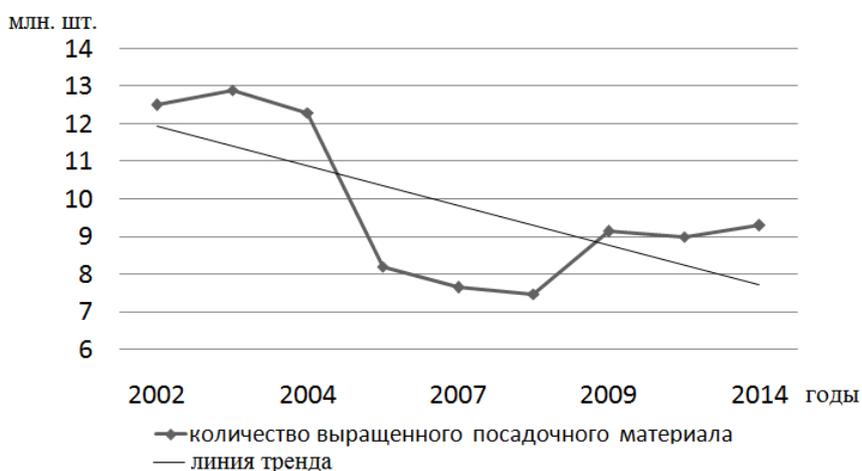


Рис. 6 – Динамика количества выращенного посадочного материала в Оренбургской области (2002-2014 гг.)

На территории Оренбургской области практически не осталось земель, не испытавших антропогенного воздействия [5]. Из общего списка деградационных явлений в 2002 году выделялась водная эрозия. Однако, к 2014 году масштабы ветровой эрозии значительно увеличились, с 1124 тыс. га до 5819 тыс. га, что составляет чуть меньше половины всех земель региона. По остальным же видам изменения не значительны (рис. 7).

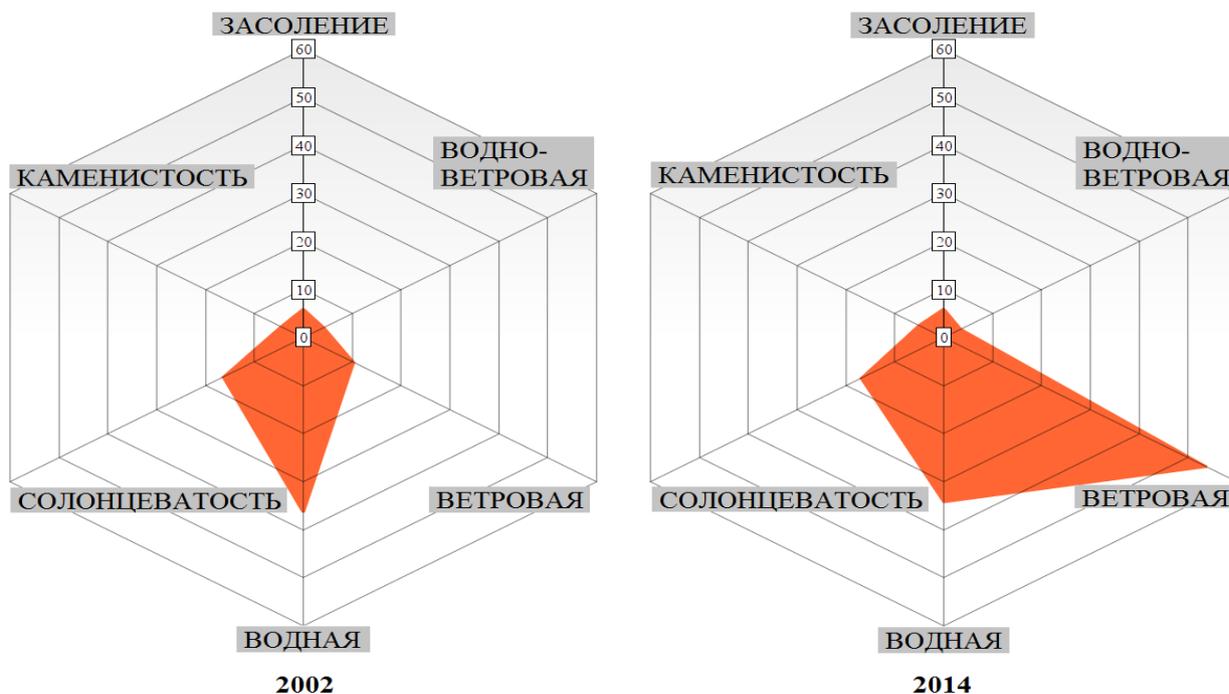


Рис. 7 – Площадь земель, подверженных деградационным процессам, по видам эрозии в Оренбургской области (в 2002 и 2014 годах).

Показатель инвестиций в природоохранную деятельность, в процентах к инвестициям в основной капитал по Оренбургской области выше, чем в среднем по России (рис. 8). Наблюдается спад показателя, вызванный увеличением общего объема инвестиций в основной капитал. Для наглядности представлена динамика абсолютного показателя инвестиций в природоохранную деятельность (рис. 9).



Рис. 8 – Инвестиции в природоохранную деятельность, в процентах к инвестициям в основной капитал в Оренбургской области и в России



Рис. 9 – Инвестиции в природоохранную деятельность в Оренбургской области и в среднем по России

Таблица 1 – Оценка динамики ключевых индикаторы эффективности управления ПРП Оренбургской области

| №  | Индикатор   | Экологическая оценка динамики                           |
|----|---|---|
| 1. | Интенсивность загрязнения водных ресурсов                                       | положительная<br>(Рис. 1)                               |
| 2. | Интенсивность образования отходов производства и потребления                    | отрицательная<br>(Рис. 2)                               |
| 3. | Интенсивность загрязнения атмосферы   | отрицательная<br>(Рис. 3)                               |
| 4. | Коэффициент износа основных фондов  | отрицательная<br>(Рис. 4)                               |
| 5. | Лесовосстановление в лесном фонде   | положительная<br>(Рис. 5),<br>отрицательная<br>(Рис. 6) |
| 6. | Степень деградации земель   | отрицательная<br>(Рис. 7)                               |
| 7. | Инвестиции в природоохранную деятельность, в % к инвестициям в основной капитал | положительная<br>(Рис. 8, 9)                            |

Проанализированные ключевые показатели природно-ресурсного потенциала демонстрируют растущий уровень антропогенной нагрузки на экосистему, что влечет за собой снижение природно-ресурсного потенциала области, а так же рост экономических издержек. Вместе с тем, где в общем отмечена положительная динамика наблюдаются деструктивные тенденции роста антропогенного воздействия на окружающую среду и ухудшение экологических условий освоения природных ресурсов региона.

#### Литература

1. Чибилёв А.А. (мл.) , Семёнов Е.А. Очерки экономической географии Оренбургского края. Том I. Екатеринбург: ООО «УЦАО», 2014. – 182 с.
2. Костылев А.А. Подходы к оценке природно-ресурсного потенциала и показатели эффективности его использования в регионе / А.А. Костылев // Социально-экономические явления и процессы. Вып. 2. 2010. – 1,4 п.л.
3. Государственный доклад «о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2002 году». Оренбург, 2003. – 248 с.
4. Государственный доклад «о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2014 году». Оренбург, 2015. – 264 с.
5. Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В. Геоинформационный анализ динамики показателей характеризующих образование невостробованного земельного фонда в районах Оренбургской области // Известия ОГАУ. Оренбург: ОГАУ, 2015. - №5. С 232-235.

#### References

1. Chibiljov A.A. (ml.) , Semjonov E.A. Oчерki jekonomicheskoj geografii Orenburgskogo kraja. Tom I. Ekaterinburg: ООО «UCAO», 2014. – 182 s.
2. Kostylev A.A. Podhody k ocenke prirodno-resursnogo potenciala i pokazateli jeffektivnosti ego ispol'zovanija v regione / A.A. Kostylev // Social'no-jekonomicheskie javlenija i processy. Vyp. 2. 2010. – 1,4 p.l.
3. Gosudarstvennyj doklad «o sostojanii i ob ohrane okružhajushhej sredy Orenburgskoj oblasti v 2002 godu». Orenburg, 2003. – 248 s.
4. Gosudarstvennyj doklad «o sostojanii i ob ohrane okružhajushhej sredy Orenburgskoj oblasti v 2014 godu». Orenburg, 2015. – 264 s.
5. Chibiljov A.A. (ml.), Grigorevskij D.V. Geoinformacionnyj analiz dinamiki pokazatelej harakterizujushhih obrazovanie nevostrebovannogo zemel'nogo fonda v rajonah Orenburgskoj oblasti // Izvestija OGAU. Orenburg: OGAU, 2015. - №5. S 232-235.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.092

Дамекова С.К.<sup>1</sup>, Хан С.И.<sup>2</sup>, Мурадилова Г.С.<sup>3</sup>, Мухамеджанов К.Ж.<sup>4</sup><sup>1</sup>Кандидат педагогических наук, <sup>2</sup>кандидат технических наук, <sup>3</sup>старший преподаватель, <sup>4</sup>магистрант,

Кокшетауский государственный университет Ш Уалиханова

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНЫЙ АТЛАС ПО ГЕОГРАФИИ ДЛЯ ШКОЛ КАЗАХСТАНА****Аннотация**

*В статье рассматриваются методология исследования, выполняемого в рамках научного проекта, вопросы создания и применения электронных учебных атласов по географии. В статье представлено содержание электронного учебного атласа Казахстана, а также скриншоты интерфейса электронного атласа, демонстрирующие функции навигации по картам атласа. В основной части статьи описаны дидактические функции и учебные задачи, которые могут решать учитель и ученик при использовании электронного учебного атласа на казахском, русском, английском языках. В завершающей части статьи описана технология создания электронного атласа, разработанного средствами работы с пространственными данными библиотеки MapWindow и языка программирования C# в среде Visual Studio 2013.*

**Ключевые слова:** геоинформационная система, электронный учебный атлас по географии, геоинформационные технологии в образовании, дидактические функции.

