



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 1–2012 (январь)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной  
ответственностью  
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

#### Редакционный совет

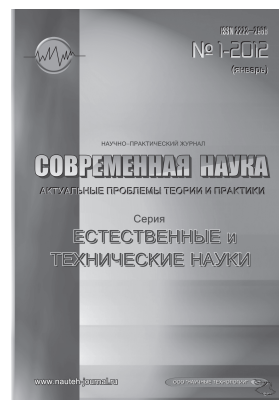
- А.В. Царегородцев** — д.т.н., профессор Всероссийской государственной налоговой академии Минфина РФ  
**Ю.Б. Миндлин** — к.э.н., доцент Всероссийской государственной налоговой академии Минфина РФ  
**М.М. Безрукова** — д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО  
**Н.Н. Грачев** — профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет), доктор высшей ступени в области технических наук (Doctor Habilitatus)  
**А.И. Гусева** — д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"  
**А.Я. Качанов** — д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)  
**Е.Ю. Клименко** — д.ф.-м.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"  
**С.М. Надежкин** — д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии  
**Б.А. Прудковский** — д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний "ИНТЕРСЕРТИФИКА"  
**С.Э. Саркисов** — д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии  
**В.В. Сергиевский** — д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"  
**А.П. Симоненков** — д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАМН

Издатель: Общество с ограниченной ответственностью  
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:  
109443, Москва,  
Волгоградский пр-т, 116–1–10  
Тел/факс: 8(495) 755–1913  
E-mail: redaktor@nauteh-journal.ru  
http://www.nauteh-journal.ru  
http://www.vipstd.ru/nauteh

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору  
в сфере массовых коммуникаций, связи  
и охраны культурного наследия.  
Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77–44912 от 04.05.2011 г.

© Современная наука:  
Актуальные проблемы теории и практики



В НОМЕРЕ:

РАДИОФИЗИКА  
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ,  
НЕФТЕХИМИЯ, ЭКОЛОГИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ,  
АКУШЕРСТВО И ГИНЕКОЛОГИЯ,  
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И  
ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ,  
ТРЕНИЕ И ИЗНОС В МАШИНАХ,  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ,  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,  
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ,  
ТЕХНОЛОГИЯ И МАШИНЫ ЛЕСОЗАГОТОВОК И  
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Журнал издается с 2011 года

Редакция:  
Главный редактор  
**А.В. Царегородцев**  
Выпускающий редактор  
**Ю.Б. Миндлин**  
Корректор  
**Е.В. Михайлова**  
Верстка  
**Д.М. Замятин**

Подписной индекс издания  
в каталоге агентства "Почта России" — 80016

В течение года можно произвести подписку  
на журнал непосредственно в редакции

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

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

Журнал отпечатан в типографии  
ООО "КОПИ-ПРИНТ"  
тел./факс: (495) 973–8296  
Подписано в печать 13.02.2012 г.  
Формат 84×108 1/16

Печать цифровая  
Заказ № 0000  
Тираж 2000 экз.

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## РАДИОФИЗИКА

**А.А. Антонов**

Объяснение эксперимента OPERA  
*A.Antonov – Explain the OPERA Experiment* .....3

**Д.Х. Базиев**

Скорость распространения монохроматических пучков естественного света в среде атмосферного воздуха  
*D.Baziev – The velocity of propagation of monochromatic beams of natural light in the medium ambient air* ..... 12

## ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

**С.С. Павлов**

Температурная зависимость удельной проводимости нанопорошков W и Ni  
*S.Pavlov – Conductivity temperature dependence of W and Ni nanopowders* ..... 29

## НЕФТЕХИМИЯ

**Р.А. Ашрафов**

Современное состояние производства экологически чистых высокооктановых автомобильных бензинов  
*R.Ashrafov – Modern state of production ecologically of clean high-antiknock motor-car petrols*..... 34

## ЭКОЛОГИЯ

**Н.Н. Гусакова, А.С. Шуваева**

Биоиндикационная оценка экологического состояния малых населенных пунктов лесостепной зоны Саратовской области  
*N.Gusakova, A.Shuvaeva – Bioindicative assessment of ecological state of small settlements of the forest-steppe zone in Saratov region*..... 39

## БИОТЕХНОЛОГИЯ

**Т.М. Гиро, О.М. Попова**

Влияние кормовых микотоксикозов на фоне нарушенного минерального обмена на содержание витаминов, макро- и микроэлементов в молоке  
*T.Giro, O.Popova – Effect of food on the background of mycotoxicosis disturbed mineral metabolism in the content of vitamins, macro- and microelements in milk*..... 43

## АКУШЕРСТВО И ГИНЕКОЛОГИЯ

**Н.Ю. Мелехова, А.Н. Иванян, Н.Л. Овсянкина, А.Л. Чернякова**

Папилломавирусная инфекция у пациенток с эктопией шейки матки  
*N.Melekhova, A.Ivanyan, N.Ovsyankina, A.Chernyakova – Papillomavirus infection in patients with cervical uterus ectopia*..... 48

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

**О.С. Шаропова**

О ключевых различиях факторов и условий размещения предприятий материального и нематериального производства (на примере США)  
*O.Sharapova – The key differences between the location factors of the tangible and intangible production (for example U.S.)*..... 54

## ТРЕНИЕ И ИЗНОС В МАШИНАХ

**Л.Н. Потехина, Г.А. Саврасов**

Оценка потерь мощности на трение в уплотнительном устройстве подшипника скольжения вакуумного ввода вала  
*L.Potehina, G.Savrasov – Assessment of power losses due to friction in the sealing device, a plain bearing vacuum input shaft* ..... 61

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ

**Н.В. Слепцов**

Повышение вычислительной эффективности формальных эволюционно-генетических преобразований  
*N.Sleptsov – The increasing of computability for the formal genetic transformations* ..... 64

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

**Д.С. Коваленко**

Применение мультиагентных систем для моделирования процесса обучения  
*D.Kovalenko – The use of multi-agent systems for modeling the learning process* ..... 71

## ТЕХНОЛОГИЯ И МАШИНЫ ЛЕСОЗАГОТОВОК И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

**С.В. Ляхов**

Определение удельных энергозатрат вывозки лесного сырья и технико-эксплуатационных показателей лесовозных автопоездов  
*S. Lyahov – Definition of specific powerexpenses forest removal and technical and operational performance by the lorries*..... 78

## ИНФОРМАЦИЯ

Требования к оформлению рукописей статей, направляемых для публикации в журнале ..... 82

№ 1-2012 (январь)

CONTENTS

## Объяснение эксперимента OPERA\*

**Антонов Александр Александрович,**  
кандидат технических наук, доцент,  
директор научного центра информационных  
технологий «ТЕЛАН Электроникс»,  
01.04.03  
telan@bk.ru

**Аннотация.** Приводятся экспериментальные и теоретические доказательства физической реальности именованных комплексных чисел. Объясняется, что мнимая компонента комплексных чисел физически соответствует скрытым дополнительным измерениям. Причем не только микромира, но также и макромира, и даже мира обычных человеческих измерений.

Показывается, что использование принципа физической реальности комплексных чисел позволяет:

- решить физическую проблему согласования результатов экспериментов OPERA со специальной теорией относительности;
- показать, что экспериментами OPERA доказываются наличие у нейтрино нулевой массы покоя;
- решить математическую проблему преодоления противоречивости решений алгебраических уравнений с использованием действительных и комплексных чисел;
- создать совершенную теорию резонанса на комплексных частотах.

**Ключевые слова:** комплексные числа, колебательные процессы, резонанс, специальная теория относительности, масса покоя, релятивистская масса, нейтрино, скрытые измерения.

## Explain the OPERA Experiment

**Antonov Alexander Alexandrovich**  
Ph.D. of technical Science, Associate Professor,  
Scientific Director of the Center for Information  
Technology «Telan Electronics»

**Abstract.** We offer experimental and theoretical evidence of the physical reality of concrete complex numbers. It is explained that the imaginary component of complex numbers physically corresponds to the hidden extra dimensions, not only in the microcosm, but in the macrocosm, as well, and even in the world of regular human dimensions. It is shown that the use of the principle of physical reality of complex numbers allows:

- solving the physical problem of aligning the results of the OPERA experiments with the special theory of relativity;
- demonstrating that the OPERA experiments prove a neutrino has zero rest mass;
- solving the mathematical problem of resolving the contradictions in solution of algebraic equations on the set of real and complex numbers;
- developing a perfect theory of resonance at complex frequencies.

**Keywords:** Complex Numbers, Oscillatory Processes, Resonance, Special Theory of Relativity, Rest Mass, Relativistic Mass, Neutrino, Universe's Hidden Dimensions.

### Введение

22 сентября с.г. 173 ученых CERN опубликовали [1] сенсационные результаты экспериментов OPERA (Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus), в которых было зафиксировано

статистически значимое указание на превышение скорости света мюонными нейтрино. Математической обработке были подвергнуты экспериментальные данные, полученные за последние три года. Следует также отметить, что в 2006 г. аналогичные результаты были получены [2] в американском эксперименте MINOS (Main Injector Neutrino Oscillation Search), которые однако физиками были проигнорированы из-за относительно меньшей точности измерений.

\* Это – репринт статьи «Antonov A.A., 2011, Using the Principle of Physical Reality of Complex Numbers to Explain the OPERA Experiment, *European Journal of Scientific Research*, vol. 65, no. 3, pp. 321 – 328».

Естественно, для опровержения или подтверждения результатов экспериментов OPERA требуются дополнительные независимые эксперименты, проведенные другими исследователями на другом оборудовании. Поэтому, чтобы сделать такую проверку возможной, коллаборация OPERA и опубликовала свои результаты.

Если же эксперименты OPERA будут подтверждены, некоторые базовые понятия современной физики, и, прежде всего, специальной теории относительности (СТО), очевидно, потребуют пересмотра.

### Доказательства физической реальности комплексных чисел

Чтобы объяснения результатов экспериментов OPERA были понятными, предварительно необходимо объяснить физический смысл мнимых и комплексных чисел.

Мнимые числа были открыты в 1545 г. Джироламо Кардано (1501–1576), а возможно, еще раньше Паоло Вальмесом (???? – 1486), которого по приговору инквизиции казнили “гуманным образом без пролития крови – сожжением живьем на костре”. Позже в 1777 г. Леонардом Эйлером (1707 – 1783) для мнимой единицы предложил символ  $i = \sqrt{-1}$ . Термин же комплексные числа в 1831 г. ввел в употребление Карл Фридрих Гаусс (1777 – 1856) [3].

Неудивительно, что в существовавшей в то время обстановке средневекового всесияния инквизиции Исаак Ньютон (1642 – 1727) отказался в своих работах использовать мнимые числа. Но в 20-м веке Альберт Эйнштейн (1879 – 1955) при создании специальной теории относительности, не сумев понять физический смысл комплексных чисел, также отказался признать их физическую реальность.

Поэтому физический смысл комплексных чисел не объяснен до сих пор.

### Доказательство с использованием переходных колебательных процессов

Из-за отсутствия понимания физического смысла комплексных чисел, оказывается, своя неразрешенная проблема до сих пор существует не только в физике, но и в математике. Точнее, в алгебре [4], [5].

Действительно, до сих пор в алгебре используют два взаимно исключающие друг друга алгоритма решения алгебраических уравнений – с использованием действительных чисел и с использованием комплексных чисел.

При использовании действительных чисел алгебраическое уравнение степени  $n$  (из последующего текста будет ясно почему аргумент обозначен  $p$ , а не  $x$ ),

$$a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0 = 0 \quad (1)$$

может иметь  $n$  решений,  $n-1$  решений,  $n-2$  решений, ... или даже ни одного решения.

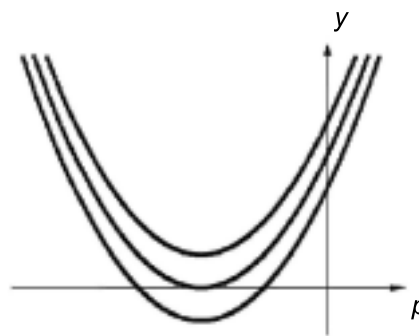


Рис. 1

Почему так получается, очень понятно иллюстрируется графическим решением, например, квадратного уравнения,

$$\begin{cases} y = a_2 p^2 + a_1 p + a_0 \\ y = 0 \end{cases}$$

как точек пересечения параболы  $y = a_2 p^2 + a_1 p + a_0$  и оси  $p$  (см. рис. 1). Причем иллюстрируется настолько хорошо, что становится даже непонятно, как может идти речь о

других решениях с использованием комплексных чисел.

Но, оказывается, не менее понятное графическое решение

$$\begin{cases} |y| = |a_2(\sigma + j\omega)^2 + a_1(\sigma + j\omega) + a_0| \\ y = 0 \end{cases}$$

может быть приведено и для случая использования комплексных чисел  $p = \sigma + i\omega$  (см. рис. 2), как точек касания поверхности  $|y| = |a_2(\sigma + j\omega) + a_1(\sigma + j\omega) + a_0|$  и плоскости  $p = \sigma + i\omega$ . Причем при использовании комплексных чисел количество решений всегда равно степени  $n$  уравнения (1) (т.е. для квадратного уравнения их всегда два).

Таким образом, в случае, когда дискриминант квадратного уравнения отрицателен, при использовании комплексных чисел получаем два решения (рис. 2с), а при использовании действительных чисел – ни одного (рис. 1). Очевидно, что эти два утверждения взаимно друг друга исключают. И поэтому истинным может быть только одно из них.

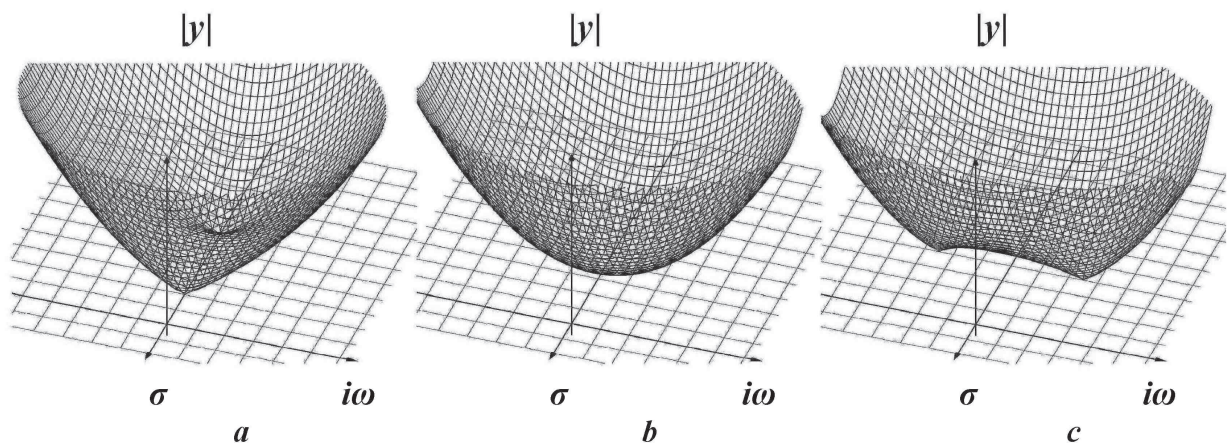


Рис. 2

Какое же из них выбрать? В алгебре ответ на поставленный вопрос отсутствует.

Поэтому, чтобы убедительно ответить на вопрос, какое же из упомянутых выше решений на самом деле существует в реальном физическом мире, воспользуемся физическим экспериментом. И вспомним в этой связи, что при изучении протекающих в линейных колебательных системах процессов решают соот-

ветствующие дифференциальные уравнения. Причем при нахождении переходного процесса решают соответствующие исходным дифференциальным уравнениям характеристические алгебраические уравнения вида (1). Но решают их всегда (и это очень важно подчеркнуть) только с использованием комплексных чисел. Так делают потому, что такому решению соответствуют реально физически существующие колебательные переходные процессы (например, цунами). Существуют же они на комплексных частотах  $p = \sigma \pm i\omega$ .

А если бы реально существующие переходные процессы соответствовали решениям характеристических уравнений с использованием действительных чисел, то цунами в природе не существовало бы. По той же причине, не звучал бы камертон, не качался бы после толчка маятник, в оркестрах отсутствовали бы ударные музыкальные инструменты и т.д.

Следовательно, единственно истинными и физически существующими являются решения алгебраических уравнений с использо-

ванием комплексных чисел. Применительно же к колебательным переходным процессам это означает, что комплексные частоты этих колебаний  $p = \sigma \pm i\omega$  являются физически реальными.

Полученные результаты, таким образом, подтверждают прозорливость выдающегося ученого, создателя операционного исчисления Oliver Heaviside (1850 – 1925), который

писал: «Математика – это экспериментальная наука».

### Доказательство с использованием резонансных колебательных процессов

Из-за отсутствия понимания физического смысла комплексных чисел существует еще одна до сих пор неразрешенная проблема. На этот раз уже в физике. Точнее, в теории резонанса. Причем настолько серьезная, что, не умея объяснить это физическое явление (а предметом изучения физики по определению должны быть все реально существующие физические процессы), его по существу исключили из физики. Так, в алфавитном указателе PACS 2010 (Physics and Astronomy Classification Scheme) упоминание о нем отсутствует. В разделах “List of Topics” или “Aims and Score” физических журналов термин “Resonance” также нигде не упоминается.

Поэтому резонанс в настоящее время детально изучается лишь в прикладных науках. Причем наиболее удобными для его экспериментального исследования являются электрические цепи, так как в них быстро и просто могут быть реализованы любые частные случаи. Но, хотя впервые резонанс в электрических цепях был обнаружен Феликсом Савари (1797 – 1841) еще в 1826 году [6], это физическое явление полностью не изучено до сих пор.