Damekova S.K.<sup>1</sup>, Han S.I.<sup>2</sup>, Muradilov G.S.<sup>3</sup>, Mukhamedzhanov K.Zh.<sup>4</sup><sup>1</sup>PhD in Pedagogy, <sup>2</sup>PhD in Engineering<sup>3</sup>senior teacher, <sup>4</sup>undergraduate

Kokshetau state university named after Sh. Ualikhanov

**ELECTRONIC EDUCATIONAL ATLAS ON GEOGRAPHY FOR SCHOOLS OF KAZAKHSTAN****Abstract**

*In the article the methodology of the research which is carried out within scientific project, the creation and application of electronic educational atlas on Geography are considered. The content of the electronic educational atlases of Kazakhstan, and also interface screenshots of the electronic atlas showing functions of navigation on the maps of the atlas are presented in the article. In the main part of the article the didactic functions and educational problems are described which a teacher and a pupil can solve using electronic educational atlas in the Kazakh, Russian and English languages. In the concluding part of the article the technology of the creation of electronic atlas is described developed by means of work with spatial data of a library MapWindow and a programming language C# in the environment Visual Studio 2013.*

**Keywords:** geographical information systems, electronic educational atlas on geography for schools, didactic functions, geoinformation technology in the education.

The modern elementary and high school is characterized by active approach of geoinformation technologies. Nowadays in some countries (the USA, Great Britain, Austria, India, Russia, Ukraine and others) the geographical information systems (GIS), electronic educational atlas in particular are widely used in school geographical education [1,2,3,4]. "The geo info set of educational maps "Atlas" project is carried out at Kokshetau State University named after Sh. Ualikhanov, according to the budgetary program of the Ministry of Education and Science of the RK at the Natural Science Department (№ ГР 0113PK00407). The goal of the project is to determine the structure of the functional possibilities, content, the technology of creation of electronic educational atlas in geography. The electronic educational atlas is developed for the schools in Kazakhstan for the first time. In present there are some thematic projects to solve specialized scientific and applied problem in business and management in Kazakhstan. The analysis of specialized scientific material, pedagogical practice show the usage of electronic educational atlases at geography lessons and in extra curricular activities prominently expands the educational activity of the teacher and the student, stimulates cognitive curiosity, forms geo information competence.

The first stage of scientific- research work is based on the analysis methods of domestic market- resume, interview; and geo information methods of work with electronic raster images and their transformation to the unified map system of coordinates and projecting with further vectoring. The analogues of electronic educational atlases are analyzed [5,6,7]. The analysis of educational textbook and the map sets are analyzed. The structure and function of the electronic educational atlas in geography is determined.

According to the two year scientific study there were thematic editions for the following maps of Kazakhstan: physical map, the map of territory investigation, geological map, tectonic maps, mineral resources map, climate map, hydro graphic map, natural zones, physical-geographical map of the Kazakhstan regions, economic, ecological maps.

The fine-tuning of vector layers for the maps of Kazakhstan, testing, approbation of the electronic educational atlases in geography at schools, the creation of the methodical recommendation for teachers are carried out at the final stage of the work.

The created electronic educational atlas in geography includes 80 vector layers for the school curriculum in geography, allows to use geo information technologies at elementary schools. It provides to master the school geography curriculum, using interactive filling in and analysis of geographical maps, the creation of their own maps, the work with different kinds of contour maps, the creation of their own descriptions of geographical maps on the basis of the analysis of multimedia information objects.

The electronic educational atlas improves the effectiveness of the studying process, with the help of the usage of geo information technologies in the salvation of the traditional and new geographical problems at geography lessons. Among those problems, there is comparison and analysis of the maps of different contents of the same area with the aim to find out the connection between climate and terrain, climate and vegetation. Such kind of problems are difficult while using traditional maps, because they are based on several maps. The electronic educational atlas allows to solve the problem rapidly, and it helps a student to make such kind of analysis which developed skills of scientific work. In figure 1 imposing of a physical map and mineral resources map is presented.

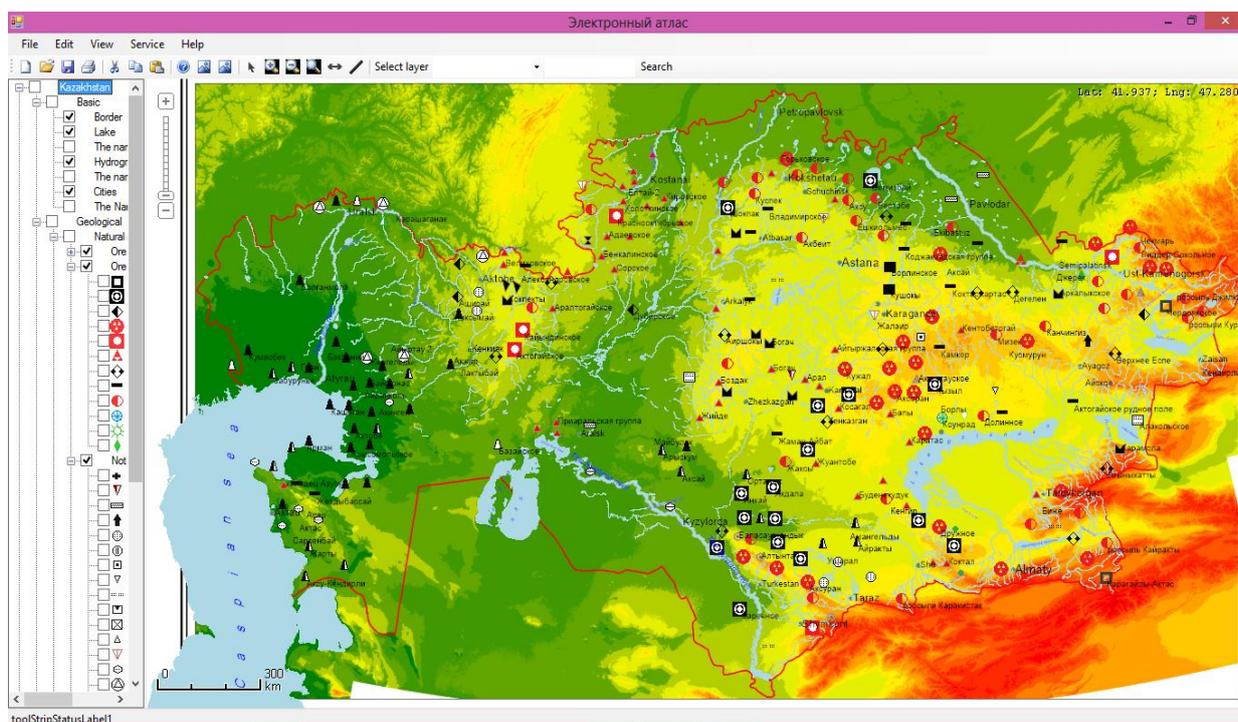


Fig. 1 – Screenshot in the mode of imposing of a physical map and a mineral resources map of Kazakhstan

The developed electronic educational atlas in geography allows to help a teacher to solve the following problems in Kazakh, Russian and English: the usage of different models in class- digital maps, digital images; to change the size of mapping image on the screen with the goal of changing detailed placing of geographical objects and phenomena; to put one kind of maps ( layers) on the others, and also on geographical and physical map; to prepare the set of digital maps, including contour map, necessary for the practice; to use the set of demonstration maps and diagram maps, place in the library of additional multimedia information.

While using the electronic educational atlas a student can do it in Russian, Kazakh, and English: to read geographical maps in digital; to search geographical objects on digital maps; to measure on digital map; to fill in digital contour maps; to create his own digital geographical map; to analyze the statistics, placed in the library of additional multimedia information; to describe the connection between geographical objects and phenomena while using digital thematic maps of different content; to save digital map and multimedia information in a file, to print.

The developed technology of creation of electronic maps and programming of electronic educational atlas in geography applies a consequent carrying out of the operation: the storage, studying and analysis of the original material for digital maps; the transformation of digital maps to the unified mapping system of coordinates and projecting; the forming of digital map, scanning, attaching of the raster sound -proofing, putting thematic layer on typical basis, digitalization of contours; the development of inter face of program shell: the main window, menu, and tool instrument; the creation of data of attributive geographical information in 3 languages( Kazakh, Russian, English); the involvement, lightning of shape files of digital maps, placing of symbols; the involvement of multimedia information to digital maps of electronic atlas; the programming realization of legends of electronic atlas; the programming realization of functional navigation, searching, exporting, importing of shape files, measuring of geographical coordinates, stamps, forming and filling in contour maps.

While creating of vector layers, the technical side is exact, as while working with rasters all the aspects of mathematical basis of maps were taken into consideration. The system of coordinates of Pulkovo-42 with the protection- normal conical by Kavraisky was made for the maps of Kazakhstan. The developed vectoring thematic layers involve moderate generalization and object selection.

The approbation took place in schools of Kokshetau. The experimental testing of the methods of geography studying with using electronic educational atlas showed its effectiveness. The table program shell of electronic educational atlas is made with the library funding OpenSourceMapWinGIS [8].

### References

1. Andrew J Milson; Ali Demirci; Joseph J Kerski, International perspectives on teaching and learning with GIS in secondary schools, Dordrecht ; New York : Springer, 2012.
2. Ali Demirci., How do Teachers Approach New Technologies: Geography Teachers' Attitudes towards Geographic Information Systems (GIS), European Journal of Educational Studies vol. 1(1), pp.43-53, 2009.
3. A. Jones et al., Digital maps for learning: Review and prospect, Computers & Education, vol. 43, pp.91–107, 2004.
4. Ormeling, F., Functionality of electronic school atlases. In: Köbben, B., Ormeling, F., Trainor, T. (eds.) Seminar on Electronic Atlases II, pp. 33–39. ICA Commission on National and Regional Atlases, Prague, 1997.
5. Haerberling C., Baer H. The New Web-Based "Swiss World Atlas Interactive" – Characterisation of the Cartographic Representations and the Functionality for a Modern Geographic Education Proceedings 25th ICA International Cartographic Conference in Paris (France), 3 – 8 July 2011, pp. 471-489
6. Interactive Perthers World map, published by Ernst Klett Verlag, GmbH, Stuttgart, 2009
7. Portal Russian education <http://www.edu.ru/maps/>
8. Site of the GIS developers of MapWinGIS system <http://mapwingis.codeplex.com/releases>

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.095

Кузнецова В.П.

Преподаватель кафедры географии, Нижневартковский государственный университет  
**ЛОКАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НИЖНЕВАРТОВСКА)**

*Аннотация*

*В статье рассмотрены особенности проявления современного изменения климата на территории Нижневартковского региона. Приведен анализ гидрометеорологической обстановки г. Нижневартовска за 2007-2015 гг.*

**Ключевые слова:** изменение климата, потепление, северные регионы, аномальные явления погоды.

Kuznetsova V. P.