Существующая теория резонанса в электрических цепях на действительных частотах безупречно справедливой является лишь в не представляющих практического интереса LC-цепях. И в этих LC-цепях при резонансе:

- модуль иммитансной функции принимает экстремальное значение;
- мнимая компонента иммитансной функции принимает нулевое значение;
- частота вынужденных колебаний равна частоте свободных колебаний.

В реальных же LCR-цепях ни один из указанных признаков резонанса практически никогда не выполняется. Поэтому в научной и учебной литературе при исследовании

электрических LCR-цепей пользуются только приближенными формулами, хоть как-то соответствующими указанным признакам резонанса.

Если же применительно к указанным признакам резонанса пользоваться точными формулами, то резонансные частоты, соответствующие разным его признакам, оказываются разными. Более того, резонансных частот, даже соответствующих одному и тому же признаку, в большинстве случаев оказывается несколько. И никогда резонансные частоты не равны частотам свободных колебаний. Последнее обстоятельство в первой половине прошлого века пытался объяснить академик Л.И. Мандельштам [7], но безуспешно. После него других попыток как-то усовершенствовать теорию резонанса более не предпринималось.

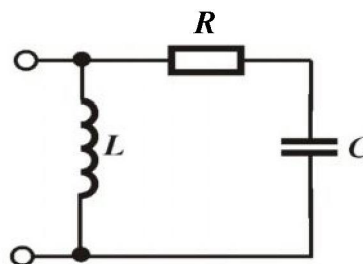


Рис. 3

Чтобы не быть голословным, несовершенство существующей теории резонанса на действительных частотах проиллюстрируем на примере простейшего электрического колебательного LCR-контура (см. рис. 3).

В этой электрической LCR-цепи модуль комплексной проводимости принимает максимальное значение на резонансной частоте

$$\omega_{res1} = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\omega_0^2 - 4\sigma_0^2}} = \omega_0 \frac{Q}{\sqrt{Q^2 - 1}} \neq \omega_0$$

где  $2\sigma_0 = R/L$ ;  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ ;  $Q = \omega_0/2\sigma_0$ .

Мнимая компонента комплексной проводимости этого колебательного LCR-контура принимает нулевые значения на резонансных частотах (уже не одной, а двух!)

$$\left[ \begin{array}{l} \omega'_{res2} = 0 \\ \omega''_{res2} = \omega_0 \sqrt{\frac{\omega_0^3 \sqrt{\omega_0^2 + 8\sigma_0^2} + 4\sigma_0^2 \omega_0^2}{\omega_0^4 + 8\sigma_0^2 \omega_0^2 - 16\sigma_0^4}} = \omega_0 \sqrt{\frac{Q^3 \sqrt{Q^2 + 2} + Q^2}{Q^4 + 2Q^2 - 1}} \neq \omega_0 \end{array} \right.$$

И, наконец, частота свободных колебаний в этом LCR-контуре равна

$$\omega_{free} = \sqrt{\omega_0^2 - \sigma_0^2} = \omega_0 \sqrt{\frac{4Q^2 - 1}{4Q^2}} \neq \omega_0$$

Как видно, все эти частоты не равны друг другу.

Для других электрических LCR-цепей получаются аналогичные результаты, в рамках теории резонанса на действительных частотах до сих пор никем не объясненные. Правда, отличия всех этих частот  $\omega_{res1}$ ,  $\omega_{res2}$  и  $\omega_{free}$  от величины  $\omega_0$  относительно невелики (однако они значительно превышают различия скоростей света и сверхсветовых нейтрино в эксперименте OPERA). Тем не менее, они доказывают несостоятельность существующей теории резонанса на действительных частотах и требуют своего объяснения.

Такое объяснение приводится в публикациях [8] – [12], в которых изложена безупречная теория резонанса на комплексных частотах. В этих работах доказано теоретически и экспериментально, что резонанс, как физическое явление, в действительности существует не на действительных, а на комплексных частотах. Это доказывает физическую реальность и самих комплексных частот и производных от них величин – комплексных сопротивлений и проводимостей, комплексных токов и напряжений, комплексных мощностей и энергий.

Вероятно, наиболее необычными в этой новой теории резонанса на комплексных частотах являются ее экспериментальные доказательства, которые существующей теорией резонанса на действительных частотах никак не могут быть объяснены.

Приведем одно из них. На рис. 4 приведены три электрические цепи, в которых резонанс на комплексных частотах используется для построения режекторных фильтров. Как видно, на входы электрических цепей, изображенных на рис. 4а и рис. 4б, подаются одинаковые входные сигналы  $U_{imp}$ , представляющие собой сумму прямоугольных радиоимпульсов  $U_1$  и экспоненциальных радиоимпульсов  $U_2$ , которые существующими фильтрами действительных частот разделить невозможно. Приведенными же на рис. 4 режекторными фильтрами комплексных частот такое разделение выполняется без малейших затруднений (и это может проверить каждый).

Так, в схеме, приведенной на рис. 4а входной LC-контур настроен в резонанс на комплексно-сопряженные частоты  $p_{res} = \pm i\omega_0$  прямоугольного радиоимпульса  $U_1$ . И поэтому на выход проходит неискаженный экспоненциальный радиоимпульс  $U_2$ .

В схеме, приведенной на рис. 4б, наоборот, входной LCR-контур настроен в резонанс на комплексно-сопряженные частоты  $p_{res} = -\sigma_0 \pm i\omega_0$  экспоненциального радиоимпульса  $U_2$ . И поэтому на выход проходит неискаженный прямоугольный радиоимпульс  $U_1$ .

Более того, на рис. 4с приведена схема, в которой в качестве резонансной используется апериодическая электрическая цепь. Поэтому в ней входная RC-цепь настроена в резонанс на комплексную частоту  $p_{res} = -\sigma_0$ , в результате чего из имеющегося на входе сигнала  $U_{imp}$ , являющегося суммой прямоугольного радиоимпульса  $U_1$  и экспоненциального радиоимпульса  $U_2$ , на выход проходит только прямоугольный радиоимпульс  $U_1$ .

Из описанных экспериментов видно, что резонанс на комплексных частотах может

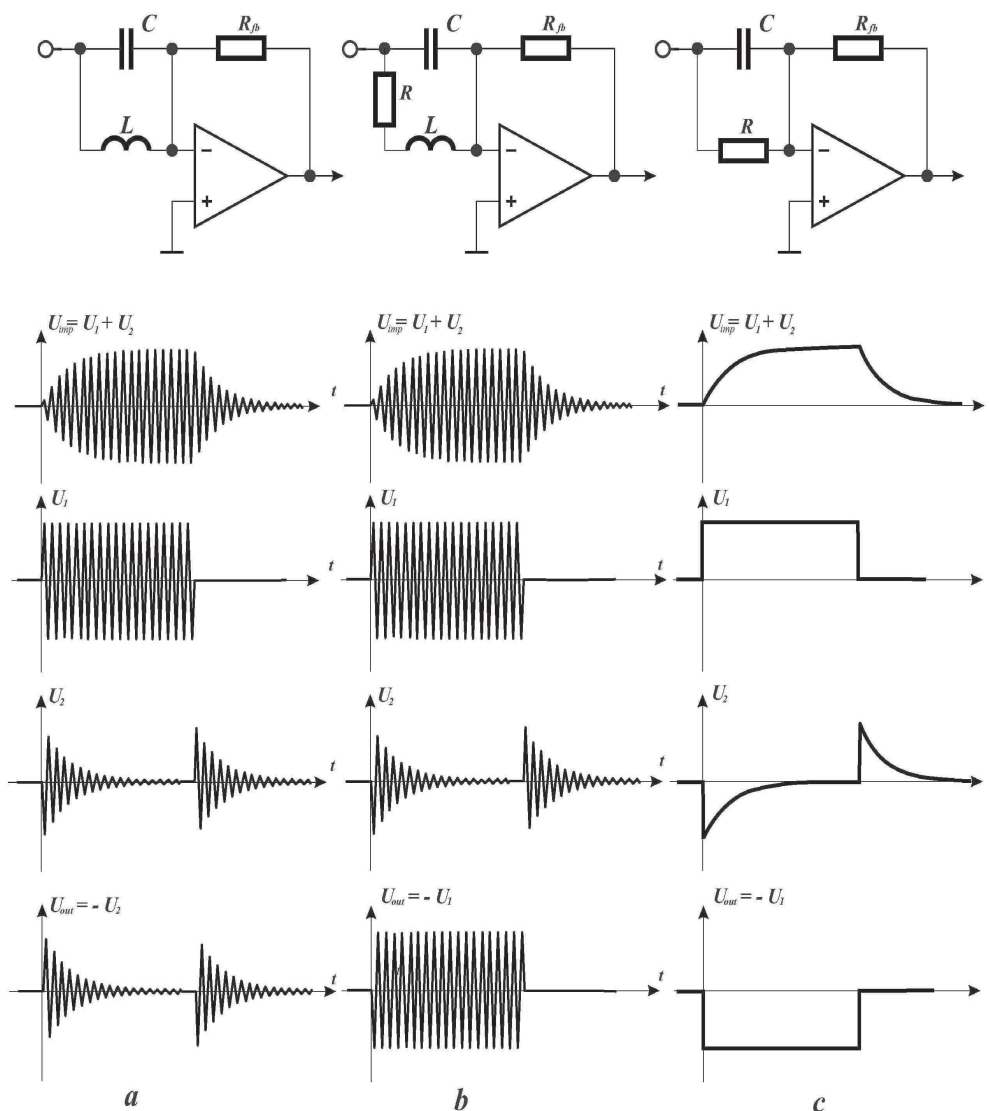


Рис. 4

существовать не только при воздействии на соответствующую электрическую цепь незатухающими синусоидальными колебаниями, но также – затухающими синусоидальными колебаниями и даже экспоненциальными видеоимпульсами. Следовательно, описанные многообразные проявления резонанса на комплексных частотах убедительно подтверждают его физическую реальность и физическую реальность самих комплексных частот.

### Физическая интерпретация комплексных чисел

Хотя упомянутые выше теоретические и экспериментальные доказательства физической реальности комплексных чисел неопровержимы, напрашивается вопрос, а нельзя ли эти комплексные числа как-то увидеть или иным образом убедиться в их существовании. К сожалению, нельзя. Нет у людей соответствующих органов чувств.



Но такая ситуация не оригинальна. Люди своими органами чувств никак не могут зарегистрировать ни магнитное поле, ни рентгеновское излучение, ни электрическое напряжение (если оно не слишком велико), ни строение атомов и молекул, ни черные дыры и многое другое. Во все это люди просто верят на основании того, что им говорят ученые (или показывают приборы). Так и в физическую реальность комплексных чисел нужно просто поверить.

В описываемой ситуации, однако, имеется важная особенность. Числа всегда служат для измерения чего-то. Например, для оценки величины времени, массы, энергии и т.д. Короче говоря, всего, что можно как-то измерить. Следовательно, и мнимые числа могут что-то измерять, т.е. могут служить какими-то измерениями. Но какими?

Для ответа на поставленный вопрос, вспомним формулу Эйлера  $e^{ix} = \cos x + i \sin x$ , которая очевидным образом может быть преобразована к виду

$$e^{(\sigma \pm i\omega)t} = e^{\sigma t} (\cos \omega t \pm i \sin \omega t)$$

Нетрудно заметить, что в показателе степени в последней формуле содержится комплексная частота  $p = -\sigma \pm i\omega$ , физическая реальность которой была доказана выше. Поэтому вся левая часть формулы Euler является физически реальным числом. Следовательно, и ее правая часть, содержащая действительную и мнимую компоненты, также является физически реальным числом.

Изложенные соображения позволяют мнимую компоненту в формуле Эйлера по аналогии с [13] назвать скрытым измерением, дополнительным к измерению с помощью действительных чисел. Причем, поскольку формула Euler справедлива и в случае, когда  $\sigma = 0$ , т.е. применительно не только к затухающим, но и к незатухающим колебаниям, то скрытые дополнительные измерения имеют место и в случае вращения электронов вокруг ядра атома, и в случае вращения планет вокруг своих звезд и во многих других случаях. Следовательно, в этих микро- и макромирах должны существо-

вать свои физические реальности, измеряемые комплексными и мнимыми числами.

И в этом заключается отличие описанных выше скрытых дополнительных измерений [14] – [17] от скрытых дополнительных измерений, которые предполагается открыть на Большом Адронном Коллайдере, поскольку последние относятся исключительно к микромиру.

### Обсуждение эксперимента OPERA

Возвратимся теперь к эксперименту OPERA. Если его результаты будут подтверждены, то специальную теорию относительности неизбежно придется дорабатывать [18]. Ведь ее, в отличие от теории резонанса, несмотря на возникшие трудности объяснения новых экспериментальных результатов, из физики исключить невозможно.

В новой редакции специальной теории относительности, естественно, должны быть даны объяснения тем обстоятельствам, которые учитывал Альберт Эйнштейн при создании своей теории, а также тем новым обстоятельствам, которые следуют из экспериментов OPERA. В частности, в ней должна быть предложена новая интерпретация формулы Лоренца-Эйнштейна

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Из нее следует, что релятивистская масса  $m$  движущегося физического объекта со скоростью  $v$ , не превышающей скорости света  $c$ , больше массы покоя  $m_0$  и является числом действительным. В случае же, если скорость движения этого физического объекта  $v$  превысит скорость света  $c$ , его релятивистская масса  $m$  станет мнимым числом.

Но что это означает? Какой физический смысл может иметь мнимая масса? Не умея ответить на этот вопрос, Альберт Эйнштейн указанную ситуацию разрешил наиболее простым образом, вообще отказавшись признать какой-либо физический смысл комплексных чисел. И такое его решение однозначно

привело к непризнанию возможности движения любых физических объектов со сверхсветовой скоростью.

Но если полагать, как было доказано выше, что мнимые числа имеют физический смысл и соответствуют скрытым дополнительным измерениям, то можно сделать вывод, что, преодолевая пороговую величину скорости  $v = c$ , движущийся физический объект переходит в скрытое дополнительное измерение, где становится недоступен для регистрации аппаратурой, находящейся в нашем измерении действительных чисел. В таком случае СТО останется справедливой и для ситуации, когда  $v > c$  [19].

При таком подходе допустимо полагать, что скрытое измерение устроено таким же образом, что и наше измерение действительных чисел. И в скрытом измерении (или измерениях?) действуют те же физические законы, что и в нашем измерении. И тогда почти все становится понятным.

Становится понятным, что тахионы – это, скорее всего, такие же, как и в нашем измерении, элементарные частицы, которые каким-то образом смогли преодолеть пороговый уровень скорости  $v = c$  и за счет этого перейти в скрытое измерение. Или вообще всегда там находились. И поскольку тахионы так или иначе ока-

зались в скрытом измерении, то их из нашего измерения зарегистрировать невозможно.

Становится понятным также, что нейтрино могут иметь сверхсветовую скорость. Но только при условии, что их масса покоя  $m_0$  равна нулю. Тогда даже на сверхсветовых скоростях их релятивистская масса  $m$  будет нулевой. А потому нейтрино, не обладая мнимой массой, в скрытое измерение не перейдут и останутся доступными для регистрации в нашем измерении.

### Заключение

Так как результаты эксперимента OPERA предположительно не соответствуют некоторым базовым положениям существующей трактовки специальной теории относительности, их проверка, безусловно, необходима.

Однако, если полученные экспериментальные данные подтвердятся, то они в результате использования принципа физической реальности комплексных чисел позволят создать новую более универсальную СТО, которая будет справедлива не только в случае  $v < c$ , но и в случае  $v > c$ . И скорее всего, именно так и будет, поскольку принцип физической реальности комплексных чисел уже позволил весьма успешно решить другие (рассмотренные выше) давние физико-математические проблемы.

### Список литературы:

1. Adam T. and other 172 coauthors, Submitted 22 Sep 2011, “Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam”. <http://arxiv.org/abs/1109.4897>
2. D.G. Michael et al., 2006, “Observation of muon neutrino disappearance with the MINOS detectors in the NuMI neutrino beam”. *Physical Review Letters*, Vol. 97: 191801. *doi:10.1103/PhysRevLett.97.191801*
3. Виноградов И.М., ред., 1982, Математическая энциклопедия, том 2, Изд. «Советская энциклопедия», Москва.
4. Antonov A.A., 2010, “Solution of Algebraic Quadratic Equations Taking into Account Transitional Processes in Oscillation Systems”, *General Mathematics Notes*, Vol. 1, No. 2, pp. 11-16. [http://geman.in/yahoo\\_site\\_admin/assets/docs/2\\_Solution\\_of\\_algebraic\\_quadraticAntonov.30172055.pdf](http://geman.in/yahoo_site_admin/assets/docs/2_Solution_of_algebraic_quadraticAntonov.30172055.pdf)
5. Antonov A.A., 2010, “Oscillation Processes as a Tool of Physics Cognition”, *American Journal of Scientific and Industrial Research*, Vol. 1, No. 2, pp. 342 – 349. <http://scihub.org/AJSIR/PDF/2010/2/AJSIR-1-2-342-349.pdf>
6. Blanchard Ju., 1941, “The History of Electrical Resonance”, *Bell System Technical Journal*, Vol. 20, No 4, pp. 415 – 433.