Teacher of Department of geography, Nizhnevartovsk State University

**LOCAL MANIFESTATIONS OF MODERN CLIMATE CHANGE IN THE CONDITIONS OF NORTHERN REGIONS (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF NIZHNEVARTOVSK)**

*Abstract*

*The article considers of manifestation of modern climate change in the territory of the Nizhnevartovsk region. The analysis of a hydrometeorological situation of Nizhnevartovsk for 2007-2015 is stated.*

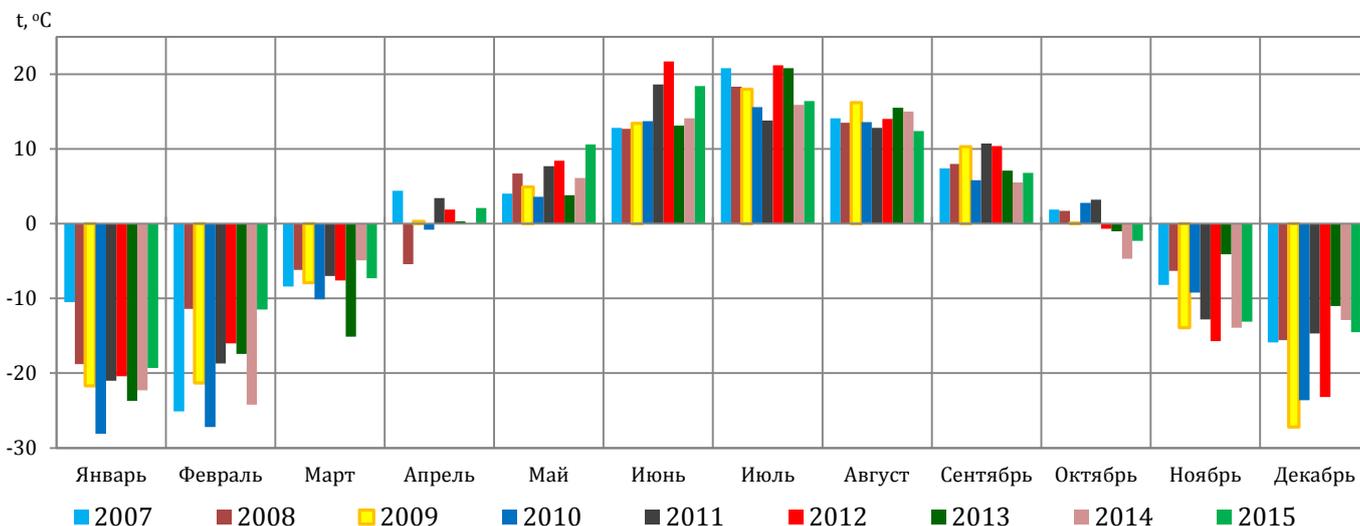
**Keywords:** climate change, warming, northern regions, abnormal phenomena of weather.

Мировым научным сообществом признан факт современного изменения климата. В настоящее время в различных регионах земного шара наблюдается множество статистически значимых погодных аномалий, свидетельствующих о преобразовании климатической системы. Процессы изменения климатических условий проявляются как на глобальном уровне, так и на региональном, под влиянием местных физико-географических факторов [2].

Климатические изменения наиболее отчетливо проявляются в северных регионах России, к которым относится и территория Нижневартковского региона, расположенного в подзоне средней и северной тайги центральной части Западно-Сибирской равнинной страны. Инструментальные наблюдения и результаты исследований констатируют повышение приземной температуры воздуха, увеличение количества атмосферных осадков, повышение температуры многолетнемерзлых пород, аномальные явления погоды, а также, сдвиги сроков фенологических событий, изменение биоразнообразия и структуры экосистем вследствие динамики климата [1, 2].

Город Нижневартовск находится в умеренном климатическом поясе, и характеризуется экстремальными природно-климатическими условиями с продолжительными, снежными и холодными зимними сезонами, длительным залеганием снежного покрова, коротким безморозным периодом [3]. Однако, на протяжении нескольких последних лет, наблюдаются некоторые изменения природно-климатической обстановки на фоне наблюдаемого потепления.

Среднегодовая температура воздуха в г. Нижневартовске за 2007-2015 гг. составляет  $-1,2^{\circ}\text{C}$  и, в многолетнем ходе, наблюдается тенденция ее незначительного повышения (Рис. 1). Высокие показатели среднегодовой температуры воздуха отмечались в 2007 г. и 2015 г. ( $-0,1^{\circ}\text{C}$ ), а 2009 г. ( $-2,4$ ) и 2010 г. ( $-3,6$ ) – стали самыми холодными (Рис. 1). По данным Гидрометцентра, 2015 год в России отмечен одним из самых теплых в истории. На территории Нижневартковского региона резкого потепления в этот период не наблюдалось – среднегодовая температура воздуха достигла высокого значения за счет отсутствия устойчивых сильных морозов (отмечена высокая температура воздуха в феврале,  $-11,5^{\circ}\text{C}$ ; средняя температура декабря составила всего  $-14,5^{\circ}\text{C}$ ). Кроме этого, в 2015 г. на исследуемой территории происходило более раннее наступление весеннего сезона (теплый апрель ( $+2,1^{\circ}\text{C}$ ), зафиксирована максимальная за 2007-2015 гг. средняя температура в мае  $+10,6^{\circ}\text{C}$ ), а июнь ( $+18,4^{\circ}\text{C}$ ) уступает по показателю среднемесячной температуры воздуха 2012 и 2011 гг. (Рис. 1).



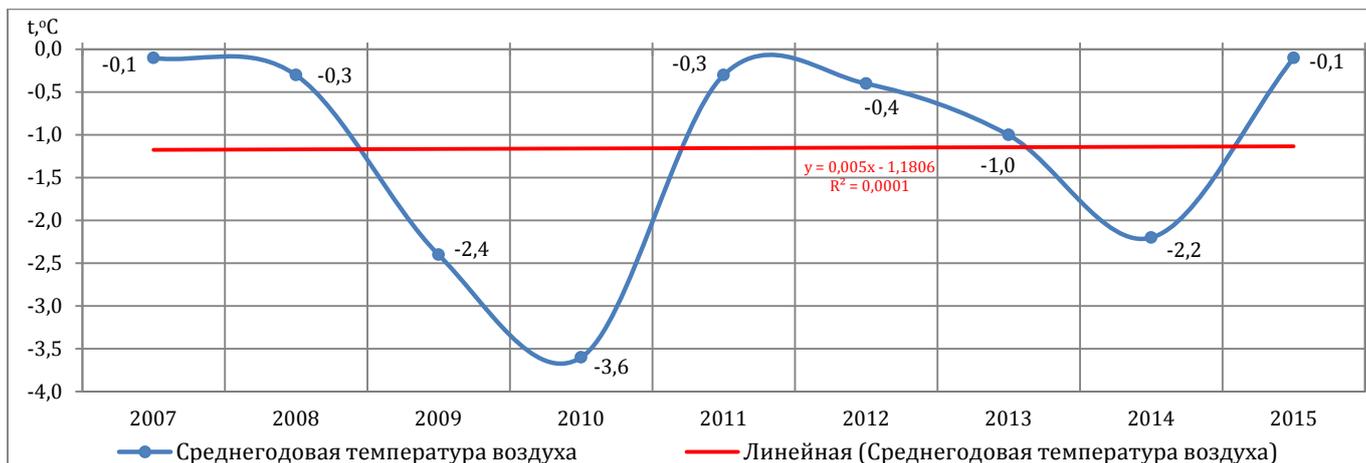


Рис. 1 – Графики среднемесячной и среднегодовой температуры воздуха в г. Нижневартовске за 2007-2015 гг.

На территории Нижневартовского региона, наряду с несвойственным термическим режимом для данной территории, 2007 и 2015 гг. отличаются максимальным количеством атмосферных осадков (более 760 и 700 мм в год соответственно), которые были особенно интенсивными в определенные сезоны года. Аномальные погодные условия, характеризующиеся значительной суммой атмосферных осадков, превышающей климатическую норму, установились в мае, июне и августе 2007 г., а также, летом 2015 г. (Рис. 2).

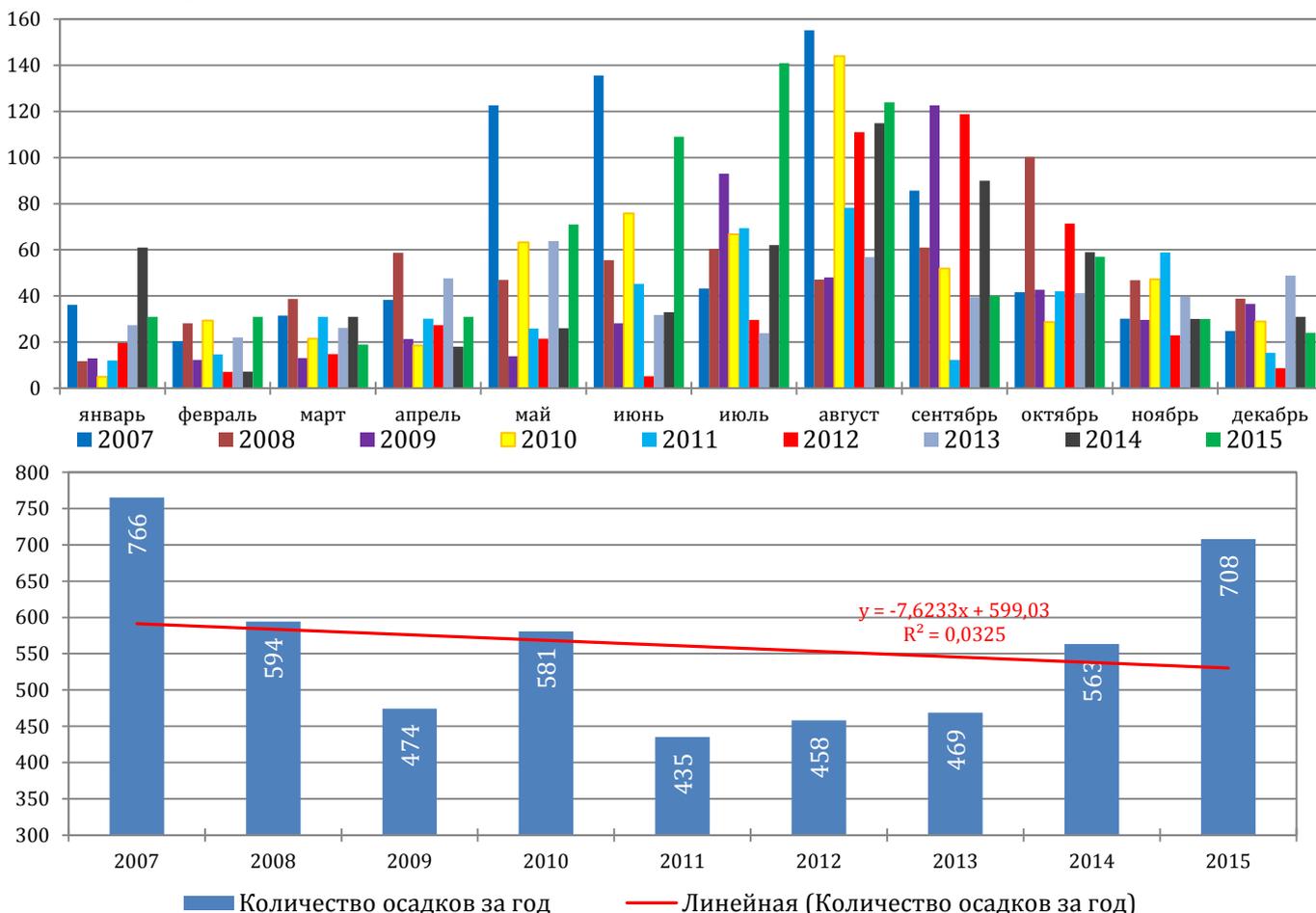


Рис. 2 – Графики суммы атмосферных осадков в г. Нижневартовске за 2007-2015 гг.

Снежный покров является одним из главных индикаторов динамики климатических условий северных широт и определяет продолжительность морозного периода. Число дней со снежным покровом в г. Нижневартовске и его окрестностях достигает около 190-210 дней в году. Среднегодовое значение высоты снежного покрова за 2007-2015 гг. составляет 40 см. Аномально высокие температуры воздуха осенью 2008, 2010 и 2013 гг. привели к позднему залеганию снежного покрова – в начале и во второй половине ноября и, как следствие, нарушению биоритмов представителей фауны. Зимний сезон 2014-2015 гг. отличителен аномальными показателями высоты снежного покрова, которая намного превышает соответствующие значения предыдущих лет (Рис. 3). Сход снежного покрова происходит главным образом в первой декаде мая, за исключением 2007 г., когда снег сошел уже к 21 апреля. Неблагоприятные погодные условия весной 2013 г. способствовали относительно позднему сходу снежного покрова [3].

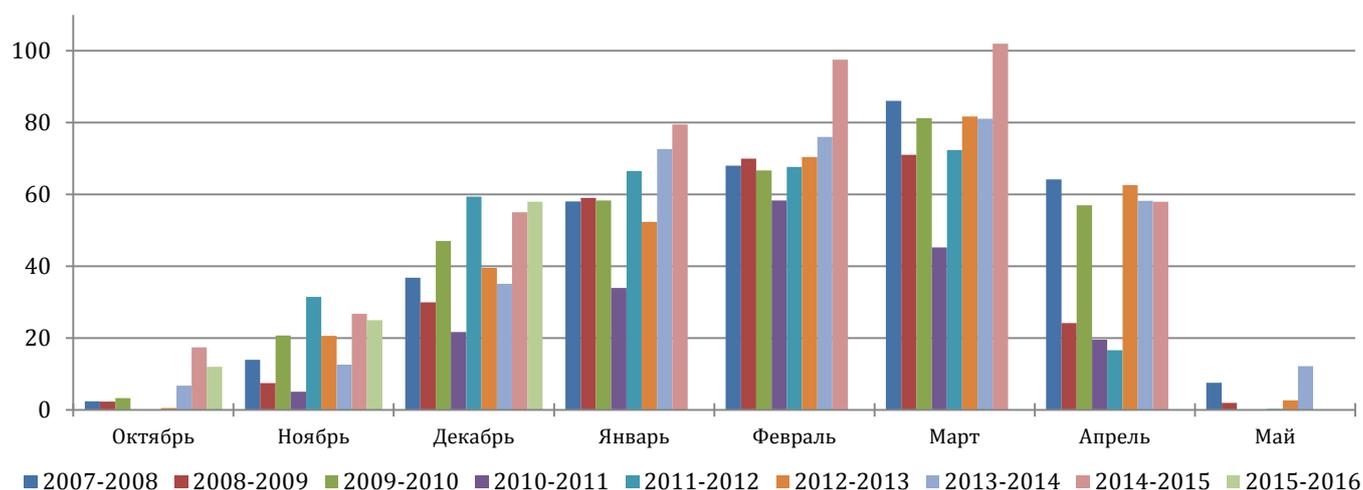


Рис. 3 – Среднемесячные показатели высоты снежного покрова (см) в г. Нижневартовске за 2007-2015 гг.

Особенности метеорологических условий определяют функционирование природных комплексов и хозяйственной деятельности населения. Зимой 2013-2014 гг. на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры сроки ввода в эксплуатацию некоторых зимников и ледовых переправ были перенесены на более поздние даты, вследствие теплой осени и позднего ледостава на реках (Рис. 1, 4). Многоснежная зима 2014-2015 гг. внесла коррективы в работу коммунальных служб населенных пунктов и жизнедеятельность людей региона [3].

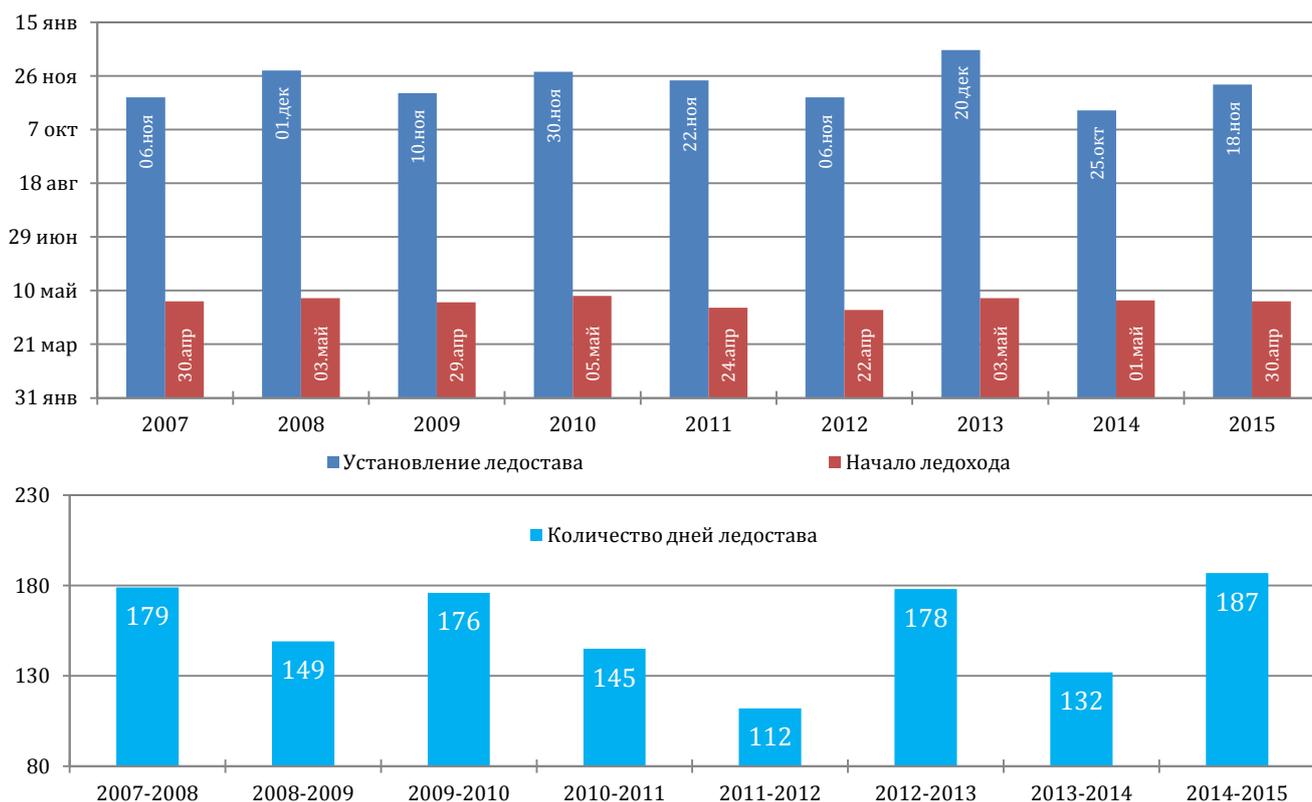


Рис. 4 – Сроки образования ледостава, начала ледохода и продолжительность ледостава (в днях) на реке Обь в г. Нижневартовске за 2007-2015 гг.

Температурный режим, распределение атмосферных осадков, сроки схода и установления снежного покрова, уровней воды в реках и водоемах оказывают значительное влияние на пожароопасный сезон. Данные параметры лесопожарной обстановки достаточно варьируются по годам, в зависимости от гидрометеорологических условий [4].

Наибольшее количество лесных пожаров (524), зарегистрированных с 2007 г. на территории Нижневартовского региона отмечено в пожароопасный период 2012 г. [4], который во многом определен аномально жарким летним сезоном, когда была зафиксирована максимальная из многолетних температур воздуха в июне с начала XXI столетия (+21,7°C), кроме этого, наблюдался дефицит атмосферных осадков [1].