7. Мандельштам Л. И. Лекции по колебаниям. Изд. АН СССР, том 4. 1955.
8. Антонов А.А., Бажев В.М., 1974, “Средства формирования отклоняющих токов для спиральной развертки луча на экране ЭЛТ», авт. св. СССР №433650.
9. Антонов А.А., 1987, Исследование резонанса, Препринт №67, Института проблем моделирования в энергетике Академии наук Украины, Киев.
10. Antonov A.A., 2008, “Physical Reality of Resonance on Complex Frequencies”, European Journal of Scientific Research, Vol. 21, No. 4, pp. 627 – 641. [http://www.eurojournals.com/ejsr\\_21\\_4\\_06Alexander.pdf](http://www.eurojournals.com/ejsr_21_4_06Alexander.pdf)
11. Antonov A.A., 2009, “Resonance on Real and Complex Frequencies”, European Journal of Scientific Research, Vol. 28, No. 2, pp. 193 – 204. [http://www.eurojournals.com/ejsr\\_28\\_2\\_03.pdf](http://www.eurojournals.com/ejsr_28_2_03.pdf)
12. Antonov A.A., 2010c, “New Interpretation of Resonance”, International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology, Vol. 1, No. 2, pp. 1 – 12. [http://www.ijopaasar.in/volumes/vol\\_1\\_no2\\_december\\_2010](http://www.ijopaasar.in/volumes/vol_1_no2_december_2010)
13. Randall L., 2005, Warped Passages: Unraveling the Universe’s Hidden Dimensions, Ecco, NY.
14. Антонов А.А. Дополнительные измерения в физике открыты. Научная перспектива. No 9, стр. 60 – 64, 2011. <http://www.naupers.ru/6archive.html>
15. Antonov A.A., 2011b, “Evidence of Existence of the Universe’s Extra Dimensions”, International Journal of Advances in Science and Technology, Special Issue, Vol. 2, No.6, pp. 1 – 11. <http://www.docstoc.com/docs/87753782/Paper-1>
16. Antonov A.A., 2011c, “Transitional Processes as a Tool for Revealing Universe’s Hidden Dimensions”, International Journal of Emerging Sciences, Vol. 1 No 2, pp. 83-94. <http://ijes.info/1/2/4254124.pdf>
17. Antonov A.A., 2011d, “Resonant Processes as a Tool for Revealing the Universe’s Hidden Dimensions”, American Journal of Scientific and Industrial Research, Vol. 2, No 4, pp. 567 – 572. [doi:10.5251/ajsir.2011.2.4.567.572](https://doi.org/10.5251/ajsir.2011.2.4.567.572)
18. Grossman L., 23 September 2011, “Faster-than-light neutrino claim bolstered”, New Scientist. <http://www.newscientist.com/article/dn20961-fasterthanlight-neutrino-claim-bolstered.html>
19. Антонов А.А., 2011, “Комментарий эксперимента OPERA”, Современная наука: Естественные и технические науки, №1, стр. 13-14. <http://www.nauteh-journal.ru/index.php/---etn01-11/221-a>

# СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКИХ ПУЧКОВ ЕСТЕСТВЕННОГО СВЕТА В СРЕДЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

**Базиев Джабраил Харунович,**  
ЗАО «УК Световит»,  
01.04.03  
dbaziev@mail.ru

**Аннотация.** Произведено измерение скорости распространения монохроматических пучков естественного света в среде атмосферного воздуха. Установлено, что скорость белого света (состоящего из фиолетовых, синих, зеленых, оранжевых, желтых и красных лучей), принятая постоянной и одинаковой для всех видов излучения,  $c_0 = 2,99792458 \cdot 10^8$  м/с, ошибочна, поскольку в данном эксперименте получен диапазон скоростей от  $3,6 \cdot 10^8$  м/с до  $1,58 \cdot 10^8$  м/с.

**Ключевые слова:** скорость света, монохроматические пучки лучей, показатель преломления, дисперсия, фотон.

## THE VELOCITY OF PROPAGATION OF MONOCHROMATIC BEAMS OF NATURAL LIGHT IN THE MEDIUM AMBIENT AIR

**Baziev Djabrail Harunovich**  
CJSC «Management company Svetovit»

**Abstract.** Produced by measuring the velocity of propagation of monochromatic beams of natural light in the medium of air. Found that the rate of white light (consisting of violet, blue, green, orange, yellow and red rays), adopted by the constant and the same for all types of radiation,  $c_0 = 2,99792458 \cdot 10^8$  m/s, is erroneous, because in this experiment was obtained fan speeds from  $3,6 \cdot 10^8$  m/s to  $1,58 \cdot 10^8$  m/s.

**Keywords:** speed of light, monochromatic beams of light, refractive index, dispersion, photon.

### Состояние вопроса

Согласно существующей теоретической физике скорость распространения света в вакууме  $c_0 = 2,99792458 \cdot 10^8$  м/с является фундаментальной константой, одинаковой для всех видов излучений, от радиочастот до  $\gamma$ -лучей. При этом не существует никакого обоснования силы и энергии, обуславливающих столь высокую скорость в пространстве, а значение  $c_0$  установлено эмпирически для всего белого света.

#### 1. Новейшие достижения фундаментальной физики

Согласно новой теории физики, разработанной Базиевым Д.Х. и изложенной в книге «Основы единой теории физики» (ОЕТФ) [М., Педагогика, 1994, 640 с.], скорость распространения белого света не является фундаменталь-

ной константой, поскольку скорость элементарных лучей, образующих белый свет, является функцией длины волны,  $c_i = f(\lambda, \nu)$ , которая имеет следующее решение:

$$c_i = \sqrt{\mu \cdot \nu_i} = \mu / \lambda_i - \text{для вакуума,} \quad (1)$$

$$c_i = \mu / \lambda_i \cdot n_i - \text{для среды атмосферного воздуха,} \quad (2)$$

где  $\mu = 119,916984 \text{ м}^2/\text{с} = \text{const}$  – постоянная Милликена, представляющая собой секториальную скорость фотона в электрическом поле осевого заряда луча;  $n_i$  – показатель преломления воздуха для исследуемого монохроматического пучка с длиной волны  $\lambda_i$ .

Заметим, что показатель преломления воздуха для лучей различной длины волны, от  $\lambda=400 \text{ нм}$  до  $\lambda=1200 \text{ нм}$ , колеблется очень незначительно и лежит в интервале от  $n = 1,0002982$  (для фиолетовых лучей) до  $n = 1,0002886$  (для инфракрасных лучей) [3, стр. 181].

Со времен И. Ньютона известно, что белый свет состоит из системы элементарных лучей разной длины волны, охватывающих спектральный интервал 400–750 нанометров. Анализ, в рамках единой теории физики, показывает, что скорость распространения света,  $c_0$ , является свойством только фиолетовой части пучка белого света, представляющей его фронт, поскольку на трассе от старта до финиша, где устанавливается приемная аппаратура, пучок лучей претерпевает структурное переобразование, в результате чего финиша первыми достигают фиолетовые лучи, наиболее коротковолновые, с длиной волны  $\lambda=400$  нм, а последними приходят красные, с длиной волны  $\lambda=750$  нм, согласно формуле (2):

$$c_1 = \mu / \lambda_1 \cdot n_1 = \frac{119,916\,984 \text{ м}^2 / \text{с}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 1,0002982} = 2,997\,030885 \cdot 10^8 \text{ м / с} \quad (3)$$

– скорость фиолетовых лучей в атмосфере,

$$c_2 = \mu / \lambda_2 \cdot n_2 = \frac{119,916\,984 \text{ м}^2 / \text{с}}{7,5 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 1,00029035} = 1,598\,429\,016 \cdot 10^8 \text{ м / с} \quad (4)$$

– скорость красных лучей в атмосфере.

Эти теоретические результаты, следующие из новой теории физики, свидетельствуют в пользу того, что фиолетовые лучи, как в вакууме, так и в среде атмосферного воздуха, распространяются быстрее красных в  $\kappa = c_1/c_2 = 1,874985$  раз!

С 1973 года, с момента принятия решения Генеральной ассамблеей Международного комитета по численным данным для науки и техники – (КОДАТА), о численном значении скорости распространения света в вакууме  $c_0 = 2,99792458 \cdot 10^8$  м/с, научная общественность мира пребывает в состоянии успокоенности относительно данного вопроса. Однако, пора всем нам просыпаться и трезво взглянуть на новые результаты в физике, полученные как теоретически, так и экспериментально за последние 30 лет, поскольку скорость света, признанная в качестве фундаментальной константы, но фактически не являющаяся таковой, стала догмой,

стоящей на пути дальнейшего развития фундаментальной науки. Именно это обстоятельство диктует нам необходимость вернуться к рассмотрению этого вопроса на новом качественном уровне, а именно – экспериментально измерить скорость распространения монохроматических пучков естественного света в среде атмосферного воздуха, в спектральном диапазоне 300–1200 нм. При этом необходимо учесть, что, в рамках единой теории физики, структура луча естественного света коренным образом отличается от таковой лазерного луча, и с этим связано различие в скорости их распространения, достигающее 3,4%. Так, скорость лазерного луча и излучения радиолокатора имеют величину  $v_0 = 2,8992629 \cdot 10^8$  м/с и не зависит ни

от длины волны, ни от частоты генерации, но у лазерного луча она может быть функцией заряда осевого поля, о котором, до выхода в свет книги «Основы единой теории физики», никто не догадывался.

Второй аспект проблемы света – это его структура и материальный состав. Существующая точка зрения, утверждающая, что свет представляет собой электромагнитную волну, не выдерживает никакой критики, в силу того, что находится в неразрешимом противоречии с важнейшим свойством света – энергией, которую он переносит и которой обладает. Дело в том, что в существующей теории ни магнитное, ни электрическое поля не имеют структуру, они не содержат материальных частиц с массой  $m_i$  и, стало быть, не могут быть носителем энергии в Джоулях, поскольку размерность этой величины невозможно выразить без участия тела с конечной массой  $m_i$ .

$$E_i = m_i v_i^2 / 2 = m_i v_i u_i = m_i v_i^2 \cdot \tau_i \cdot v_{ed}, \text{ Дж}, \quad (5)$$

где  $v$  и  $u$  – скорости тела с массой  $m_i$ ,  $\tau_i$  – продолжительность движения этого тела,  $v_{ed} = 1 \text{ с}^{-1}$  – акт взаимодействия тела с источником силы, согласно первому закону Ньютона. Из (5) с очевидностью следует, что если  $m=0$ , то и энергия равна нулю. Но свет несет энергию и, стало быть, он состоит из фотонов, обладающих конечной массой, и не является электромагнитной волной! Именно это положение и доказано мною экспериментально в Институте общей и неорганической химии им. Курнакова Н.С. в 1999–2000 годах, и данный эксперимент, обладающий стопроцентной повторяемостью, описан в книге «Заряд и масса фотона» [М., изд. Педагогика, 2001 и 2002 годы]. При этом в роли «фотона» Льюиса и в роли «корпускул» Ньютона выступает истинно элементарная частица, названная мною «электрино» (символ  $\varepsilon$ ) и выведенная из постоянной Планка, при решении ее физического содержания в 1982 году, вида:

$$\begin{aligned} h &= m_\varepsilon \cdot \mu \cdot \sqrt[3]{4\pi / 3} / 2 = \\ &= 6,626\,2681 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с} = \text{const}, \quad (6) \end{aligned}$$

где  $m_\varepsilon = 6,855\,757\,299\,63 \cdot 10^{-36} \text{ кг} = \text{const}$  – масса электрино,  $\mu$  – постоянная Милликена.

Оказалось, что знаменитая формула М. Планка

$$E_i = hf_p, \text{ Дж} \quad (7)$$

отражает секундную энергию осцилляторов газа и жидкостей, где  $f_i$  – частота взаимодействия пробного осциллятора в континууме. Из постоянной Планка получена другая постоянная, названная постоянной Герца,  $\hbar$ :

$$\begin{aligned} \hbar &= h / \sqrt[3]{4\pi / 3} = \\ &= 4,110\,608\,69204 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с} = \text{const} \quad (8) \end{aligned}$$

Именно постоянная Герца и применима к расчету секундной энергии элементарного луча естественного света,  $E_i$ :

$$E_i = \hbar \cdot v_i = \hbar \cdot \mu / \lambda_i^2, \text{ Дж}, \quad (9)$$

где  $v_i = \mu / \lambda_i^2$  – частота фотонов вдоль оси луча,  $\lambda_i$  – длина волны данного луча в метрах.

Для наглядности этих решений рассмотрим секундную энергию монолуча, идущего от солнца с длиной волны  $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  (фиолетовый луч).

$$\begin{aligned} v_1 &= \mu / \lambda_1^2 = \frac{119,916\,984 \text{ м}^2 / \text{с}}{1,6 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2} = \\ &= 7,494\,8115 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1} \quad (10) \end{aligned}$$

– частота фиолетового луча,

$$E_i = \hbar \cdot v_1 = 3,08082372971 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \quad (11)$$

– в вакууме.

Согласно новой теории физики, фотон одновременно обладает двумя видами движения, поскольку он перемещается вдоль оси луча полукруговыми шагами и каждый его шаг, независимо от длины волны, составляет угол  $\gamma = 4 \text{ рад}$ , при этом скорость распространения луча в пространстве  $c_i$  и орбитальная скорость электрино  $u_i$  связаны соотношением:

$$u_i = 2c_i = 2\mu / \lambda_i, \text{ м/с} \quad (12)$$

что позволяет рассчитать энергию фиолетового луча не через частоту и постоянную Герца, а механически:

$$\begin{aligned} E_i &= \frac{m_\varepsilon \cdot c_i \cdot u_i}{\gamma} = \frac{m_\varepsilon \cdot c_i \cdot 2c_i}{\gamma} = \frac{2m_\varepsilon \cdot c_i^2}{4} = \frac{m_\varepsilon \cdot c_i^2}{2} = \\ &= \frac{6,855\,737\,29963 \cdot 10^{-36} \text{ кг} \cdot (2,997\,9246 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2}{2} = \\ &= 3,080\,823\,72971 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \quad (13) \end{aligned}$$

Полное совпадение величины секундной энергии монолуча фиолетового цвета по (11) и (13) окончательно выбивает из обращения устаревшие представления о природе света в качестве электромагнитной волны и волны-частицы Л. Де Бройля и одновременно утверждает справедливость взгляда И. Ньютона на природу света, который еще в 1687 году утверждал, что он состоит из корпускул, хотя в этот период доказать такое утверждение было невозможно.

Параграфы 13 и 14 в ОЕТФ посвящены структуре и генерации света, где раскрыва-

ется энергетическая основа луча света, которая, как оказалось, базируется на взаимодействии положительного заряда электрино,  $\varepsilon = 1,98766431671 \cdot 10^{-27}$  Кл, с отрицательным зарядом осевого поля луча, равным по модулю  $\varepsilon$ . Теперь секундная энергия фиолетового луча получает третье решение вида:

$$E_1 = \frac{\alpha \cdot \varepsilon \cdot q}{v_{\text{ед}}} \cdot v_1 = \frac{\alpha \cdot \varepsilon \cdot q \cdot \mu}{v_{\text{ед}} \cdot \lambda_1^2} = -3,080\,823\,72871 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}, \quad (14)$$

где  $\alpha = 1,04044721942 \cdot 10^{20}$  Дж/Кл<sup>2</sup> = const – электродинамическая постоянная единой теории физики,  $q = -\varepsilon = -1,98766431671 \cdot 10^{-27}$  Кл. В (14) перед значением энергии луча самым естественным образом появляется знак минус (-), свидетельствующий о том, что движение электрино в роли фотона происходит вокруг силового центра по траектории второго порядка, что и обуславливает постоянную секториальную скорость фотону:

$$\mu = u_1 \cdot r_1 = 2c_1 \cdot \frac{\lambda_1}{2} = c_1 \cdot \lambda_1 = 119,916\,984 \text{ м}^2 / \text{с} = \text{const} \quad (15)$$

где  $r_1 = \lambda_1/2$  – радиус орбиты фотона фиолетового луча,  $c_1 = c_0$  – скорость этого луча в вакууме,  $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-7}$  м – шаг фотона этого же луча, обе эти величины установлены прямыми измерениями и уже давно.

Таким образом фундаментальной постоянной в структуре света выступает не скорость его распространения в вакууме, а секториальная скорость фотона, единая для всего спектра естественного света.

И, наконец, несколько слов о значении решения физической сути постоянной Планка и вывода из нее второй, истинно элементарной частицы. Замечу, первой, истинно элементарной частицей является электрон, открытый Дж. Дж. Томсоном в 1897 году в Кембридже, она же – и носитель отрицательного заряда. Из этого решения следуют выводы:

1. Открытие электрино привело к восстановлению зарядовой симметрии в структуре

атома и в теории физики, ибо эта частица явилась зарядовым антиподом электрона.

2. Электрино является носителем магнитного поля, носителем электрического тока, фотоном во всех видах излучения, выступает в роли нейтрино при движении по траектории первого порядка, имея при этом скорость движения в межзвездном пространстве  $v_v = 10^{20} - 10^{30}$  м/с.
3. В структуре атома на долю электрино приходится 50% по заряду и 99,83% по массе, начиная от элементарного атома с массой  $m_u = 1/12 \cdot 12\text{C} = 1,66057 \cdot 10^{-27}$  кг, до атома урана и всех других тел, включая планеты, звезды и галактики.

### Результаты исследования скорости распространения света в среде атмосферного воздуха в функции от длины волны

Схема опытной установки оптической системы представлена на рис. 1, из которой следует: сложный белый свет ртутной лампы высокого давления ДРШ-500, мощностью  $W = 500$  Вт, распространяется из точки S расширяющимся пучком лучей до собирающей линзы, расположенной на расстоянии  $2f = 13,062$  м ( $f = 6,531$  м – фокусное расстояние линзы), от линзы пучок лучей приходит на вращающееся зеркало в точке А и фокусируется на нем. Зеркало состоит из двух частей: нижняя его часть,  $2,2$  см<sup>2</sup>, своей плоскостью параллельна оси вращения, а верхняя, также размерами  $2,2$  см<sup>2</sup>, имеет наклон в направлении оси вращения на угол  $\beta = 1^\circ 22'$ . Укреплено зеркало на валу электродвигателя постоянного тока МА-30М, мощностью  $95$  Вт ( $i = 3,6$  А,  $V = 27$  В).

При вращении зеркала исследуемый пучок лучей стартует от нижнего зеркала и, расширяясь, приходит на первое сферическое зеркало в точке В, с радиусом кривизны  $R_1 = 22,9$  м; отраженный этим зеркалом пучок направляется на плоское зеркало С, на котором и фокусируется; от плоского зеркала пучок, расходясь, направляется на второе сферическое зеркало в точке D, с радиусом кривизны  $R_2 = 26,27$  м; от

этого зеркало пучок возвращается на вращающееся зеркало и финиширует на верхней его части и отводится на экран в точке  $A_1$ , расположенной на расстоянии  $R = 7,2$  м от вращающегося зеркала, где и фокусируется. Общая протяженность трассы, от старта до финиша, составляет  $L = 89,10$  м. При поддержании питающего напряжения электродвигателя на уровне  $V = 29 \pm 0,25$  В частота вращения зеркала составила  $n^- = 12831,05$  об/мин =  $213,850833$  об/с, при этом максимальное значение ( $51408/4 = 12852$  об/мин) отличалось от среднего на величину  $\Delta n = n_{max} - n^- = 20,95$  об/мин, что составляет  $0,001632$  от среднего значения и потому эта нестабильность не имеет ощутимо негативного значения в эксперименте.

В точке А, вместо экрана был установлен массивный стол на трех опорах, на котором закрепляли фотоаппарат «Зенит», со снятым объективом и снабженный тросиком для управления затвором.

Суть опыта сводилась к фотографической фиксации трека монохроматических пучков, оставляемых ими на фотоэмульсии цветной пленки фирмы «Кодак» серийного производства, чувствительностью 400 единиц (27 дин – по старой классификации). Перед фотокамерой была установлена тонкая целлулоидная пленка с вертикальными штрихами, расположенными на расстоянии  $a = 5$  мм друг от друга, которые сыграли роль масштабной сетки на фотопленке, с помощью которой легко устанавливается коэффициент увеличения при фотопечати,  $k_i$ :

$$k = a_1/a, \quad (16)$$

где  $a_1$  – расстояние между штрихами на фотографической карточке, измеренное линейкой в миллиметрах, с точностью до десятой доли миллиметра.

Если в отсутствие вращения зеркала, управляя им рукой, провести пучок света, отраженный верхней частью зеркала, через фотоаппарат, то на фотопленке остается непрерывный след луча, от точки входа в камеру (реперная точка) и до выхода луча из камеры,

протяженностью  $l_i$ . Но когда включается вращение зеркала, трек пучка изменяется, теперь он состоит из двух частей: невидимой, обусловленной тем, что пока стартовавший фронт пучка проходит трассу за время  $\tau_i$ , вращающееся зеркало успевает повернуться на некоторый угол  $\varphi_i$ , в силу чего фронт пучка финиширует при уже измененном угле падения на зеркало, а потому отклоняется влево от реперной точки на расстояние  $\Delta l_i$ , которое и представляет невидимую, провальную часть трека. Вторая часть трека – это уже след реального воздействия света на фотоэмульсию пленки, длина которой, легко измеряется на фотографии, представляет нам полную информацию по динамике опыта.

Совершенно ясно, что отклонение луча от реперной точки является функцией скорости его распространения при постоянстве всех прочих условий. А главное, если верна старая точка зрения и  $c_0$  является фундаментальной константой, единой для всех видов излучения, то мы получим для всех исследуемых монохроматических пучков одно и то же отклонение  $\Delta l$  и одну и ту же протяженность явного трека для всех пучков.

И наоборот, если в эксперименте мы получим треки нескольких монохроматических пучков, явно не равных между собой, но коррелирующих с длиной волны, то мы придем к выводу о несостоятельности  $c_0$  в качестве фундаментальной константы и необходимости коренного пересмотра всей существующей теории физики, созданной в двадцатых годах XX столетия, и всей метрологии.

### Показатель преломления воздуха в функции от протяженности трассы луча света

#### Исходные данные для анализа:

$n_e = 1,0002918$  – показатель преломления приземного воздуха при  $t = 20^\circ\text{C}$  и  $P_0 = 101325$  Па [3, стр. 138].

$n_1 = 1,0002827$  – показатель преломления воздуха, в тех же условиях, для монохроматического пучка фиолетовых лучей с длиной



волны  $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-7}$  м (передний край видимой части спектра солнечного света),

$n_2 = 1,0002802$  – показатель преломления синего монохроматического пучка с длиной волны  $\lambda_2 = 4,6 \cdot 10^{-7}$  м,

$n_3 = 1,0002778786$  – показатель преломления (условия те же) воздуха для монохроматического пучка зеленых лучей с длиной волны  $\lambda_3 = 5,4607 \cdot 10^{-7}$  м (середина видимой области спектра),

$n_4 = 1,00027524$  – показатель преломления воздуха для монохроматического пучка красных лучей с длиной волны  $\lambda_4 = 7,6 \cdot 10^{-7}$  м (задний край видимой области спектра) [ $n_1 - n_4$ , 4, стр.791],

$\Delta n = n_1 - n_4 = 0,0000074 = 0,00073979\% n_1$  – разность показателей преломления воздуха для лучей переднего и заднего краев видимого света.

### Результаты анализа

Как известно, принято считать, что показатель преломления той или иной среды, прозрачной для света, есть отношение скорости света в вакууме,  $c_0$ , к скорости его в исследуемой среде,  $c_i$ :

$$n_i = c_0 / c_i \quad (17)$$

Однако, с позиций единой теории физики, данная формула ошибочна, поскольку скорость света в вакууме,  $c_0$ , не является универсальной константой, применимой для всего диапазона частот естественного света, она отражает скорость в вакууме лишь фиолетовых лучей, с длиной волны  $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-7}$  м, согласно формуле (1):

$$\begin{aligned} c_0 &= \mu / \lambda_1 = \frac{119,916\,984 \text{ м}^2 / \text{с}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = \\ &= 2,9979246 \cdot 10^8 \text{ м} / \text{с} = \text{const} \quad (18) \end{aligned}$$

Почему  $c_0$  является константной величиной? Во-первых, потому что постоянно расстояние между фотонами вдоль оси луча, т.е.  $\lambda_1 = \text{const}$ , во-вторых,  $\lambda_1$  сохраняется постоянной в силу того, что в вакууме нет ни рассеяния, ни поглощения фотонов. Если с учетом этого обратиться к скорости распространения луча в

реальной среде, от межзвездного пространства до кристаллических структур, то мы получим другое выражение, где  $c_i$  всегда меньше  $c_{0i}$ , поскольку  $n_i$  во всех реальных средах больше единицы:

$$c_i = \frac{\mu}{\lambda_i \cdot n_i} = \frac{c_{0i}}{n_i}, \quad (19)$$

где  $c_{0i}$  – скорость  $i$ -ого луча в вакууме. Однако, в (19) отсутствует очень важный фактор, а именно – протяженность трассы луча в исследуемой среде,  $L_i$ . Этот фактор крайне важен, потому что  $n_i$  является непрерывной функцией координат фронта луча.

Показатель преломления воздуха и других газов измеряют с помощью интерферометра Жамена, [5, с. 131-134] снабженного двумя кюветами. В первой находится эталонный газ, а во второй – исследуемый. Не найдя конкретного указания длины этих кювет, я допускаю ее равной  $l_{e0} = 1$  м. При этом необходимо учесть изменение длины волны луча при взаимодействии его с молекулами воздуха на трассе кюветы  $l_{e0}$ , ибо на входе в кювету длина волны луча составляет  $\lambda_{0i}$ , а на выходе из нее –  $\lambda_i$  при частоте луча  $\nu_i$ :

$$\nu_i = \mu / \lambda_0^2 \cdot n_i^2, \quad (20)$$

что позволяет нам перейти от скорости распространения к длине волны при определении  $n_i$ :

$$n_i = \frac{\lambda_{0i}}{\lambda_i}, \quad (21)$$

а далее – к определению пространственного коэффициента показателя преломления  $k_n$ :

$$k_n = \frac{\lambda_i - \lambda_{0i}}{\lambda_{0i} \cdot l_{e0}}, \text{ м}^{-1} \quad (22)$$

Луч света, вопреки сложившимся представлениям, никогда не представлял собой электромагнитную волну и не является таковой сегодня. Луч – это электродинамическая система, протяженная в пространстве, основой которой выступает осевое отрицательное поле, вдоль которого круговыми шагами перемещаются положительно заряженные электроны. При этом шаг электронов равен  $\lambda_i$ , он же и является средним расстоянием между ними

на оси луча. Если случается выход из состава луча хотя бы одного электроно-фотона, происходит мгновенное перестроение всего луча, приводящее к равномерному распределению высвободившегося пространства, равного одному шагу  $\lambda_{0i}$ , после чего длина шага в луче приобретает новое значение  $\lambda_i = \lambda_0 + \Delta \lambda$ .

$$c_i = \frac{\mu}{\left(\lambda_{0i} + \frac{n_i \cdot \lambda_{0i}}{k_i}\right)} = \frac{\mu}{\lambda_{0i} \cdot \left(1 + \frac{n_i}{k_i}\right)}, \quad (24)$$

где  $n_i$  – число фотонов, покинувших луч в ходе движения через кювету.

Теперь, с учетом (17) – (24), сделаем количественный анализ динамики фиолетового, синего, зеленого и красного лучей при прохождении ими кюветы в интерферометре Жамена.

#### Фиолетовый луч

$\lambda_{01} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  – длина шага на входе в кювету,

$$\lambda_1 = \lambda_{01} \cdot n_1 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 1,0002827 = 4,0011308 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (25)$$

– шаг на выходе из кюветы,

$$c_1 = \mu / \lambda_1 = \frac{119,916984 \text{ м}^2 / \text{с}}{4,0011308 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 2,99707732623 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (26)$$

– скорость луча на выходе из кюветы,

$$k_0 = \frac{1}{\lambda_{0i}} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (27)$$

– число фотонов на погонный метр луча при входе в кювету,

$$k_1 = \frac{1}{\lambda_i} = 2,49929344974 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (28)$$

– число фотонов на участке луча  $l_{e0} = 1 \text{ м}$  на выходе из кюветы,

$$\Delta k_1 = k_0 - k_1 = 706,55026 \text{ м}^{-1} \quad (29)$$

– число фотонов, рассеянных молекулами воздуха от луча при прохождении им кюветы,

$$k_{n1} = \frac{\lambda_1 - \lambda_{01}}{\lambda_{01} \cdot l_{e0}} = \frac{\lambda_{01} (n_1 - 1)}{\lambda_{01} \cdot l_{e0}} = \frac{(n_1 - 1)}{l_{e0}} = \frac{0,0011308 \cdot 10^{-7} \text{ м}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2} = 2,827 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1} \quad (30)$$

– пространственный коэффициент преломления,

$$n_1(L) = (n_1 + k_{n1} \cdot L) = 1,0002827 + 0,02518857 = 1,025471127 \quad (31)$$

– пространственный коэффициент преломления воздуха на трассе  $L = 89,1 \text{ м}$ , служившей базой в нашем эксперименте,

$$c'_1 = \mu / \lambda_{01} \cdot n_1(L) = \frac{\mu}{4,10188508 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 2,92346035203 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (32)$$

– скорость фиолетовых лучей в конце прохождения трассы  $L$ ,

$$\bar{c}_1 = \frac{c_{01} + c'_1}{2} = 2,96069247601 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (33)$$

– средняя скорость луча на трассе  $L$ ,

$$\tau_1 = L / \bar{c}_1 = \frac{89,1 \text{ м}}{\bar{c}_1} = 3,009431095 \cdot 10^{-7} \text{ с} \quad (34)$$

– время запаздывания фиолетового луча на трассе  $L = 89,1 \text{ м}$

$$\bar{\lambda}_1 = \mu / \bar{c}_1 = 4,0503019132 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (35)$$

– средний шаг фотона на трассе  $L$ ,

$$\bar{k}_1 = \frac{1}{\bar{\lambda}_1} = 2,46895175083 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (36)$$

– средняя линейная плотность фотонов на трассе  $L$ ,

$$\Delta k_1(L) = k_0 - \bar{k}_1 = 31048,24917 \text{ м}^{-1} \quad (37)$$

– число фотонов, рассеянных молекулами воздуха на трассе  $L$  от фиолетового луча.

Из (35) следует, что в результате прохождения лучом расстояния всего в  $89,1 \text{ м}$ , шаг фо-

тона увеличился на 5,03%, что является очень существенным красным смещением. А что происходит с этим лучом, идущим к Земле от Солнца в утреннюю и вечернюю зори, когда он проходит  $L_1 = 1 \cdot 10^4$  м вдоль поверхности Земли, по наиболее плотному и загрязненному слою воздуха? Рассчитаем:

$$n_1(L_1) = n_1 + k_n \cdot 1 \cdot 10^4 \text{ м} = 3,827\ 2827 \quad (38)$$

– показатель преломления воздуха для фиолетовых лучей при наблюдении утренней и вечерней зори,

$$\begin{aligned} \lambda_1' &= \lambda_{01} \cdot n_1(L_1) = 15,309\ 1308 \cdot 10^{-7} \text{ м} = \\ &= 1,53091308 \text{ мкм} \end{aligned} \quad (39)$$

– фиолетовые лучи выходят из видимой области спектра и переходят в ближнюю инфракрасную часть спектра,

$$c_1' = \mu / \lambda_1' = 7,833\ 036\ 739 \cdot 10^7 \text{ м/с} \quad (40)$$

– скорость распространения фиолетового луча на выходе из приземного слоя воздуха, после прохождения трассы  $L_1$ ,

$$\begin{aligned} \bar{c}_1(L) &= \frac{c_{01} + c_1''}{2} = 1,890\ 614\ 137 \cdot 10^8 \text{ м/с} = \\ &= 0,63 \cdot c_0 \end{aligned} \quad (41)$$

– средняя скорость луча на трассе  $L_1$ ,

$$k(L_1) = \frac{1}{\lambda_1'} = 6,532\ 049\ 487\ 74 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1} \quad (42)$$

– линейная плотность фотонов на луче при прохождении трассы  $L_1$ ,

$$\begin{aligned} \Delta k(L_1) &= k_0 - k(L_1) = \\ &= 1,846\ 795\ 05123 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \end{aligned} \quad (43)$$

$$k_1(L_1) = \Delta k(L_1) \cdot L_1 = 1,846\ 795\ 05123 \cdot 10^{10}$$

– полное число теряемых фотонов лучом на трассе  $L_1$ .

Вот теперь становится понятным почему зори на нашей планете всегда окрашиваются в красно-желтые тона – велик коэффициент красного смещения по всему диапазону сол-

нечного спектра, больше для коротковолновой, меньше для длинноволновой частей спектра.

### Синий луч

$\lambda_{02} = 4,6 \cdot 10^{-7}$  м – шаг фотона на входе в кювету,

$n_2 = 1,0002802$  – показатель преломления [4, стр. 791],

$$\lambda_2 = \lambda_{02} \cdot n_2 = 4,60128892 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (44)$$

– шаг фотона на выходе из кюветы,

$$c_{02} = \mu / \lambda_{02} = 2,606\ 890\ 95652 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (45)$$

– скорость луча на входе в кювету,

$$c_2 = \mu / \lambda_2 = 2,606\ 160\ 71029 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (46)$$

– скорость луча на выходе из кюветы

$$k_0 = \frac{1}{\lambda_{02}} = 2,173\ 913\ 043\ 47 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (47)$$

– линейная плотность фотонов на входе в кювету,

$$k_2 = \frac{1}{\lambda_2} = 2,173\ 304\ 0839\ 67 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (48)$$

– линейная плотность фотонов на выходе из кюветы,

$$\Delta k_2 = k_0 - k_2 = 608,9598 \text{ м}^{-1} \quad (49)$$

– число фотонов рассеянное молекулами воздуха в кювете,

$$\begin{aligned} k_{n2} &= \frac{\lambda_2 - \lambda_{02}}{\lambda_{02} \cdot l_{e0}} = \frac{12,8892 \cdot 10^{-11} \text{ м}}{4,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2} = \\ &= 2,802 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1} \end{aligned} \quad (50)$$

– пространственный коэффициент преломления,

$$n_2(L) = (n_2 + k_{n2} \cdot L) = 1,02524602 \quad (51)$$

– показатель преломления воздуха на трассе  $L = 89,1$  м,

$$\lambda_2(L) = \lambda_{02} \cdot n_2(L) = 4,716131692 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (52)$$

– шаг фотона в конце трассы  $L$ ,

$$\bar{\lambda}_2(L) = \frac{\lambda_2 + \lambda_2(L)}{2} = 4,658\,710\,306 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (53)$$

– средний шаг фотона на трассе,

$$\bar{c}_2 = \mu / \bar{\lambda}_2(L) = 2,574038\,223\,53 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (54)$$

– средняя скорость луча на трассе  $L$ ,

$$\tau_2 = L / \bar{c}_2 = \frac{89,1 \text{ м}}{\bar{c}_2} = 3,461\,487\,05895 \cdot 10^{-7} \text{ с} \quad (55)$$

– время запаздывания луча на трассе  $L$ ,

$$\bar{k}_2 = \frac{1}{\bar{\lambda}_2(L)} = 2,146\,516\,813\,27 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (56)$$

– средняя линейная плотность фотонов в луче на трассе  $L$ ,

$$\Delta k_2(L) = k_0 - \bar{k}_2 = 27\,396,2302 \text{ м}^{-1} \quad (57)$$

– среднее число фотонов, теряемое на каждом метре пути луча,

$$k_2(L) = \Delta k_2(L) \cdot L = 2,441\,004\,110\,82 \cdot 10^6 \quad (58)$$

– полное число фотонов, рассеиваемое молекулами воздуха от луча на трассе  $L$ .