В весенне-летний сезон 2015 г. в Нижневартовском регионе наблюдалась неблагоприятная гидрометеорологическая обстановка. По данным доклада об оперативной обстановке по чрезвычайным ситуациям и угрозам безопасности жизнедеятельности Департамента гражданской защиты населения Ханты-Мансийского

автономного округа-Югры, с июня в г. Нижневартовске введен режим чрезвычайной ситуации муниципального характера на отдельных территориях города, в связи с высоким уровнем паводковых вод и затоплением значительной части садово-огороднических объединений. 19 июня 2015 г. уровень воды в реке Обь (г. Нижневартовск) достиг отметки 1061 см (Рис. 5). Такая ситуация могла быть вызвана аномально большим запасом снега зимой 2014-2015 гг., а также несколько осложнилась интенсивными ливневыми осадками летом 2015 г. (сумма осадков в некоторые дни достигала 24-32 мм в сутки). На графике (Рис. 5) комплексно представлены ежедневные (с 30. 04. 2015 г. по 31. 08. 2015 г.) показатели уровня воды на реке Обь и сумма атмосферных осадков по г. Нижневартовску. Ранее максимальные уровни воды на реке Обь на территории Нижневартовского района отмечались в 1979 г (1071 м), 2007 г. (1012 м), 2002 г (994 м) [4].

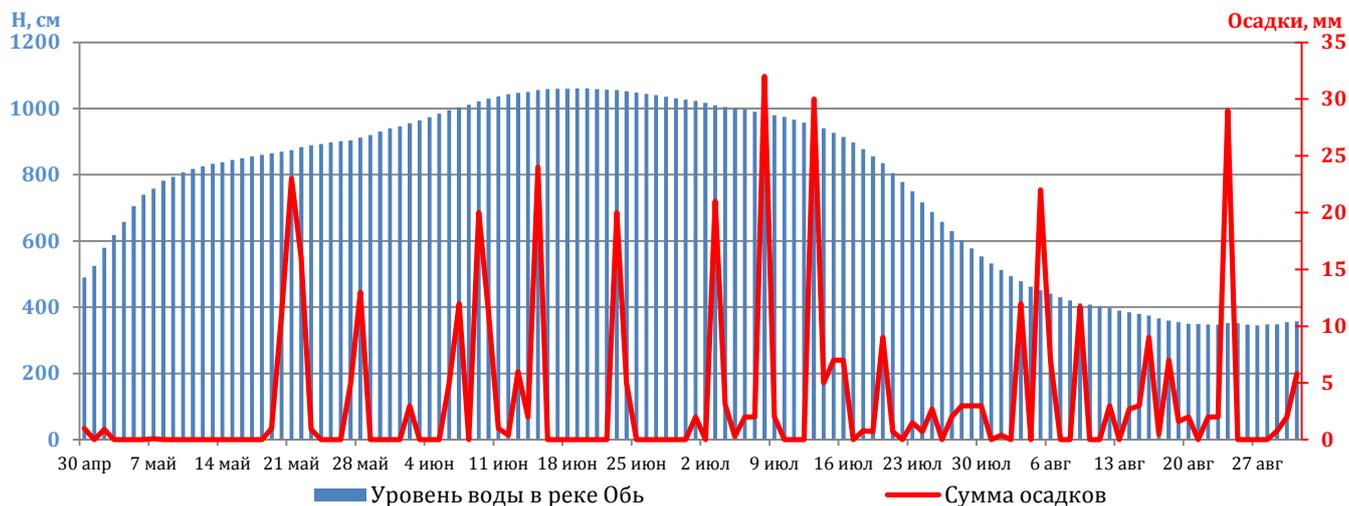


Рис. 5 – Уровень воды на реке Обь (см) и сумма атмосферных осадков (мм) в г. Нижневартовске с 30. 04. 2015 по 31. 08. 2015 гг.

Таким образом, за 2007-2015 гг. выявлены локальные особенности реакции компонентов природной среды на изменения климата в условиях таежной зоны Нижневартовского региона. Современное глобальное потепление происходит на фоне межгодовой естественной изменчивости климата, которая особенно значительна в высоких широтах. В результате перестройки климатической системы, увеличилась повторяемость экстремальных и катастрофических природных явлений, среди которых наблюдаются засухи, ураганы, интенсивные дожди, поздние весенние заморозки, наводнения и др. Многие важнейшие характеристики климата, такие как продолжительность безморозного периода, сроки установления снежного покрова, наступление первых и последних заморозков и распределение осадков, стали более изменчивыми [2]. Научное сообщество констатирует выявленные тенденции изменения природной среды и их связь с климатическими флуктуациями, участвовавшими аномальными явлениями и экстремальными факторами.

#### Литература

1. Гребенюк Г.Н., Кузнецова В.П. Фенологические аспекты в исследовании климатических особенностей Тюменской области: Монография. – изд-во: 2014. – 140 с.
2. Кузнецова В.П. Значение фенологических сведений в исследовании динамики климата // Проблемы региональной экологии № 4, 2014. С. 61-66.
3. Кузнецова В.П. Особенности погоды зимнего сезона в условиях изменения климата северных широт (на примере Нижневартовского региона) // Научные труды молодых ученых и специалистов / Отв. ред. Ю.В. Корнейчук. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2015. – С. 66-72.
4. Кузнецова В.П., Рондырев-Ильинский В.Б. Обучение студентов региональным природным опасностям в курсе «Безопасность жизнедеятельности» (на примере Ханты-Мансийского автономного округа-Югры) // Международное периодическое научное издание Мир науки и инноваций. – Выпуск 1 (1). Том 6. – Иваново: Научный мир, 2015 – С. 80-87.

#### References

1. Grebenjuk G.N., Kuznecova V.P. Fenologicheskie aspekty v issledovanii klimaticeskikh osobennostej Tjumenskoj oblasti: Monografija. – izd-vo: 2014. – 140 s.
2. Kuznecova V.P. Znachenie fenologicheskikh svedenij v issledovanii dinamiki klimata // Problemy regional'noj jekologii № 4, 2014. S. 61-66.
3. Kuznecova V.P. Osobennosti pogody zimnego sezona v uslovijah izmenenija klimata severnyh shirot (na primere Nizhnevartovskogo regiona) // Nauchnye trudy molodyh uchenyh i specialistov / Otv. red. Ju.V. Kornejchuk. – Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevart. gos. un-ta, 2015. – S. 66-72.
4. Kuznecova V.P., Rondyrev-Il'inskij V.B. Obuchenie studentov regional'nym prirodnyh opasnostjam v kurse «Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti» (na primere Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga-Jugry) // Mezhdunarodnoe periodicheskoe nauchnoe izdanie Mir nauki i innovacij. – Vypusk 1 (1). Tom 6. – Ivanovo: Nauchnyj mir, 2015 – S. 80-87.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.117

Рогачев М.К.<sup>1</sup>, Хайбуллина К.Ш.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Профессор, доктор технических наук, <sup>2</sup>аспирант, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»  
**РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ  
 ОТЛОЖЕНИЙ В НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ**

*Аннотация*

*В статье представлены результаты исследований по разработке химического состава для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в нефтяных скважинах. Показана эффективность разработанного растворителя АСПО, приведен расчет его моющей, диспергирующей и растворяющей способностей.*

**Ключевые слова:** асфальтосмолопарафиновые отложения, депрессорно-диспергирующая присадка, моющая, диспергирующая, растворяющая способность.

Rogachev M.K.<sup>1</sup>, Khaibullina K.Sh.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor, PhD in Engineering, <sup>2</sup>postgraduate student, National mineral resources university (Mining University)

**DEVELOPMENT OF THE CHEMICAL COMPOSITION FOR REMOVAL  
 OF ASPHALTENE-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS IN OIL WELLS**

*Abstract*

*In article are described results of researches on development of a chemical composition for removal of the asphaltene-resin-paraffin deposits (APPD) in oil wells. Efficiency of the developed ARPD solvent was shown. The washing, dissolving and dispersing abilities were calculated.*

**Keywords:** asphaltene-resin-paraffin deposits, depressant and dispersant additives, washing, dispersing and dissolving abilities.

**В** процессе эксплуатации нефтяных скважин при понижении температуры и давления происходит образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) на поверхности нефтепромыслового оборудования, а также в призабойной зоне пласта (ПЗП).

Состав и прочность АСПО зависят, в первую очередь, от состава и свойств пластовых флюидов, геолого-физических и технологических условий разработки конкретного нефтяного месторождения. АСПО при добыче нефти состоит в основном из парафина, смол, асфальтенов, воды, песка и неорганических солей [1].

Существуют два способа борьбы с АСПО: предупреждение и удаление отложений. Наиболее распространенным считается удаление АСПО с помощью химических растворителей. Для того чтобы выбрать растворитель необходимо знать тип отложений. АСПО – многокомпонентное вещество, поэтому на сегодняшний день применяют комплексные растворители, включающие в себя ароматические и алифатические углеводороды. В состав растворителей могут входить поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые способны создавать на металлической поверхности скважинного оборудования гидрофильную пленку, препятствующую прилипанию кристаллов парафина к металлу.

Нами проведены исследования по разработке высокоэффективного химического состава (углеводородного растворителя) для удаления АСПО в нефтяных скважинах. В экспериментах использовались образцы АСПО парафинистого типа, следующего состава: асфальтены - 0,52-1,07%; парафины - 50,5-78,3%; смолы - 2,55-7,68%; механические примеси - 0,13-3,71%. Тип отложений определялся по методике Маркуссона [2].

В качестве компонентов углеводородного растворителя были выбраны дизельное топливо и толуол. Дизельное топливо состоит в основном из парафиновых углеводородов. В качестве ароматического углеводорода был выбран толуол, обладающий высокой растворяющей способностью по отношению к асфальтосмолистым веществам в составе АСПО.

Наглядно можно показать эффективность реагентов для удаления АСПО с помощью построения графика эффективности бинарных растворителей (ГЭБР). Данную методику применяют для оценки моющей, растворяющей и диспергирующей способностей растворителя [3].

Исследования по оценке моющей, растворяющей и диспергирующей способностей растворителя проводились по «Методике определения эффективности реагентов для удаления АСПО» (методика «корзиночек»), предложенной ОАО «НИИнефтепромхим» [4].

При обработке результатов проводился расчет моющей, диспергирующей и растворяющей способностей растворителя. Моющая способность растворителя определяется как отношение разности между исходной массой образца АСПО, помещенного в корзинку, и массой АСПО, оставшегося в корзинке после проведения эксперимента [5]. Чем выше значения этого показателя, тем выше эффективность растворителя. Диспергирующая способность растворителя определяется как отношение массы остатка АСПО на фильтре к исходной массе образца АСПО в корзинке [5]. Она характеризует способность растворителя разрушать АСПО на более мелкие фрагменты. Растворяющая способность растворителя определяется как отношение разности между массой растворенных и диспергированных отложений к исходной массе образца АСПО [5].