#### **Зеленый луч**

$\lambda_{03} = 5,4607 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  – шаг фотона на входе в кювету,

$$\lambda_3 = \lambda_{03} \cdot n_3 = 5,46221741167 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (59)$$

– шаг фотона на выходе из кюветы,

$$c_{03} = \mu / \lambda_{03} = 2,196\,000\,219\,75 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (60)$$

– скорость луча на входе в кювету,

$$c_3 = \mu / \lambda_3 = 2,195\,390\,1678 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (61)$$

– скорость луча на выходе из кюветы

$$k_0 = \frac{1}{\lambda_{03}} = 1,831\,267\,053\,67 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (62)$$

– линейная плотность фотонов на входе в кювету,

$$k_3 = \frac{1}{\lambda_3} = 1,830\,758\,325\,11 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (63)$$

– линейная плотность фотонов на выходе из кюветы,

$$\Delta k_3 = k_0 - k_3 = 508,728\,56 \text{ м}^{-1} \quad (64)$$

– число фотонов, отсекаемое от луча молекулами воздуха в кювете,

$$k_{n3} = \frac{\lambda_3 - \lambda_{03}}{\lambda_{03} \cdot l_{e0}} = \frac{15,174\,1167 \cdot 10^{-11} \text{ м}}{5,4607 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2} = 2,778\,785\,99823 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1} \quad (65)$$

– пространственный коэффициент преломления воздуха для данного луча,

$$n_3(L) = n_3 + k_{n3} \cdot L = 1,02503686184 \quad (66)$$

– показатель преломления воздуха на трассе  $L$ ,

$$\lambda_3(L) = \lambda_{03} \cdot n_3(L) = 5,59741879144 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (67)$$

– шаг фотона в конце трассы  $L$ ,

$$\bar{\lambda}_3(L) = \frac{\lambda_3 + \lambda_3(L)}{2} = 5,529\,818\,101\,55 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (68)$$

– средний шаг фотона на трассе  $L$ ,

$$\bar{c}_3 = \mu / \bar{\lambda}_3(L) = 2,168\,552\,05357 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (69)$$

– средняя скорость луча на трассе  $L$ ,

$$\tau_3 = L / \bar{c}_3 = 4,108\,732\,36145 \cdot 10^{-7} \text{ с} \quad (70)$$

– время запаздывания луча на трассе  $L$ ,

$$\bar{k}_3 = \frac{1}{\bar{\lambda}_3(L)} = 1,808\,377\,74703 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (71)$$

– средняя линейная плотность фотонов на трассе  $L$ ,

$$\Delta k_3(L) = k_0 - \bar{k}_3 = 22\,889,30664 \text{ м}^{-1} \quad (72)$$

– среднее число фотонов, теряемое лучом на одном метре трассы,

$$k_3(L) = \Delta k_3(L) \cdot L = 2,039\,437\,22162 \cdot 10^6 \quad (73)$$

– полное число фотонов, теряемое лучом на трассе  $L = 89,1 \text{ м}$ .

#### **Красный луч**

$\lambda_{04} = 7,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  – шаг фотона на входе в кювету,

$n_4 = 1,00027524$  – показатель преломления [4, стр. 791],

$$\lambda_4 = \lambda_{04} \cdot n_4 = 7,602091824 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (74)$$

– шаг фотона на выходе из кюветы,

$$c_{04} = \mu / \lambda_{04} = 1,57785505263 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (75)$$

– скорость луча на входе в кювету,

$$c_4 = \mu / \lambda_4 = 1,5774208833 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (76)$$

– скорость луча на выходе из кюветы

$$k_0 = \frac{1}{\lambda_{04}} = 1,31578947368 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (77)$$

–линейная плотность фотонов на входе в кювету,

$$k_4 = \frac{1}{\lambda_4} = 1,31542741544 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (78)$$

–линейная плотность фотонов на выходе из кюветы,

$$\Delta k_4 = k_0 - k_4 = 362,05824 \text{ м}^{-1} \quad (79)$$

– число фотонов, рассеянное от луча при прохождении кюветы,

$$k_{n4} = \frac{\lambda_4 - \lambda_{04}}{\lambda_{04} \cdot l_{ed}} = \frac{20,91824 \cdot 10^{-11} \text{ м}}{7,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2} = 2,7524 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1} \quad (80)$$

– пространственный коэффициент преломления,

$$n_4(L) = n_4 + k_{n4} \cdot L = 1,024799124 \quad (81)$$

– показатель преломления воздуха на трассе  $L$ ,

$$\lambda_4(L) = \lambda_{04} \cdot n_4(L) = 7,7884733424 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (82)$$

– шаг фотона в конце трассы  $L = 89,1 \text{ м}$ ,

$$\bar{\lambda}_4(L) = \frac{\lambda_4 + \lambda_4(L)}{2} = 7,6952825832 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (83)$$

$$\bar{c}_4 = \mu / \bar{\lambda}_4(L) = 1,55831813456 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (84)$$

– средняя скорость луча на трассе  $L$ ,

$$\tau_4 = L / \bar{c}_4 = 5,71770282485 \cdot 10^{-7} \text{ с} \quad (85)$$

– время запаздывания луча на трассе,

$$\bar{k}_4 = \frac{1}{\bar{\lambda}_4(L)} = 1,29949743779 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \quad (86)$$

–средняя линейная плотность фотонов на трассе  $L$ ,

$$\Delta k_4(L) = k_0 - \bar{k}_4 = 16292,03589 \text{ м}^{-1} \quad (87)$$

– среднее число фотонов, теряемое лучом на каждом метре пути,

$$k_4(L) = \Delta k_4(L) \cdot L = 1,45162039779 \cdot 10^6 \quad (88)$$

– полное число фотонов, рассеиваемое молекулами воздуха на трассе  $L = 89,1 \text{ м}$ .

Итак, все вышеизложенное – это теоретическая основа, в рамках новой теории физики, подводимая под рассматриваемый эксперимент. В заключение данного раздела статьи сравним ряд коэффициентов, вытекающих из рассмотренного теоретического материала.

$$\alpha_1 = \frac{c_1}{c_2} = \frac{2,99707732623 \cdot 10^8}{2,60616071029 \cdot 10^8} = 1,14999712581, \quad (89)$$

$$\alpha_2 = \frac{c_1}{c_3} = \frac{c_1}{2,1953901678 \cdot 10^8} = 1,3651684198, \quad (90)$$

$$\alpha_3 = \frac{c_1}{c_4} = \frac{c_1}{1,5574208833 \cdot 10^8} = 1,89998583, \quad (91)$$

$$\beta_1 = \frac{\lambda_4}{\lambda_1} = \frac{7,602091824 \cdot 10^{-7}}{4,0011308 \cdot 10^{-7}} = 1,89998583 = \alpha_3, \quad (92)$$

$$\beta_2 = \frac{\lambda_3}{\lambda_1} = \frac{5,46221741167 \cdot 10^{-7}}{\lambda_1} = 1,3651684198 = \alpha_2, \quad (93)$$

$$\beta_3 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{4,60128892 \cdot 10^{-7}}{\lambda_1} = 1,14999712581 = \alpha_1, \quad (94)$$

Эти коэффициенты свидетельствуют в пользу того, что переход от рассмотрения скорости распространения луча в среде к рассмотрению динамики шага фотонов в луче является

более глубоким проникновением в понимание физической сути преломления света.

### Влияние хроматической аберрации на результаты опыта

Поскольку в проводимом опыте применяется длиннофокусная линза, у которой  $f = 6531 \text{ мм}$ , а  $2f = 13062 \text{ мм}$ , согласно сертификату изготовителя (Государственный оптический институт, С-Петербург), то хроматическая аберрация, во-первых, неизбежна, во-вторых, она значительна. Говоря иначе, для каждого монохроматического пучка существует свое фокусное расстояние. Но поскольку в ходе работы было технически трудно перемещать вращающееся зеркало вдоль оптической оси линзы, при переходе от одного монохроматического пучка лучей к другому, вращающееся зеркало установили стационарно в точке, где изображение светящейся плазмы ртутной лампы (диаметром  $d_1 = 5 \text{ мм}$ ) на вращающемся зеркале составляло  $d_2 = 5 \text{ мм}$  (на удалении  $2f$  от линзы) для пучка лучей белого света.

Анализ оптической системы показал, что при таком размещении линзы и вращающегося зеркала, фиолетовые лучи фокусируются перед зеркалом, на расстоянии  $l_1 = 106 \text{ мм}$ , а красные – за зеркалом, на удалении  $l_2 = 201 \text{ мм}$ . В итоге протяженность трассы оказалась постоянной и одинаковой для всех исследуемых пучков, но с небольшой ошибкой,

$$\Delta L = \pm \left( \frac{l_1 + l_2}{2} \right) = \pm 153,5 \text{ мм},$$

что составляет от протяженности трассы  $L = 89,1 \text{ м}$  лишь 0,172% и потому не вносит серьезной ошибки в конечный результат, особенно если учесть, что ожидаемые различия в скорости исследуемых пучков составляют (17–85)%.

### Анализ экспериментальных результатов

#### Технические характеристики оптической системы

Эксперимент был осуществлен в подземной части аэродинамической трубы Института механики МГУ, куда не проникал дневной свет. Считаю необходимым уведомить читателей о том, что в ходе работы мною была допущена ошибка, приведшая к выходу из строя интерференционных фильтров знаменитой фирмы “Balzers”. В силу отсутствия опыта в экспериментальной оптике, я размещал фильтры вблизи источника света, тепловое воздействие которого оказалось губительным для них. Лишь одна серия фотографий от 21.05.2005 года представляет научную ценность.

Технически трудной задачей оказалась попытка вывести вертикальную реперную линию на каждый фотокадр. С большим трудом это удалось сделать для пучка лучей белого света на фотографии №1, где реперная линия практически совпадает с правым краем кадра и с седьмой вертикалью (считая слева направо) масштабной сетки. Попытка вывести реперную линию при съемке красного монохроматического пучка закончилась неудачно (фото №4) и ее не следует рассматривать в нашем анализе. Суть реперной линии состоит в том, что она фиксирует пространственную точку вхождения фронта исследуемого пучка в фотокамеру, которая едина для всех исследуемых пучков света, поскольку при выполнении серии снимков остаются неподвижными все узлы оптической системы, лишь меняются фильтры и перезаряжается фотокамера.

$L = 89,1 \text{ м}$  – протяженность трассы,

$n_0 = 213,85 \text{ об/с}$  – частота вращения зеркала  
= const,

$\omega_0 = 2\pi \cdot n_0 = 1343,659178 \text{ рад/с} = 76\,986 \text{ град/с}$   
– угловая скорость зеркала,

$R = 7,20 \text{ м}$  – расстояние между вращающимся зеркалом и экраном,

$v = 2\pi \cdot R \cdot n_0 = 9674,3460812 \text{ м/с}$  – скорость скольжения луча по фотопленке, одина для всех пучков,

$\gamma = a_1/a = 40 \text{ мм/5 мм} = 8$  – коэффициент увеличения фотокарточек,

$\varphi_1 = \tau_1 \cdot \omega_0$  – угол поворота зеркала за время ожидания  $\tau_1$ ,

$\tau_1 = L/c_i$  – время запаздывания фронта пучка,

$\Delta l_i = \tau_1 \cdot v$  – отклонение пучка от реперной точки при вращении зеркала на фотопленке,

$\Delta l_i = \varphi_1 \cdot R$  – то же, расчет по углу поворота зеркала,

$l_0 = 252 \text{ мм}$  – полная протяженность трека на фотографиях, одина для всех снимков,

$$l_0 = l_i + \Delta l_i,$$

где  $l_i$  – измеренное на фотографиях значение длины трека, от правой крайней его точки до выхода из кадра у левого края фотографии,

$$\Delta l_{if} = \Delta l_i \cdot \pi \cdot \gamma, \text{ мм},$$

где  $\pi$  – угол развертки пучка вращающимся зеркалом,

$\gamma$  – коэффициент увеличения фотографии.

Погрешность измерений на фотографиях не превышает  $\pm 2 \text{ мм}$ .

### Белый свет, фото №1

$$c_1 = \bar{c}_1 \text{ (см. 33)} = 2,960\,692\,476 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

– средняя скорость на трассе,

$$\tau_1 = 3,009431095 \cdot 10^{-7} \text{ с (см. 34)}$$

– время запаздывания фронта,

$$\varphi_1 = \tau_1 \cdot \omega_0 = 4,04364971135 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \quad (95)$$

– угол поворота зеркала

$$\Delta l_1 = \varphi_1 \cdot R = 2,91142779217 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,911 \text{ мм} \quad (96)$$

– отклонение лучей на фотопленке,

$$\Delta l'_{1f} = \Delta l_1 \cdot \pi \cdot \gamma = 73,172 \text{ мм} \quad (97)$$

– отклонение лучей на фотографии, теоретическое значение,

$$\Delta l'_{1f} = 60 \text{ мм} \quad (98)$$

– измеренное на фотографии значение,

$$l'_1 = l_0 - \Delta l'_{1f} = 178,827 \text{ мм} \quad (99)$$

– длина трека пучка лучей белого света, теоретическое значение,

$l_1 = 192 \text{ мм}$  измеренное значение трека по фото,

$$\left. \begin{aligned} \Delta = l - l'_1 &= 13,172 \text{ мм} \\ \Delta = \Delta l'_{2f} - \Delta l'_{1f} &= 13,172 \text{ мм} \end{aligned} \right\} \quad (100)$$

– несходимость между экспериментальным и теоретическим значениями длины трека.

Возникает вопрос: чем обусловлена столь значительная несходимость теоретического и экспериментального значений? Ответ, с позиций новой теории физики, столь же прост сколь и неожидан, даже невозможен с позиции существующей теории, а именно – начальную точку трека формируют не фиолетовые лучи с длиной волны  $\lambda_{01} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ , а ультрафиолетовые, проходящие трассу быстрее фиолетовых лучей. Отметим при этом, что ультрафиолетовая часть спектра ртутной лампы высокого давления представлена богато, а в области ближнего ультрафиолета она обладает достаточно высокой интенсивностью, чтобы засветить фотопленку.

Данное утверждение легко проверить путем расчета и доказать его справедливость:

$$\begin{aligned} \Delta l_u &= \frac{\Delta l'_{1f}}{\pi \cdot \gamma} = \frac{60 \text{ мм}}{25,132\,741\,229} = \\ &= 2,387\,324\,146 \text{ мм} \end{aligned} \quad (101)$$

– отклонение предполагаемого ультрафиолетового луча на фотопленке,

$$\begin{aligned} \tau_u = \Delta l_u / v &= \frac{23,873\,24146 \cdot 10^{-4} \text{ м}}{9,674\,346\,0812 \cdot 10^3 \text{ м/с}} = \\ &= 2,467\,685\,28469 \cdot 10^{-7} \text{ с} \end{aligned} \quad (102)$$

– время запаздывания фронта предполагаемых ультрафиолетовых лучей,

$$\bar{c}_u = L / \tau_u = \frac{89,1 \text{ м}}{2,467\,685\,284\,69 \cdot 10^{-7} \text{ с}} = 3,610\,671\,123\,77 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (103)$$

– средняя скорость на трассе  $L$  предполагаемых ультрафиолетовых лучей,

$$\bar{\lambda}_u = \mu / \bar{c}_u = \frac{119,916\,984 \text{ м}^2 / \text{с}}{\bar{c}_u} = 3,321\,182\,680\,15 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (104)$$

– средний шаг фотона у данных лучей, которые действительно представляют ближний ультрафиолет!

$$n_c = \bar{c}_u / \bar{c}_1 = \frac{3,610\,671\,123\,77 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{2,960\,692\,476 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 1,219\,536$$

– превышение скорости распространения ультрафиолетовых лучей скорости света на трассе  $L$ ,

$$n(c_0) = \bar{c}_u / c_0 = 1,204\,390\,23842$$

– превышение скорости распространения ультрафиолетовых лучей в воздухе скорости света в вакууме,  $c_0$ !

$$k_{nu} = \frac{(n_u - 1)}{l_{e0}} = 2,876 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1} \quad (105)$$

– пространственный коэффициент, где  $n_u = 1,000\,2876$  для  $\lambda_u = 3,321 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  [4, стр. 791],

$$n_u(L) = n_u + k_{nu} \cdot L = 1,025\,912\,76 \text{ м}^{-1}$$

– показатель преломления воздуха трассы  $L$  для ультрафиолетовых лучей,

$$\lambda_{0u} = \frac{2\bar{\lambda}_u}{(2 + k_{nu} \cdot L)} = \frac{6,642\,365\,3603 \cdot 10^{-7} \text{ м}}{2,025\,625\,16} = 3,279\,168\,077 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad (106)$$

– шаг фотона ультрафиолетовых лучей, формирующих начало пучка белого света ртутной лампы.

Чтобы не загромождать текст статьи, я сознательно опускаю из рассмотрения коэффициенты поглощения и отражения линзы и коэффициенты отражения всеми зеркалами, используемыми в данном опыте, поскольку конечный результат мало зависит от них.

Результаты (101) – (106) свидетельствуют в пользу того, что ближний ультрафиолет даже в воздухе распространяется со скоростью, превышающей скорость света в вакууме,  $c_0$ , на 20,4%. Этот результат блестяще подтверждает открытие электрино, выступающего в роли фотона света и одновременно опровергает теорию относительности А. Эйнштейна и делает бессмысленной продолжение работ на ускорителях, в том числе и на коллайдере в ЦЕРНе.

### Синий свет, фото №2

$$c_2 = \bar{c}_2 \text{ (см. 54)} = 2,574\,038\,22353 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\tau_2 = 3,46148705895 \cdot 10^{-7} \text{ с (см. 55)}$$

$$\varphi_2 = \tau_2 \cdot \omega_0 = 4,65165885628 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \quad (107)$$

– угол поворота зеркала

$$\Delta l_2 = \varphi_2 \cdot R = 3,34876237652 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,348 \text{ мм} \quad (108)$$

$$\Delta l'_{2f} = \pi \cdot \gamma \cdot \Delta l_2 = 84,163 \text{ мм} \quad (109)$$

– теоретическое значение отклонения пучка от реперной точки,

$$l'_2 = l_0 - \Delta l'_{2f} = 167,836 \text{ мм} \quad (110)$$

– теоретическая длина трека

$$\Delta l_{2f} = 86 \text{ мм} \quad (111)$$

– экспериментальное значение отклонения фронта,

$$l_2 = 166 \text{ мм} \quad (112)$$

– измеренное по фотографии значение длины трека, экспозиция при съемке синих лучей оказалась недостаточной, хотя и составила 120 мин.

Расхождение между теорией и опытом в данном случае не выходит за пределы погрешности опыта.

### Зеленый свет, фото №3

$$c_3 = \bar{c}_3 = 2,168\,552\,05357 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (69)$$

$$\tau_3 = 4,10873236145 \cdot 10^{-7} \text{ с (70)} \quad \varphi_3 = \tau_3 \cdot \omega_0 = 5,5207355474 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \quad (113)$$

– угол поворота зеркала за время  $\tau_3$



$$\Delta l_3 = \varphi_3 \cdot R = 3,97492988212 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,975 \text{ мм} \quad (114)$$

– отклонение фронта пучка на пленке,

$$\Delta l'_{3f} = \pi \cdot \gamma \cdot \Delta l_3 = 99,90088 \text{ мм} \quad (115)$$

– отклонение фронта на фото, теоретическое значение,

$$l'_3 = l_0 - \Delta l'_{3f} = 152,1 \text{ мм} \quad (116)$$

– длина трека, теоретическое значение,

$$\left. \begin{array}{l} l_3 = 154 \text{ мм} \\ \Delta l_{3f} = 98 \text{ мм} \end{array} \right\} \text{— экспериментальные значения.} \quad (117)$$

Экспериментальное значение характеристик пучка зеленых лучей не отличается от значения предсказываемого новой теорией.

#### Красный свет, фото №4

$$c_4 = \bar{c}_4 = 1,558\,318\,13456 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (84)$$

$$\tau_4 = 5,71770282485 \cdot 10^{-7} \text{ с} \quad (85)$$

$$\varphi_4 = \tau_4 \cdot \omega_0 = 7,68264387768 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \quad (118)$$

$$\Delta l_4 = \varphi_4 \cdot R = 5,531150359192 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 5,531 \text{ мм} \quad (119)$$

– отклонение фронта красных лучей на фотопленке,

$$\Delta l'_{4f} = \pi \cdot \gamma \cdot \Delta l_4 = 139,022 \text{ мм} \quad (120)$$

– отклонение фронта на фото, теоретическое значение,

$$l'_4 = l_0 - \Delta l'_{4f} = 112,978 \text{ мм} \quad (121)$$

– длина трека на фото,

$$\left. \begin{array}{l} \Delta l_{4f} = 137 \text{ мм} \\ l_4 = 115 \text{ мм} \end{array} \right\} \text{— экспериментальные значения.} \quad (122)$$

Как видим, и у пучка красных лучей несходимость между экспериментальным и теоретическим значениями лежит в пределах погрешности опыта.

Рассмотрев отношение длины трека к длине отклонения по исследованным пучкам, получим:

$$\delta_1 = \frac{l_u}{\Delta l_{uf}} = \frac{192 \text{ мм}}{60 \text{ мм}} = 3,2, \quad (123)$$

$$\delta_2 = \frac{l_1}{\Delta l_{1f}} = \frac{178,828 \text{ мм}}{73,172 \text{ мм}} = 2,44, \quad (124)$$

$$\delta_3 = \frac{l_2}{\Delta l_{2f}} = \frac{166,0 \text{ мм}}{86 \text{ мм}} = 1,93, \quad (125)$$

$$\delta_4 = \frac{l_3}{\Delta l_{3f}} = \frac{154 \text{ мм}}{98 \text{ мм}} = 1,57, \quad (126)$$

$$\delta_5 = \frac{l_4}{\Delta l_{4f}} = \frac{137 \text{ мм}}{115 \text{ мм}} = 1,19, \quad (127)$$

Коэффициенты  $\delta_1 - \delta_5$  являются следствием экспериментально полученных и отснятых на цветную пленку результатов, которые может повторить любая оптическая лаборатория. Они свидетельствуют о том, что каждый монохроматический пучок лучей естественного света обладает своей собственной скоростью, зависящей от шага фотона (или длины волны по старой терминологии), как в вакууме, так и в воздушной среде.

#### Выводы, вытекающие из данного опыта

1. Скорость распространения света в вакууме,  $c_0 = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ , не является фундаментальной константой, единой для всех видов излучения, как считалось до сих пор.
2. Скорость  $c_0$  характеризует скорость распространения в вакууме только фиолетовых лучей с шагом фотона  $\lambda = 400$  нанометров, согласно формуле Базиева, и имеет следующее, уточненное значение:

$$c_0 = \mu/4 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 2,9979246 \cdot 10^8 \text{ м/с} = \text{const}$$

3. Свет не является электромагнитной волной, а представляет собой электродинамическую систему, образованную осевым отрицательным полем луча и континуумом электрино, обладающих конечной массой и конечным положительным зарядом, не зависящими от скорости движения в пространстве.

4. Термин «фотон», введенный в научную лексику Г. Льюисом в 1929 г., равноценен «корпускулу» Ньютона от 1687 года, а функционально они представлены реальной, истинно элементарной частицей – «электрино», открытой в 1982 г. и опубликованной в 1994 году в ОЕТФ.
5. Предсказания новой теории физики, созданной Д.Х. Базиевым после открытия электрино, относительно природы света получили подтверждение результатами данного опыта.
- Все фотоматериалы, а также таблицу с результатами эксперимента смотрите далее.

Таблица 1

**Скорость распространения монохроматических пучков естественного света в функции от длины волны в среде атмосферного воздуха**

Параметры пучка лучей	Спектральная область				
	Ультра фиолет.	Фиолетовая	Синяя	Зеленая	Красная
Средний шаг фотона, $\bar{\lambda}$ , нм	332	405	465,8	552,9	769,5
Протяженность трассы, $L$ , м	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1
Время запаздывания $\cdot 10^{-7}$ , с	2,467685	3,009431	3,461487	4,108732	5,717703
Длина трека, $l_i$ , мм	192	178,828	166	154	115
Отклонение пучка, $\Delta l_p$ , мм	60	73,172	86	98	137
Ожидаемая скорость, $\cdot 10^8$ м/с	3,61061	2,960692	2,574038	2,168552	1,558 318
Эксперим. знач. скорости, $\cdot 10^8$ м/с	3,610671	2,960699	2,519073	2,210615	1,581 316
Несходимость экспер. и теорет. скоростей, %	0	0,000236	2,18	1,94	1,47
Угол поворота зеркала, $\phi_i$ , $\cdot 10^{-4}$ рад.	3,315728	4,043648	4,651059	5,520736	7,682644
Пространственный показатель преломления воздуха	1,025913	1,025471	1,025246	1,025036	1,024799
Отношение, $c_i/c_0$	1,204	1,000	0,858	0,723	0,519

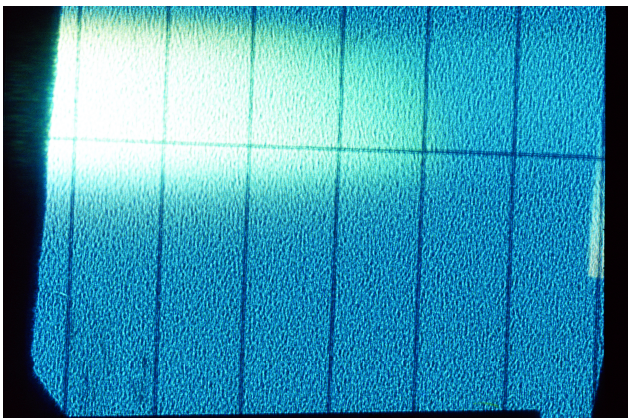


Фото 1. Белый свет (без фильтра)

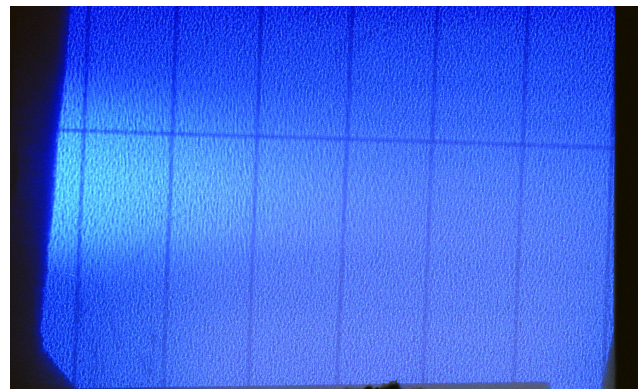


Фото 2. Синий свет

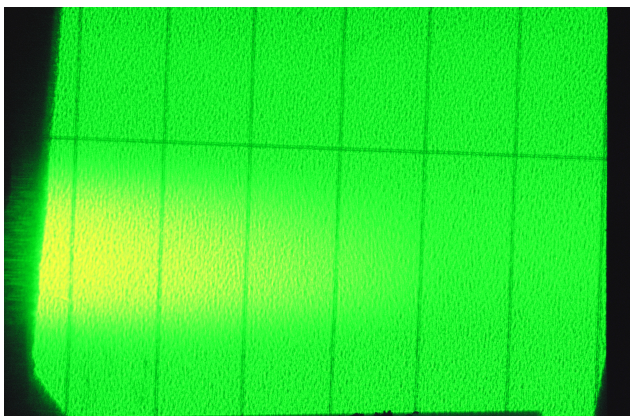


Фото 3. Зеленый свет

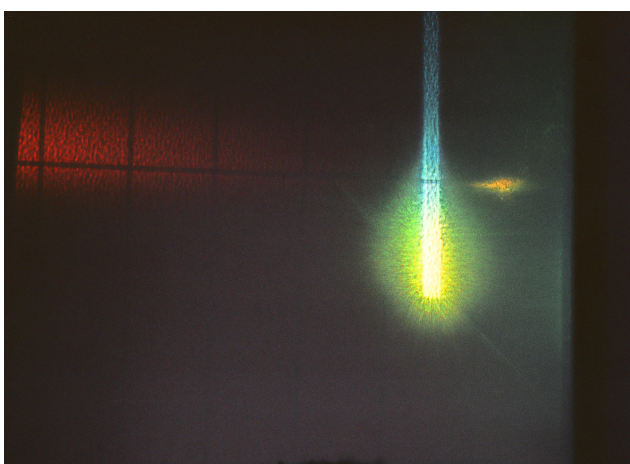


Фото 4. Красный свет

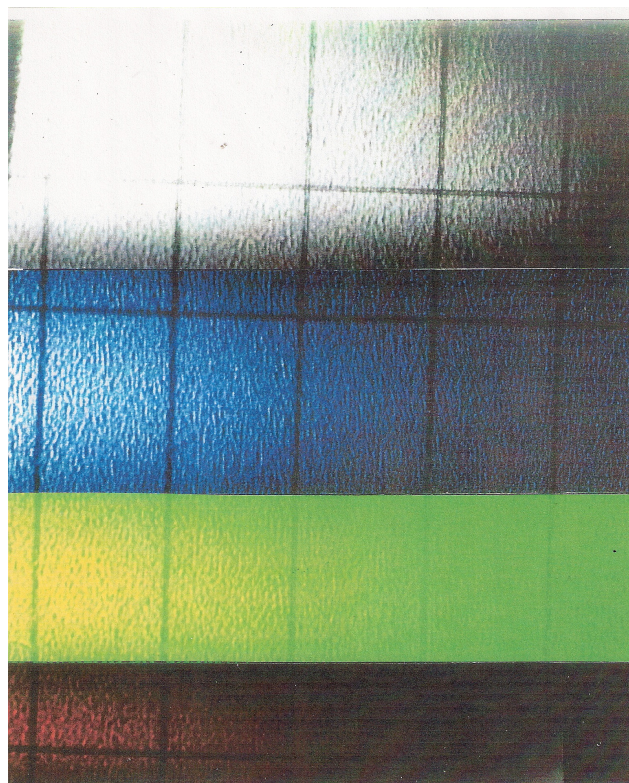


Фото 5. Монтаж снимков 4-х монохроматических пучков

S – источник света, ртутная лампа,  $W=500$  Вт,

AB = 22,9 м – расстояние от вращающегося зеркала (A) до 1-го сферического зеркала,

BC = 25,55 м – расстояние от 1-го сферического зеркала до плоского зеркала (C),

CD = 21,58 м – расстояние от плоского зеркала до 2-го сферического зеркала (D),

DA = 19,07 м – расстояние от 2-го сферического зеркала до вращающегося зеркала,

$R = AA_1 = 7,20$  м – расстояние от вращающегося зеркала до экрана,

$L = AB+BC+CD+DA = 89,10$  м – общая длина трассы.

Завершающий документ протокола группы экспертов, приглашенных на демонстрацию эксперимента по скорости распространения света, подтверждающих объективность полученных результатов.

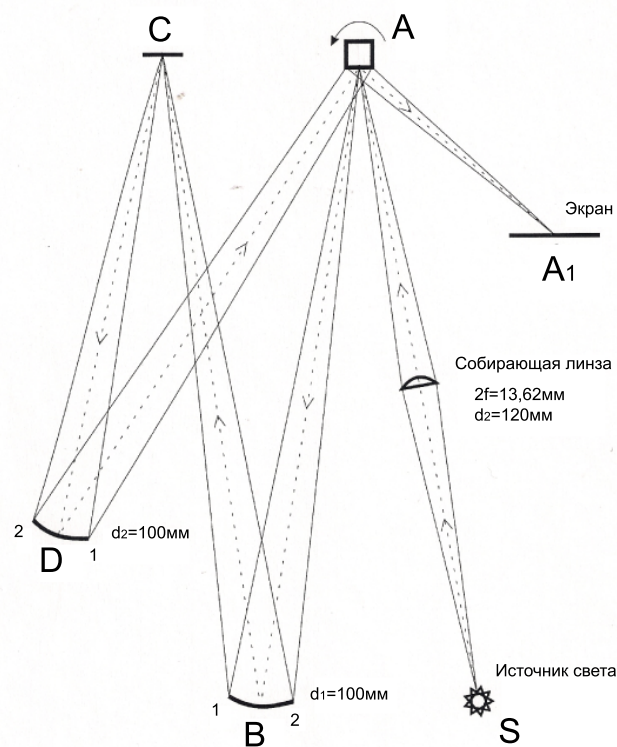


Рис. 1. Схема оптической системы

## Группа экспертов:

1. Лопашов Д.З., заслуженный метролог СССР, ФГУП «ВНИИФТРИ».

*Лопашов* 09.06.08

2. Борисочкин В.В., ведущий научный сотрудник, к.т.н. ФГУП «ВНИИФТРИ».

*Борисочкин* 09.06.08

3. Зажигай А.А., директор Центрального отделения Менделеевского центра стандартизации и метрологии.

*Зажигай* 09.06.08

4. Слюсаренко А.Г., инженер-радиофизик.

*Слюсаренко* 09.06.08

5. Рюриков В.Ф., инженер-физик Института общей и неорганической химии им. Курнакова.

*Рюриков* 09.06.08

6. Калинин В.Н., военный инженер.

*Калинин В.Н.* 09.06.08

7. Гребенщиков В.А., инженер-физик.

*Гребенщиков*

8. Новоселов С.А., инженер-энергетик, автор более 50 изобретений.

*Новоселов* 09.06.2008г.

9. Смирнов С.В., инженер-радиотехник, директор фирмы ООО НПК «Эталон-Тест».

*Смирнов*

10. Герценштейн С.Я., заведующий лабораторией общей аэродинамики Института механики МГУ, профессор.

*Герценштейн*

## Список литературы:

1. Базиев Д.Х. Основы единой теории физики. – Москва, - изд. Педагогика, - 1994г. - 640с.
2. Базиев Д.Х. Заряд и масса фотона. – Москва, - изд. МГУ, - 2002г., - 75с.

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОПОРОШКОВ W И NI

**Павлов Сергей Сергеевич,**  
аспирант, Амурский государственный  
университет (г. Благовещенск)  
01.04.07  
pavlovsergeys@gmail.com

*Аннотация. В статье приводятся результаты изучения удельной проводимости нанопорошков (НП) вольфрама и никеля при нагревании в воздухе. Температурная зависимость удельной проводимости носит полупроводниковый характер. Зафиксировано резкое падение удельной проводимости на интервале температур 260-270°C (Ni) и 280-290°C (W).*

**Ключевые слова:** нанопорошок, никель, вольфрам, удельная проводимость.

## CONDUCTIVITY TEMPERATURE DEPENDENCE OF W AND NI NANOPOWDERS

**Pavlov Sergei Sergeevich**  
Graduate student,  
Amur State University (Blagoveshchensk)

*Abstract. In this paper conductivity of W and Ni nanopowders when stoving are investigated. Temperature dependence of conductivity has semiconductor nature. Drastic decrease in conductivity at 260-270°C (Ni) and 280-290°C (W) is determined.*

**Keywords:** nanopowder, nickel, tungsten, conductivity.

### Введение

Как известно, значительного улучшения характеристик материалов и изделий, а также существенного роста качества продукции и повышения производительности технологических процессов можно добиться при использовании металлических нанопорошков благодаря их необычным электрическим, теплофизическим, магнитным и другим свойствам, обусловленным малым размером частиц [1-2]. Существует две причины, которыми можно объяснить повышенный интерес к наноматериалам. Во-первых, одним из традиционных способов улучшения различных свойств материала (каталитическая активность, реакционная способность, спекаемость порошкообразных веществ, механическая прочность) является уменьшение размера кристаллитов. Во-вторых, вещество может приобрести нехарактерные для объёмного

материала свойства (магнитные, оптические, сверхпроводящие, диэлектрические), поскольку физико-химические и функциональные свойства вещества при уменьшении размера кристаллитов ниже некоторой пороговой величины могут претерпевать значительные изменения [3-6].