При разработке растворителя были выбраны ароматические, алифатические углеводороды (толуол, дизельное топливо) и поверхностно-активное вещество (депрессорно-диспергирующая присадка - ДДП). ДДП добавляли от 0,1 до 3 % и оценивались моющая, диспергирующая и растворяющая способности растворителя с добавлением и без добавления присадки. На рисунке 1 представлены показатели эффективности растворителя АСПО (моющая, диспергирующая и растворяющая способности) в зависимости от различных концентраций ДДП в его составе.

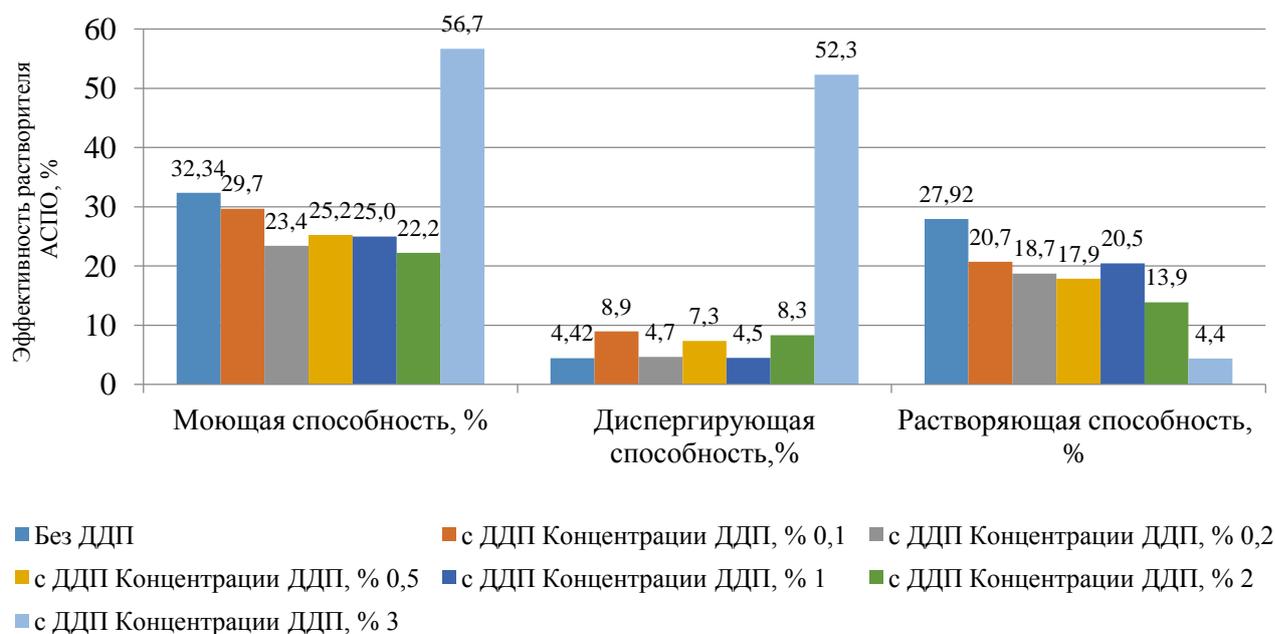


Рис. 1 – Эффективность растворителя АСПО с добавлением и без добавления ДДП

Как видно из рисунка 1, наибольшая эффективность, при которой значения моющей и диспергирующей способностей показывают наибольшие значения, достигается при добавлении 3% ДДП в растворитель. Моющая способность растворителя при добавлении 3% ДДП возросла почти в 1,8 раз, по сравнению с растворителем, в котором депрессорно-диспергирующая присадка отсутствовала. Диспергирующая способность увеличилась в 11,8 раз. Однако растворяющая способность уменьшилась (в 6,3 раз).

Максимум моющей и максимум диспергирующей способностей означает, что данный растворитель можно применять лишь только для промывок насосно-компрессорных труб (НКТ) в динамических условиях (то есть с циркуляцией растворителя, предотвращающей возможность осаждения диспергированных АСПО) [3]. Использование данного растворителя для обработки призабойной зоны пласта не рекомендуется, так как есть большая вероятность, что диспергированные частицы АСПО могут закольматировать поровое пространство пласта.

При использовании методики «корзинок» нужно учитывать, что растворитель действует на АСПО со всех сторон, в то время как в реальных условиях в нефтегазопромысловом оборудовании контакта со всех сторон не обнаруживается.

Поэтому были проведены исследования процесса удаления асфальтосмолопарафиновых отложений с металлической поверхности на установке «Холодный стержень», для того чтобы обеспечить «стеночный эффект» и приблизить условия образования АСПО к реальным [6].

Устанавливалась температура бани 37°C (пластовая температура исследуемого месторождения), температура холодного стержня составляла 2°C (средняя температура стенок НКТ в зимнее время).

Образец АСПО предварительно расплавлялся. Затем холодный стержень опускался в стаканчик с расплавленным образцом АСПО, засекалось время (2 минуты). При нанесении АСПО на металлическую поверхность в расплавленном виде происходит сцепление кристаллов парафина с поверхностью за счет разницы температур отложения и металла. Затем холодные стержни опускались в растворители при различных концентрациях компонентов на определенный промежуток времени. Максимальное время нахождения холодного стержня в растворителе составляло 24 часа. Оценивалась моющая способность растворителя по изменению массы АСПО на холодном стержне до и после эксперимента.

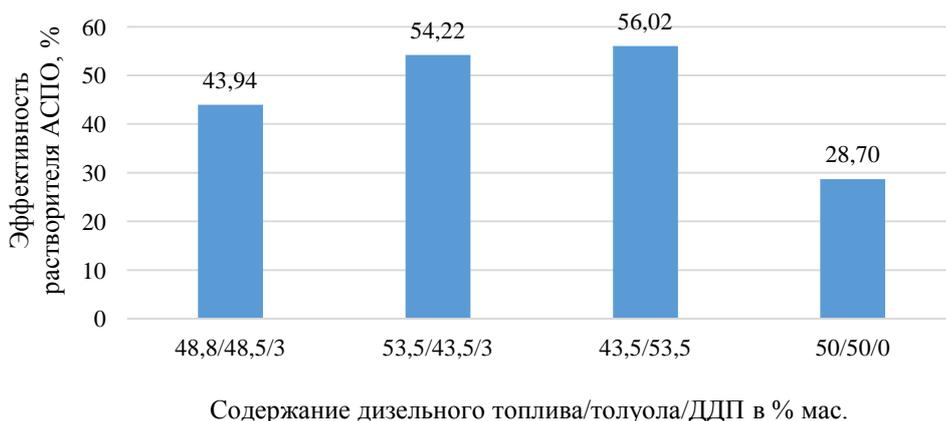


Рис. 2 – Моющая способность растворителя АСПО при различных концентрациях его компонентов (дизельного топлива, толуола и ДДП)

Из рисунка 2 видно, что после добавления ДДП моющая способность растворителя значительно возросла (практически в 2 раза).

Результаты исследований по методу «Холодного стержня» подтверждают исследования, проведенные по методике «корзинок». На рисунке 3 представлены результаты, полученные по двум этим методикам.

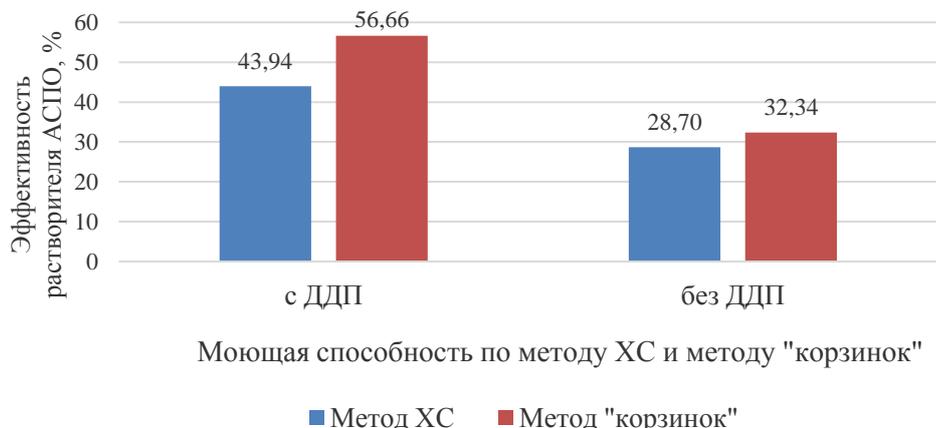


Рис. 3 – Моющая способность растворителя АПО по методу ХС и методу «корзинок»

Как видно из рисунка 3, моющая способность растворителя АСПО по методике «корзинок» оказалась выше, чем по методу ХС. Это объясняется тем, что по методике «корзинок» растворитель действует на образец АСПО со всех сторон, тогда как в реальных скважинных условиях всестороннего контакта растворителя с АСПО не происходит (этим условиям в большей степени соответствует метод ХС).

После добавления к растворителю ДДП происходит значительное увеличение его моющей и диспергирующей способностей, тем самым повышается поверхностная активность растворителя и эффект диспергирования АСПО. Уменьшая поверхностное натяжение, раствор смачивает образец АСПО, проникая в трещины и поры, при этом снижается сцепляемость его частиц. Установка «Холодный стержень» для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений с металлической поверхности обеспечивает «стеночный эффект» и приближает условия образования АСПО к реальным скважинным условиям. Исследования по методу ХС показали результаты, сопоставимые с результатами по методике «корзинок». Моющая способность растворителя при добавлении депрессорно-диспергирующей присадки, рассчитанная по методу ХС и методике «корзинок», в 2 раза выше результатов эксперимента без добавления ПАВ в растворитель. Однако растворяющая способность, рассчитанная по методике «корзинок» уменьшилась после добавления присадки.

#### Вывод

В результате проведенных исследований разработан химический состав, отличающийся высокими моющей и диспергирующей способностями по отношению к асфальтосмолопарафиновым отложениям, что позволяет рекомендовать его для удаления этих отложений в нефтяных скважинах (для промывок внутрискважинного оборудования). Для обработки призабойной зоны пласта использование данного растворителя не рекомендуется из-за опасности закольматирования порового пространства пласта диспергированными частицами АСПО.