Интересным методом получения НП является электрический взрыв проводников, с помощью которого можно контролировать физические и химические свойства получаемого материала. НП, полученные данным способом, отличаются некоторыми необычными свойствами, например, очень низкой температурой спекания, наличием избыточной энергии и др. [5, 7]. Несмотря на большое количество исследований, посвящённых металлическим электровзрывным нанопорошкам ([2, 4, 5, 7-9] и др. работы этих же авторов), вопрос об электропроводных свойствах данного класса наноматериалов практически не изучен [9].

Цель нашей работы – изучить удельную проводимость нанопорошков вольфрама и никеля.

### Объекты и методы исследования

В исследовании использовались нанопорошки, полученные электрическим взрывом металлических никелевых и вольфрамовых проволок в инертной среде аргона. Синтез НП осуществлялся в компании «Передовые порошковые технологии» (г. Томск) по методу, описанному в работах [3, 7, 10].

Согласно паспорту образца [11] нанопорошок Ni содержит не менее 99.8 масс.% металлического никеля. Элементный состав материала следующий: Ni = 99.8%, Al = 0.058%, Si = 0.049%, Fe = 0.047%, Mg = 0.041%, Co = 0.032%, Ti = 0.010%, S = 0.005%. По данным рентгеноструктурного анализа интенсивности максимумов примесных элементов небольшие по сравнению с пиками изотопов никеля, что указывает на высокую чистоту порошка. Электронно-зондовый микроанализ химического состава также свидетельствует о низком содержании примесей. Форма отдельных частиц сферическая, при этом частицы в порошке агломерированы с размерами агломератов до 10 мкм. Среднеарифметический размер частиц составляет 70-80 нм. Насыпная плотность около 0.66 г/см<sup>3</sup>, площадь удельной поверхности (по методу БЭТ) – 4.5-6.0 м<sup>2</sup>/г. По данным рентгенофазового анализа частицы никеля характеризуются кристаллической ГЦК решёткой ( $a = 3.522-3.524 \text{ \AA}$ ). Электронная микроскопия высокого разрешения (рис. 1) указывает на присутствие в кристалле многочисленных дефектов [11]. После контакта с воздухом порошок никеля воспламеняется низкокалорийным источником тепла, линейная скорость фронта горения составляет 0.79 мм/с, протяженность фронта горения 22-23 мм. Точка плавления НП – 1452°C.

Состав нанопорошка вольфрама следующий: металлический вольфрам (W) 85%; примеси: железо, кислород и другие химические элементы. Среднеарифметический размер

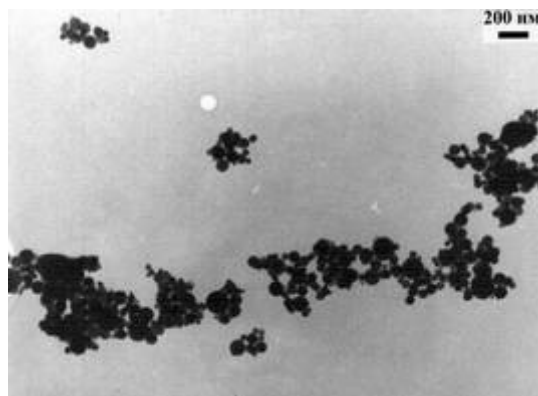


Рис. 1. Характерное изображение нанопорошка Ni [11]

частиц колеблется от 200 до 500 нм. Форма отдельных частиц сферическая, характерно образование агломератов (рис. 2). Насыпная плотность около 15 г/см<sup>3</sup>, площадь удельной поверхности (по методу БЭТ) – 1.7 – 2.4 м<sup>2</sup>/г. Химическая активность: при взаимодействии с открытым пламенем на воздухе воспламеняется, скорость горения составляет 1.33 мм/с. Точка плавления 3200°C [11].

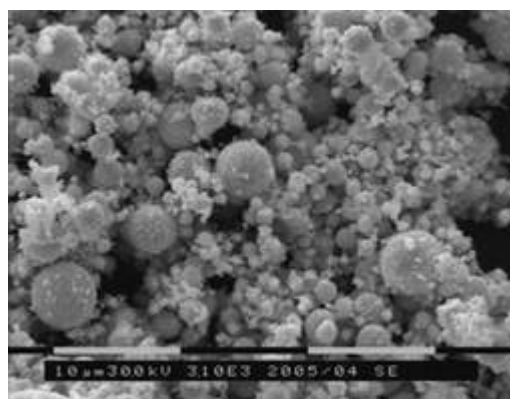


Рис. 2. Характерное изображение нанопорошка W [11]

Удельную проводимость образцов изучали по госстандартной методике [12], измеряя температурную зависимость объёмного сопротивления (от комнатной до 550°C) при постоянном напряжении ( $U=100 \text{ В}$ ). Контроль над температурой в печи проводили при помощи хромельалюмелевой термопары. ИК-спектры получали на Фурье-спектрометре «ФСМ 1201» в диапазоне частот 400-4000 см<sup>-1</sup>.

### Результаты и их обсуждение

На рис. 3-4 представлены графики зависимости удельной проводимости от температуры для изученных НП. Порядок уд. проводимости

гревании во всём наблюдаемом диапазоне проводимости также была значительно меньше.

Резкое уменьшение уд. проводимости образцов при первоначальном нагревании, возможно, вызвано окислением нанопорошков,

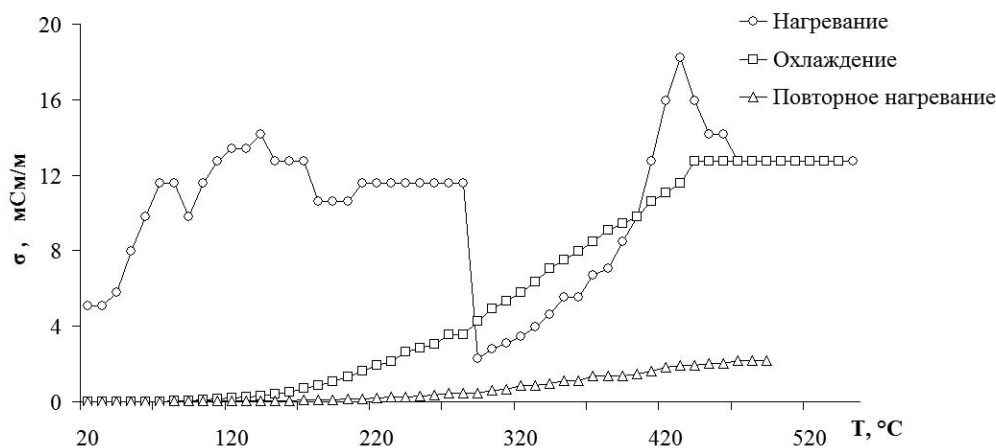


Рис. 3. Температурная зависимость удельной проводимости НП W

мости металлических нанопорошков (от 0.04 до 18 мСм/м) и характер температурной зависимости (увеличение  $\sigma$  с ростом температуры) указывают на полупроводниковый характер проводимости.

При первоначальном нагревании НП вольфрама за плавным увеличением удельной проводимости следовало её резкое уменьшение в 5 раз на интервале температур 280-290°C, после которого наблюдалось дальнейшее плавное увеличение  $\sigma$ . При охлаждении и повторном нагревании значения уд. проводимости образца изменялись без резких скачков, но были значительно ниже соответствующих значений  $\sigma$  при первоначальном нагревании.

Температурная зависимость удельной проводимости НП Ni имеет подобный характер (рис. 4). С ростом температуры при первоначальном нагревании удельная проводимость плавно возрастала, при достижении температуры 260°C происходило резкое уменьшение уд. проводимости в 3.5 раза. Резкое уменьшение  $\sigma$  (в 2.5 раза) было зафиксировано повторно после 320°C. При охлаждении и повторном на-

следствие которого при охлаждении и повторном нагревании  $\sigma$  достигает существенно меньших значений. Низкая полупроводниковая проводимость нанопорошков вызвана, согласно [9], низкой плотностью спрессованных образцов (0.4-0.6 от плотности массивного металла) и наличием оксидной плёнки на наночастицах вследствие пассивации электровзрывных НП медленным окислением воздуха непосредственно после синтеза. Последнее обстоятельство косвенно подтверждают данные ИК-спектроскопии образцов и продуктов их отжига (рис. 5).

Так, ИК-спектр НП вольфрама характеризуется полосой поглощения малой интенсивности с максимумами при 900 и 730  $\text{см}^{-1}$ . Этой полосе соответствует аналогичная полоса в спектре продукта отжига НП вольфрама ( $\text{WO}_3$ ) с тремя максимумами: 1035, 820, 770  $\text{см}^{-1}$ . Иными словами, в ИК-спектре НП вольфрама присутствуют полосы поглощения связей Me-O, что свидетельствует о покрытии его поверхности оксидными слоями. Сказанное справедливо и для нанопорошка никеля.

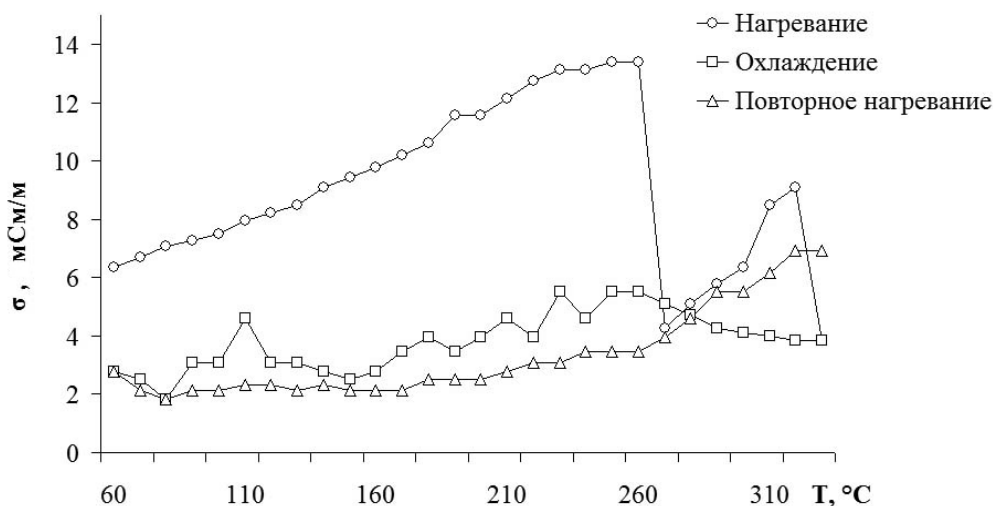


Рис. 4. Температурная зависимость удельной проводимости НП Ni

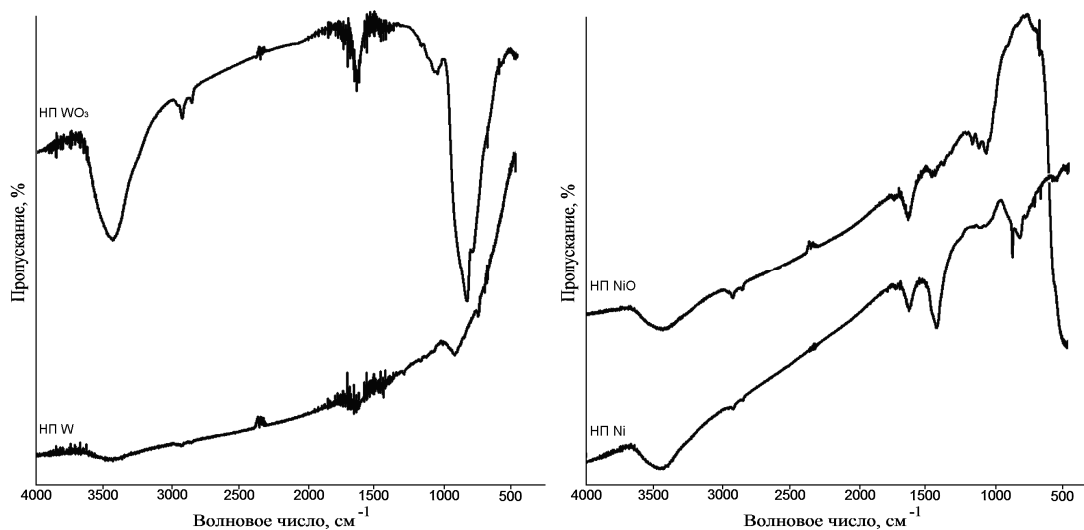


Рис. 5. ИК-спектры пропускания НП и продуктов их отжига

### Заключение

Таким образом, установлено, что проводимость электровзрывных нанопорошков носит полупроводниковый характер. Значения удельной проводимости при изменении температуры от комнатной до 550°C находятся в интервале от 0.04 до 18 мСм/м. На характер температурной зависимости оказывает влияние окисление наночастиц.

Автор выражает благодарность научному руководителю, д.ф.-м.н., проф. Астаповой Е.С., к.х.н. Радомской В.И., д.ф.-м.н., проф. С.В. Ланкину, д.х.н., проф. И.В. Егоровой, а также сотрудникам Амурского государственного университета и Благовещенского государственного педагогического университета за помощь в проведении экспериментов и обсуждении полученных результатов.



**Список литературы:**

1. Уйтсайдс Д., Эйглер Д., Андерс Р. и др. Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. – М.: Мир, 2002. – 292 с.
2. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. и др. Получение нанопорошков вольфрама методом электрического взрыва проводников // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – №4. – С. 68–70.
3. Гусев А.И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 198 с.
4. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. и др. Получение нанопорошков молибдена в условиях электрического взрыва проводников // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – №3. – С. 31-35.
5. Ивченко Е.В., Ан В.В., Ильин А.П. Действие лазерного излучения и нагрева в воздухе на нанопорошки железа, никеля и меди // Известия Томского Политехнического Университета. – 2008. – Т. 312. – №3. – С. 19-62.
6. Бучаченко А.Л. Химия на рубеже веков: свершения и прогнозы // Успехи химии. – 1999. – Т.68. – №2. – С. 99-118.
7. Ильин А.П. Развитие электровзрывной технологии получения нанопорошков в НИИ Высоких напряжений при Томском политехническом университете // Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Т. 306. – №1. – С. 133-139.
8. А.П. Ильин, О.Б. Назаренко, Д.В. Тихонов, Л.О. Толбанова. Характеристики и свойства электровзрывных порошков молибдена и вольфрама // Перспективные материалы. – 2010. – №2. – С. 11-18.
9. Ильин А.П., Мостовщиков А.В., Толбанова Л.О. Процессы окисления на воздухе нанопорошка меди при нагревании и пропускании электрического тока // Перспективные материалы. – 2010. – №6. – С. 59-62.
10. Котов Ю.А. Электрический взрыв проволоки – метод получения слабоагрегированных нанопорошков // Российские нанотехнологии. – 2009. – Т.4. – №1-2. – С. 40-49.
11. Официальный сайт ООО «Передовые порошковые технологии» // <http://www.nanosized-powders.com>
12. Ланкин С.В., Юрков В.В. Электропроводность клиноптилолита и его ионообменных форм // Перспективные материалы. – 2006. – №5. – С. 59-62.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ВЫСОКООКТАНОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

**Ашрафов Рафик Ашраф,**

аспирант, Институт Нефтехимических Процессов  
НАН Азербайджана, г.Баку  
02.00.13  
ashrafov@yahoo.com

**Аннотация.** Статья посвящена одной из основных задач современной нефтеперерабатывающей промышленности – разработке и освоению производства автомобильных бензинов, удовлетворяющих современным экологическим требованиям. Один из путей улучшения экологических показателей автомобильных бензинов заключается в снижении содержания в них ароматических углеводородов, в том числе бензола.

**Ключевые слова:** экологические характеристики автомобильных бензинов, каталитический риформинг, бензол, трансалкилирование, ароматические углеводороды.

## MODERN STATE OF PRODUCTION ECOLOGICALLY OF CLEAN HIGH-ANTI-KNOCK MOTOR-CAR PETROLS

**Ashrafov Rafik Ashraf**

Graduate student, Institute of Petrochemical Processes,  
National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku

**Abstract.** The article is devoted one of basic tasks of modern oil-processing industry to development and mastering of production of motor-car petrols, satisfying modern ecological requirements. One of ways of improvement of ecological indexes of motor-car petrols consists in the decline of maintenance in them.

**Keywords:** environmental performance of gasoline, catalytic reforming, benzene, transalkylation of the aromatic hydrocarbons.

Одной из основных задач в улучшении экологических характеристик автомобильных бензинов является отказ от применения бензинов, содержащих ТЭС в качестве антидетонатора. Эта задача решена в Японии, США и Канаде. В некоторых странах: Голландии, Австрии, Дании, Бельгии, Швейцарии, Швеции, Финляндии, Норвегии и Германии разрешено вводить этиловую жидкость только в специальные высокооктановые сорта[1;2].

Переход на неэтилированные топлива не только предотвращает эмиссию свинца с продуктами сгорания, но и сокращает на 60-90% другие вредные выбросы путем использования каталитических нейтрализаторов, для которых свинец является ядом. Кроме того, в

этом случае возможно поддержание состава топливно-воздушной смеси, близкое к стехиометрическому, что обеспечивает такие оптимальные характеристики бензина, как плотность, вязкость, испаряемость, углеводородный состав, которые практически не влияют на токсичность отходящих газов. Но отказ от этилирования влечет за собой проблемы, связанные с обеспечением требуемого октанового числа бензина.

Первоначально этилированные сорта заменялись регулярными бензинами с относительно низким октановым числом (82-86 м.м.). Это было связано с отставанием темпов наращивания мощностей производства высокооктановых компонентов от требований по снижению норм этилирования. Однако дефицит высоко-

октановых неэтилированных бензинов был временным. Доля этилированных бензинов на протяжении 80-х годов ежегодно снижалась в среднем на 5-6%. В 1995г. доля неэтилированных бензинов достигла 65% от общего потребления, а к 2000г. - более 90%. Основным видом неэтилированных бензинов должен стать премиальный бензин "европремиум".