#### Литература

1. Рогачев М.К. Физико-химические методы совершенствования процессов добычи нефти в осложненных условиях: дис. ... докт. тех. наук: 25.00.17 / М.К. Рогачев; Уфим. гос. нефт. технич. ун-т. – Уфа, 2002. – 312 с.
2. Дияров И. Н., Батуева И. Ю., Садыков А. Н., Солодова Н. Л. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям: Учебное пособие для вузов. Л.: Химия, 1990. стр. 240.
3. Строганов В. М., Турукалов М. Б. Экспресс-методика подбора эффективных растворителей асфальтено-смоло-парафиновых отложений // OilGas. - 2007. - №8. - С. 44-48.
4. Методика определения эффективности реагентов для удаления асфальтено-смолопарафиноотложений. – Казань: ОАО «НИИнефтепромхим», 1998. – 3 с.
5. Турукалов М.Б. Критерии выбора эффективных углеводородных растворителей для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений: Автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.13 / Краснодар: Кубан. гос. технол. ун-т, 2007. – 24 с.
6. Щербаков Г.Ю. Обоснование технологии удаления асфальтосмолопарафиновых отложений в скважинах с применением растворителя и оптического метода контроля за процессом: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.17: защищена 30.09.2015. – Санкт-Петербург, 2015. – 113 с.
7. Лабораторная методика оценки эффективности растворителей асфальто-смолистых и парафиновых отложений. Герасимова Е.В., Ахметов Е.В., Десяткин А.А., Красильникова Ю.В. б.м.: Нефтегазовое дело, 2010 г.

#### References

1. Rogachyov M. K. Physical and chemical methods of improvement of processes of oil production in the complicated conditions: dis. ... doctor of technical Sciences: 25.00.17 / M. K. Rogachyov; Ufa state petroleum technological university. – Ufa, 2002. – 312 p.
2. Diyarov I. N., Batuyeva I. Yu., Sadykov A. N., Solodova of N. L. Himiya of oil. The management to laboratory researches: Manual for higher education institutions. L.: Chemistry, 1990. p. 240.
3. Stroganov V. M., Turukalov of M. B. Express-metodik of selection of effective solvents of the asphaltene resin paraffin deposits//OilGas. - 2007. - No. 8. - Pages 44-48.

4. A technique of determination of efficiency of reagents for removal of asphaltene resin paraffin deposits. – Kazan: JSC Niineftepromhim, 1998. – 3 p.

5. Turukalov M. B. Criteria of a choice of effective hydrocarbonic solvents for removal the asphaltene resin paraffin deposits: Abstract. dis. ... Candidate of Chemistry: 02.00.13 / Krasnodar: Kuban state technological university, 2007. – 24 p.

6. Scherbakov G. Yu. Justification of technology of removal the asphaltene resin paraffin deposits in wells with use of solvent and an optical control method of process: dis. ... Cand.Tech.Sci.: 25.00.17: it is protected 30.09.2015. – St. Petersburg, 2015. – 113 p.

7. Laboratory technique of an assessment of efficiency of solvents of asphaltene resin paraffin deposits. Gerasimova E.V., Akhmetov E.V., Desyatkin A.A., Krasilnikova Yu.V. B. m: Oil and gas business, 2010.

**DOI: 10.18454/IJR.2016.44.100**

**Чибилёв А.А. (младший)**

Кандидат экономических наук,

Институт степи УрО РАН, г. Оренбург

*Работа выполнена в рамках бюджетной темы «Изучение историко-географических и социально-экономических аспектов освоения и развития степного пространства России и Евразии»*

**К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ И ЗНАЧЕНИИ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО КАРКАСА  
ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация**

*Масштабный проект – «Сталинский план преобразования природы» 1948 года изменил ландшафтный облик Оренбургской области. Во второй половине XX века в регионе были заложены основы схемы современного лесомелиоративного каркаса. Основой лесомелиоративного каркаса Оренбургской области стала Государственная защитная лесная полоса в направлении горы Вишневая – Чкалов – Уральск – Каспийское море по берегам реки Урал, протяжённостью около 1080 километров. Безлесные районы (менее 1%) в основном сосредоточены на востоке области со средним показателем лесистости - 0,5%. Для многих территорий Оренбургской области сегодня актуальным является создание лесопаркового ландшафта при соблюдении показателей оптимальной лесистости типов местности. При соблюдении этого условия лесомелиоративный каркас помимо прямой функции будет осуществлять в полной мере и социальную функцию (рекреационную, здравоохранительную, эстетическую и пр.).*

**Ключевые слова:** Лесомелиоративный каркас, Оренбургская область, государственная защитная лесная полоса, лесовосстановление, показатель лесистости, структура лесного фонда.

**Chibilyov A.A. (jr.)**

PhD in Economics,

Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg

**TO THE QUESTION ABOUT THE FORMATION AND SIGNIFICANCE OF AGROFORESTRY FRAME  
OF THE ORENBURG REGION**

**Abstract**

*A large-scale project – “The Stalin plan to transform nature” of 1948 changed the landscape of the Orenburg region. In the second half of the twentieth century in the region laid the foundations for the modern scheme of agroforestry frame. The basis of agroforestry frame of the Orenburg region became the State protective forest strip in the direction of the Vishnevaya mountain – Chkalov – Uralsk – Caspian sea along the banks of the Ural river, a distance of about 1080 km. Treeless areas (less than 1%) mainly concentrated in the east region with average extent of forest cover of 0.5%. For many areas in the Orenburg region relevant today is the establishment of a forested landscape while respecting the optimum forest cover types of the area. At observance of this condition the agroforestry frame in addition to the direct function will be to implement fully and social function (recreation, health, aesthetic, etc.).*

**Keywords:** Agroforestry frame, Orenburg region, state protective forest, reforestation, forest cover indicator, the structure of the forest fund.

**В** середине первой четверти XXI века несмотря на почти исчезнувший тип растительности, степная зона продолжает оставаться важнейшей для хозяйства нашей страны. Сегодня покров степи в значительной степени заменен человеком на сельскохозяйственную растительность агроландшафта, тем не менее вопросы степеведения остаются актуальными для многих регионов степного пространства России и Евразии. Комплекс этих вопросов всегда носил междисциплинарный характер, занимая умы не только географов, биологов, почвоведов, но и экономистов.

Как известно, в 1877 году В.В.Докучаев начинает свое исследование русского чернозема под эгидой Императорского вольного экономического общества. Результатом этих исследований стала организация «Особой экспедиции по испытанию и учёту различных способов и приёмов лесного и водного хозяйства в степях России» и его труд «Наши степи прежде и теперь» (1892). Полвека спустя эти идеи легли в основу «Сталинского плана преобразования природы» (1948) [1].

Этот масштабный проект по изменению ландшафта и микроклимата, как и другой проект – «целинная компания» (1954) изменили облик евразийского степного пространства [2].

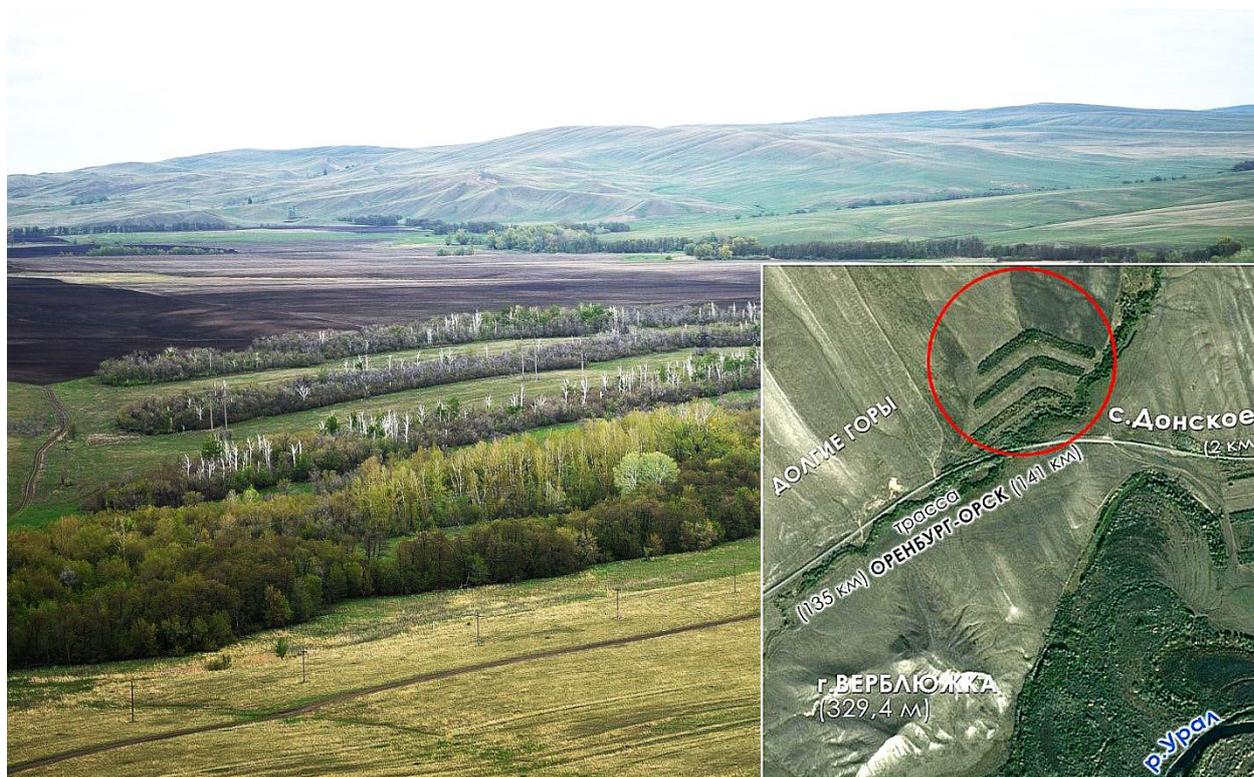


Рис. 1 – «Редут» государственной защитной полосы г.Вишнёвая –Каспийское море (вид с горы Верблюжка: 51°24'21" с.ш.; 56°49'01" в.д.).

По породному составу для государственной защитной лесной полосы гора Вишневая – Чкалов – Уральск – Каспийское море рекомендовались в качестве главных: дуб, береза, берест, вяз мелколистный, тополь, сосна (на песках); сопутствующих – клен татарский, липа [1].

Согласно Государственного плана в период с 1949-1965 гг. предполагалось создать на территории Оренбургской области защитные лесонасаждения:

а) силами и средствами колхозов (тыс. гектаров)

| ВСЕГО:       | в периоды: |            |               |               |
|--------------|------------|------------|---------------|---------------|
|              | 1949 год   | 1950 год   | 1951-1955 гг. | 1956-1965 гг. |
| <b>201,5</b> | <b>3,5</b> | <b>8,2</b> | <b>4,7</b>    | <b>142,8</b>  |

б) силами и средствами Министерства лесного хозяйства СССР (тыс. гектаров)

| 1949 год         |                | 1950 год         |                | 1951-1955 гг.    |                |                    |
|------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|
| Овражно-балочные | В гос-лесфонде | Овражно-балочные | В гос-лесфонде | Овражно-балочные | В гослес-фонде | В колхоз-ных лесах |
| <b>0,4</b>       | <b>3,5</b>     | <b>0,4</b>       | <b>4,6</b>     | <b>1,2</b>       | <b>35,4</b>    | <b>2,6</b>         |

в) силами и средствами совхозов Министерства совхозов СССР (тыс. гектаров):

| ВСЕГО:      | 1949 год   | 1950 год   | 1951-1955 гг. | 1956-1965 гг. |
|-------------|------------|------------|---------------|---------------|
| <b>78,8</b> | <b>0,5</b> | <b>2,2</b> | <b>18,0</b>   | <b>58,1</b>   |

Для Оренбургской области, мероприятия направленные на улучшение леса и повышения его водоохранозащитных, средообразующих и социальных функций всегда крайне актуальны. Это обуславливается низким показателем лесистости (территория считается безлесной при проценте лесистости менее 10%). Лесистость территории Оренбургской области наименьшая среди всех субъектов входящих в Приволжский федеральный округ, а в России меньший соответствующий показатель имеют только 5 регионов (табл. 1) [3].

Таблица 1 – Лесистость регионов РФ

| Регион                      | % лесистости |
|-----------------------------|--------------|
| <b>Оренбургская область</b> | <b>4,6</b>   |
| Волгоградская область       | 4,3          |
| Ростовская область          | 2,4          |
| Астраханская область        | 1,8          |
| Ставропольский край         | 1,6          |
| Республика Калмыкия         | 0,2          |

Рассматривая показатели лесистости в разрезе муниципальных образований Оренбургской области, отметим группу приграничных районов с показателем лесистости более 10%: Бузулукский (22,8%), Северный (18,8%), Тюльганский (17,3%), Бугурусланский (12,9%), Илекский (10,5%) (рис. 2).

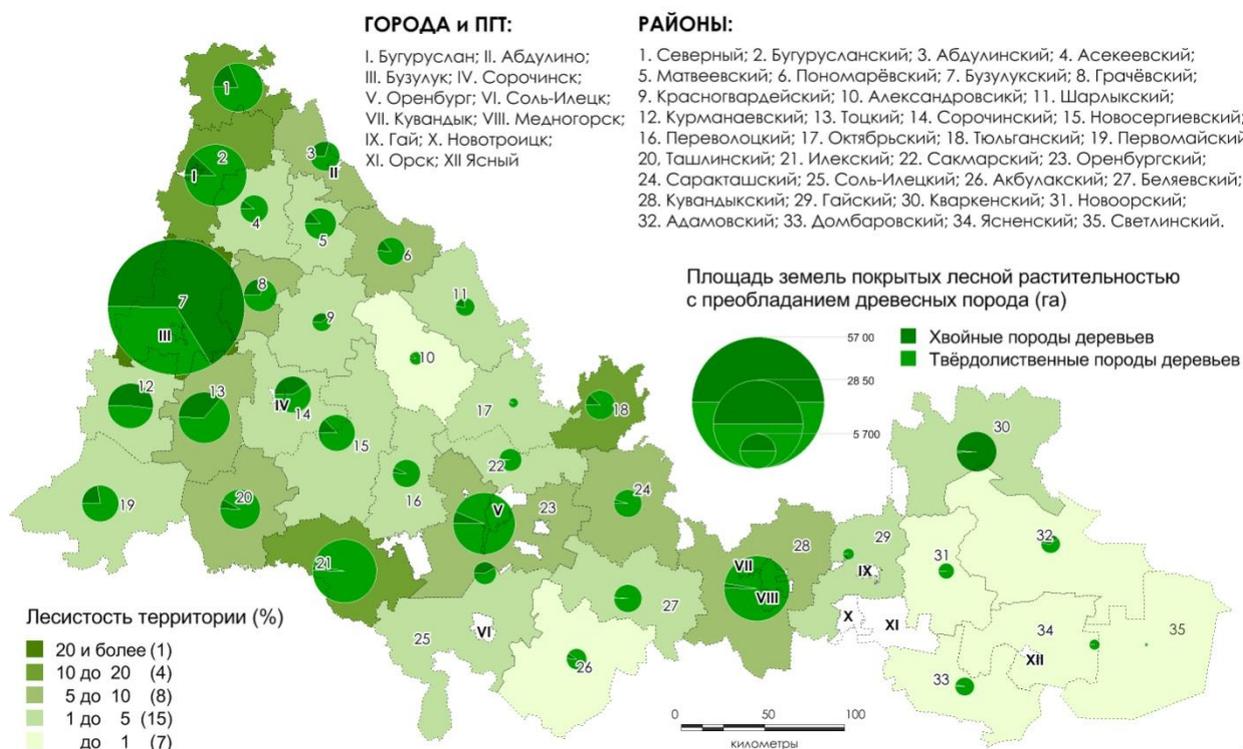


Рис. 2 – Лесистость территории районов Оренбургской области на 1.01.2014 г.

Безлесные районы (менее 1%) в основном сосредоточены на востоке области со средним показателем лесистости - 0,5%. На юге области отметим скудную на лесистость Акбулакский район. Восточная часть западного Оренбуржья и северо-запад центрального представлены районами, входящими в группу лесистости территории от 1 до 5 % (за исключением Александровского района). На снижение показателя их лесистости во многом повлияли древние рудники "Каргалы". Для каргалинской металлургии требовался уголь, на который тратились большие запасы древесины качественных пород (берёза, сосна). Относительно высокой для региона представляется лесистость районов включающих в своей территории земли пойменных лесов рек Урала, Сакмары и Самары.

В структуре земель лесного фонда (641 828 га) Оренбургской области значительную часть занимают лесные площади (535,7 тыс. га; 84,7%). Сельскохозяйственные угодья в лесном фонде занимают 4,4% (28 тыс. га; из них 1,5 тыс. га пашни), а на земли "под водой" приходится 2,5% (рис. 3).



Рис. 3 – Структура земель лесного фонда по угодьям (%)

Показатель кадастровой стоимости земель лесного фонда области в 2008 году составлял 7 650 руб. за гектар (или 282,3 \$) (Результаты утверждены Постановлением Правительства Оренбургской области от 11.11.2008 г. № 418-п.)

Если брать за основу эти данные то на ноябрь 2015 года этот показатель в сопоставимых ценах будет равен 18 715 руб. за гектар. Таким образом совокупная кадастровая стоимость земель лесного фонда в 2015 году может быть рассчитана в пределах 12 008,1 млн. руб.

При крайне низком показателе лесистости в регионе всегда актуальным было проведение мероприятий по охране и защиты лесов. К сожалению, если брать статистику по лесовосстановлению земель с 1980 года, наблюдается снижение показателя искусственного лесовосстановления (рис. 4).



Рис. 4 – Динамика лесовосстановления по Оренбургской области в 1980-2013 гг.

Для многих территорий Оренбургской области сегодня актуальным является создание лесопаркового ландшафта при соблюдении показателей оптимальной лесистости типов местности.

Ландшафтно-инженерные работы на оврагах, проектирование сазозащитных лесных полос, мелиоративные мероприятия вдоль берегов рек, защитные лесонасаждения вдоль транспортных путей, благоустройство лесопарков и другие мероприятия должны проводится при соблюдении уровня качества породного состава леса и кустарников рекомендуемых специалистами для конкретных территорий региона [4, 5]. При соблюдении этого условия лесомелиоративный каркас помимо прямой функции будет осуществлять в полной мере и социальную функцию (рекреационную, здравоохранительную, эстетическую и пр.). Значительная доля значимых в туристском отношении объектов на территории региона так или иначе связаны с пойменно-речными и горно-лесными рекреационными ландшафтами, сосновыми и водораздельными островными лесами. Именно на таких территориях расположено большинство объектов курортно-санаторного комплекса, турбаз и домов отдыха.

#### Литература

1. Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20.10.1948 №3960 «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоёмов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР».

2. Чибилёв А.А. (мл.) Административно-территориальная характеристика степной зоны РФ // Степи Северной Евразии : материалы Седьмого международного симпозиума – Оренбург, 2015. – С. 920-924.

3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2014: Р32 Стат. сб. / Росстат. – М., 2014. – С. 388.

4. Чибилёв А.А. (мл.) , Семёнов Е.А. Очерки экономической географии Оренбургского края. Том I. Екатеринбург: ООО «УЦАО», 2014. – 182 с.

5. Чибилёв А.А., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. (мл.) Природное наследие Оренбургской области: особо охраняемые природные территории. – Оренбург: УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2009. – 328 с.

#### References

1. The decree of the Council of Ministers of the USSR and the CPSU(b) from 20.10.1948 No. 3960 "About the plan shelter of forest cover, introduction of grass crop rotation, construction of ponds and reservoirs to ensure high and stable harvests in steppe and forest-steppe regions of the European part of the USSR".

2. Chibilyov A. A. (Jr.) Administrative-territorial feature of the steppe zone of the Russian Federation // steppes of Northern Eurasia : materials of the Seventh international Symposium, Orenburg, 2015. – P. 920-924.

3. The Regions Of Russia. Socio-economic indicators. 2014: R32 Stat. SB. / Rosstat. - M., 2014. - P. 388.

4. Chibilyov A.A. (мл.) , Semjonov E.A. Oчерки jekonomicheskoj geografii Orenburgskogo kraja. Tom I. Ekaterinburg: ООО «UCAO», 2014. – 182 с.

5. Chibilyov A.A., Pavlejchik V.M., Chibilyov A.A. (мл.) Prirodnoe nasledie Orenburgskoj oblasti: osobo ohranjaemye prirodnye territorii. – Orenburg: UrO RAN, Pечатnyj dom «Dimur», 2009. – 328 с.