Известно, что США - признанный лидер в области требований к экологической чистоте топлив. Рост числа автомобилей предопределяет ужесточение национальных стандартов, ограничивающих вредное воздействие отработавших газов. В соответствии с новыми дополнениями к Закону о чистоте воздушного бассейна основными отличиями качества автомобильных бензинов с улучшенными экологическими характеристиками, называемыми также реформулированными, модифицированными, "зелеными", экологически чистыми и т.п., являются:

- низкая летучесть (давление насыщенных паров);
- пониженное содержание ароматических (особенно бензола) и олефиновых углеводородов, участвующих в образовании смога;
- обязательное использование кислородсодержащих компонентов и моющих присадок для предотвращения образования отложений в системах подачи топлива в двигателе;
- отсутствие свинца, марганца и других тяжелых металлов.

Испарение бензинов - основная причина естественных потерь и выбросов в окружающую среду токсичных углеводородов. При транспортировке, хранении и заправке автомобилей бензином потери от испарения достигают 1,5-2%. Снижение содержания свинца и изменение состава автомобильных бензинов привели к другой проблеме - увеличению показателя летучести товарных бензинов. Показатели летучести автомобильных бензинов (упругость паров по Рейду) для легких сортов бензинов повысились с 609 до 714, для зимних - с 798 до 931 г/см<sup>2</sup>. Углеводороды, содержащиеся в парах бензинов, представляют опасность не только как токсич-

ные вещества, но, участвуя в фотохимических реакциях под действием солнечного света, приводят к образованию смога. Все это вызывает необходимость снижения давления насыщенных паров бензинов, что, в свою очередь, понижает их ресурсы и детонационную стойкость. Максимальное давление насыщенных паров для бензинов с улучшенными экологическими свойствами - не выше 79,9 кПа.

В нефтеперерабатывающей промышленности принят ряд изменений в технологии производства бензинов. Так, большинство нефтеперерабатывающих компаний пошло по пути снижения содержания в бензинах компонентов с высоким показателем летучести. К последним относятся н-бутан, кислородсодержащие соединения, легкий прямогонный бензин и легкие продукты различных процессов, доля которых возрастает с ростом жесткости режимов работы установок. Суммарная доля таких компонентов может достигать 40% от общего объема товарных бензинов. Успешному решению проблемы способствовал ввод в эксплуатацию дополнительных мощностей процессов, таких, как алкилирование, каталитическая полимеризация и димеризация, а также снижение давления на установках процесса риформинга, переход к процессам с непрерывной регенерацией катализатора. Изменения в компонентном составе продукции в структуре технологического парка нефтепереработки сопровождались также увеличением содержания в бензинах ароматических углеводородов и изопарафинов, снижением доли низкооктановых н-парафинов [3].

Европейским комитетом стандартов также разрабатываются новые нормативы на предельно допустимые значения плотности бензинов и упругости паров. Следует отметить, что в целом по странам Западной Европы и в Японии этот показатель несколько ниже, чем в американских стандартах. С целью снижения потерь бензина от испарения новые машины в европейских странах снабжаются специальным конденсационным баком с поглотителем. Предусмотрены также защитные меры по уменьшению потерь в системе распределения

бензина. Рассматривается вопрос о снижении предельно допустимой концентрации бензола в неэтилированном бензине, составляющей около 5% об., а в будущем ниже 1%. Однако использование катализаторов дожигания и специ-

бензина с улучшенными экологическими характеристиками нормируется по содержанию ароматических соединений, бензола и олефинов. Содержание бензола в бензине США составляет не более 3%, в новых спецификациях



Рис. 1. Максимально допустимое содержание бензола в товарных автомобильных бензинах

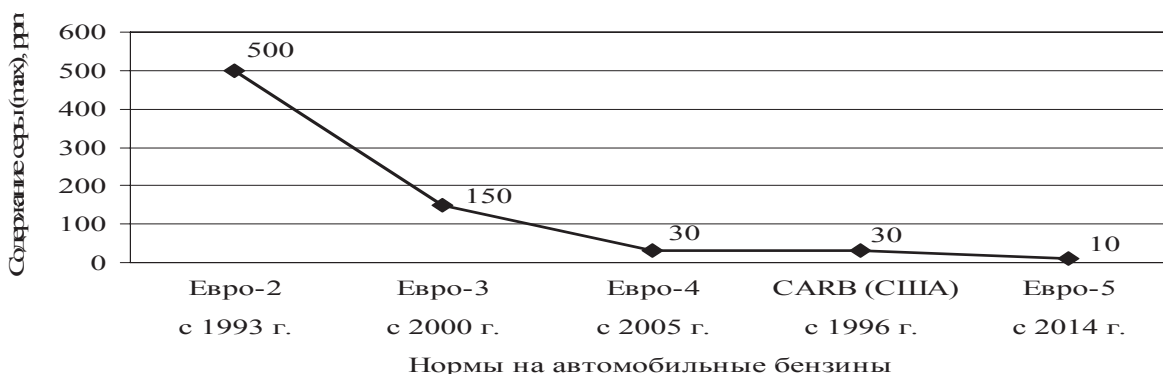


Рис. 2. Максимально допустимое содержание серы в товарных автомобильных бензинах

альных баков приводит к резкому сокращению выбросов бензола в атмосферу [3]. Из рисунков 1, 2 и 3 видно, что доля бензола, серы и суммы ароматических углеводородов в составе товарных автомобильных бензинов согласно европейским нормам в последние годы существенно снижается [4].

С целью повышения октановых характеристик товарных бензинов используются спирты и простые эфиры в качестве компонентов. Следовательно углеводородный состав

на экологически чистые бензины – не более 1%. Ограничение содержания ароматических соединений до 20-25% (вместо ранее принятых 35-50%) приводит к удорожанию бензина. Выбор экономичной схемы снижения содержания бензола в бензине зависит от многих факторов, среди которых преобладает модернизация установок каталитического риформинга [4].

Одним из наилучших вариантов является использование процесса трансалкилирования

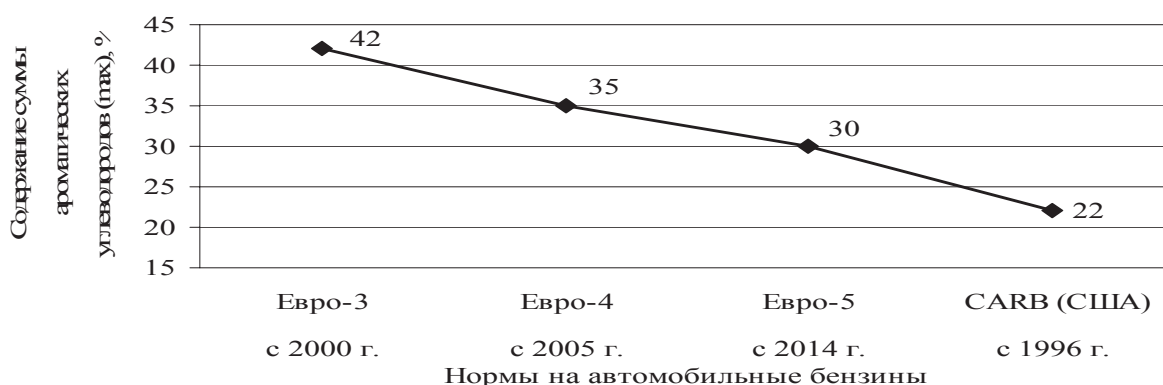


Рис. 3. Максимально допустимое содержание суммарной ароматической углеводородной суммы в товарных автомобильных бензинах

бензола фракции  $C_7+$  бензина риформинга, при котором полученный бензин даже без разбавления неароматическими компонентами, удовлетворяет требованиям ГОСТ Р-51105-97 по содержанию бензола. Кроме того, в полученном бензине на 31,4% меньше ароматических углеводородов  $C_9+$ , вызывающих повышенное нагарообразование в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания и увеличение выбросов сажи в атмосферу с отработавшими газами. Снижение содержания бензола и увеличение октанового числа получаемого бензина позволяют снизить требования к неароматической составляющей, используемой при составлении композиций товарных высокооктановых бензинов.

На основе бензина трансалкилирования предлагается вариант производства товарного бензина АИ-95, удовлетворяющего следующим требованиям – содержание бензола не более 3% об., суммарное содержание ароматических углеводородов не более 45% об. Такой бензин может быть получен путем смешения 80% бензина трансалкилирования и 20% алкилата, он имеет октановое число 96 ИМ и 87,1 ММ, содержание бензола и суммы ароматических углеводородов 2,5 и 44,1% об. соответственно.

В табл.1 представлена сравнительная характеристика бензина риформинга и бензина, получаемого в процессе трансалкилирования фракции  $C_6$  бензина риформинга с фракцией  $C_7+$ , и которой видно что, полученный по предлагаемой технологии бензин имеет октановое число 97,1 ИМ, что на 1,1 пункта больше, чем у бензина каталитического риформинга. При этом содержание бензола в нем составляет 3,3% мас., или 3,2% об., то есть на 37,7% ниже, чем в бензине риформинга.

При добавлении бензина трансалкилирования в состав высокооктанового экологически чистого товарного позволяет снизить содержание бензола в его составе ниже 1%.

Использование предложенной технологии позволяет улучшить экологию окружающей среды, уменьшить расход неароматических высокооктановых компонентов бензина. Необходимо отметить, что применение процесса трансалкилирования позволяет вовлекать в состав таких бензинов практически весь риформат и установленные новым стандартом требования должны быть включены во все виды нормативных документов на бензины.

**Сравнительные характеристики бензина каталитического риформинга и бензина, полученного с использованием процесса трансалкилирования**

Показатели	Бензин риформинга	Бензин трансалкилирования
Октановое число, ИМ	96,0	97,1
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	776	773
Выход на рифорат, % мас	100	95,1
Углеводородный состав, % мас. Парафинонафтеновые	34,6	35,3
Ароматические	65,4	64,7
В т. ч.: бензол	5,3	3,3
Толуол	17,2	20,1
C <sub>8</sub>	23,5	28,0
C <sub>9</sub> <sup>+</sup>	19,4	13,3

**Список литературы:**

1. Гусейнова И.С., Мирзоева Л.М., Юнусов С.Г., Гусейнова А.Д., Ашрафов Р.А. Алкилирование бензольной фракции бензина риформинга на цеолитсодержащем катализаторе// Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 2008. №3-4(35-36). С.208-213.
2. Гусейнова А.Д., Мирзоева Л.М., Гусейнова И.С., Юнусов С.Г., Ашрафов Р.А. Получение экологически чистых компонентов автомобильных бензинов // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 2009. №10. С.51-55.
3. Гусейнова А.Д., Мирзоева Л.М., Гусейнова И.С., Юнусов С.Г., Ашрафов Р.А. Изучение в возможности снижения содержания бензола в бензинах риформинга // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 2010. №2. С.55-59.
4. Матузов Г.Л. Развитие технологий риформирования углеводородов C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> для производства базовых компонентов автомобильных бензинов // Дисс. канд. техн. наук. Уфа: УГНТУ, 2010. 154с.
5. Карпов С.А. Качество автомобильных бензинов в свете современных эксплуатационных требований // Нефтепереработка и нефтехимия. №1, 2007, с.16-19.

# БИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Гусакова Наталья Николаевна,**

доктор химических наук, заведующая кафедрой «Химия, агрохимия, почвоведения»  
ФГБОУ ВП «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»

**Шуваева Анна Сергеевна,**

аспирант, ФГБОУ ВП «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»

03.00.16

sintetik@sgau.ru

**Аннотация.** В статье приводятся результаты биоиндикационного исследования проводимого в некоторых малых населенных пунктах лесостепной зоны Саратовской области. Построен биоиндикационный ряд чувствительности древесных культур. Показано, что береза повислая, каштан конский и липа мелколистная являются наиболее чувствительными биоиндикаторами. Установлено, что наиболее устойчивыми к изменениям качества окружающей среды являются тополь пирамидальный и рябина обыкновенная.

**Ключевые слова:** биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, биоиндикационный ряд, древесные культуры.

## BIOINDICATIVE ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF SMALL SETTLEMENTS OF THE FOREST-STEPPE ZONE IN SARATOV REGION

**Gusakova Natalia Nikolaevna**

Doctor of Chemical Sciences, Head of Department of «Chemistry, Agricultural Chemistry, Soil Science»,  
FGBOU VPO «Saratov State Agrarian University named. N. Vavilov»

**Shuvaeva Anna Sergeevna**

Graduate student, FGBOU VPO «Saratov State Agrarian University named. N. Vavilov»

**Abstract.** The article deals with the results of the bioindicative research conducted in small settlements of the forest-steppe zone in Saratov region. The author constructs the bioindicative row of tree crops' sensitivity. It is detected that drooping birch, horse chestnut and tillet are the most sensitive bioindicators. Also, it is found out that lombardy poplar and quickbeam are most resistant to environmental changes.

**Keywords:** bioindication, fluctuating asymmetry, bioindicative row, tree crops.

Возможность получить интегральную характеристику качества среды, находящейся под воздействием всего многообразия физических, химических и других факторов, дают только биологические методы, так как именно живые организмы несут наибольшее количество информации об окружающей их среде обитания [1]. Поэтому метод биоиндикации обладает богатыми возможностями для мониторинга влияния антропогенного воздействия на состояния среды [2,5].

В 2009-2011 г. нами было проведено биоиндикационное обследование экологического состояния в городах Калининск (административный центр Калининского района), Аткарск (административный центр Аткарского района) и в поселке городского типа Лысье Горы (районный центр Лысогорского района). Данные населенные пункты расположены в правобережье Саратовской области (Лысье Горы в 96 км), (Калининск в 121 км) к западу и (Аткарск в 92 км) к северо-западу от Саратова на Приволжской возвышенности. Все три на-

Таблица 1

**Значение флуктуирующей асимметрии листьев древесных культур при въезде  
в г. Аткарск, г. Калининск и п.г.т. Лысье Горы (среднее за 2009-2011 г.)**

Тест-объект	Аткарск	Калининск	Лысье Горы
береза	0,044±0,002	0,048±0,003	0,049±0,003
тополь	0,031±0,002	0,030±0,002	0,031±0,002

Таблица 2

**Значение флуктуирующей асимметрии листьев древесных культур у железнодорожной  
линии в г. Аткарске, г. Калининске и п.г.т. Лысье Горы (среднее за 2009-2011г.)**

Тест-объект	Аткарск	Калининск	Лысье Горы
береза	0,053±0,003	0,050±0,003	0,051±0,003
ива	0,044±0,002	-----	0,042±0,002
тополь	0,039±0,002	0,035±0,002	0,038±0,002
рябина	0,023±0,001	0,022±0,001	-----

селенных пункта являются железнодорожными станциями Приволжской железной дороги. Кроме того, они расположены вдоль автомобильных трасс федерального значения.

Мы применяли систему морфологических признаков для листьев древесных культур согласно методике «Биотест», рекомендованной Центром Экологической политики и культуры России [1,3,4].

Биоразнообразие древесных культур при въезде в г. Калининск, г. Аткарск и п.г.т. Лысье Горы (см. табл.1), а также у железнодорожной линии, проходящей через населенные пункты (см. табл.2) является весьма ограниченным, поэтому мы могли провести исследования биоиндикационных свойств, только следующих древесных культур: береза повислая – *Betula pendula* Roth., ива белая – *Salix alba* L., тополь пирамидальный – *Populus pyramidalis* Borkh., рябина обыкновенная – *Sorbus aucuparia* L.

Уровень флуктуирующей асимметрии у найденных нами тест-объектов достаточно высок. Если сравнивать с пятибалльной шкалой оценки стабильности развития тест-объектов для березы повислой [1,3,4], то при въезде в населенные пункты он приблизился к пред-

критическому уровню, а у железнодорожной линии значение флуктуирующей асимметрии уже соответствует 4 баллам и приближаются к критическому уровню.

В Калининске мы проводили биоиндикационные исследования по самым оживленным улицам с наиболее интенсивным движением автотранспорта. На рис.1 представлен биоиндикационный ряд чувствительности древесных культур по улице Советской, на протяжении которой имеется широкий спектр древесных насаждений. Нами проведены исследования биоиндикационных свойств, следующих древесных культур: береза повислая – *Betula pendula* Roth., липа мелколистная – *Tilia cordata* Mill., ива белая – *Salix alba* L., тополь пирамидальный – *Populus pyramidalis* Borkh., рябина обыкновенная – *Sorbus aucuparia* L.

Анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует о том, что все исследуемые древесные культуры одинаково реагируют на антропогенный прессинг, нарастание которого связано с интенсификацией автомобильного движения по ул. Советской. Изучение биоиндикационных свойств древесных культур на данном участке позволяет вы-



делить березу повислую и липу мелколистную в качестве эффективных биоиндикаторов, наиболее устойчивой к изменениям качества окружающей среды является рябина обыкновенная. Среднее значение флуктуирующей асимметрии здесь для березы повислой составляет  $0,045 \pm 0,003$ , что соответствует 3 баллам по шкале стабильности [1,3,4].

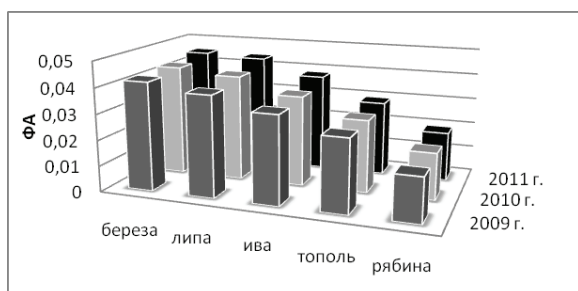


Рис. 1. Биоиндикационный ряд чувствительности древесных культур в центре г. Калининска (по улице Советская)

В центре п.г.т. Лысье Горы нами проведены исследования биоиндикационных свойств следующих древесных культур, произрастающих вдоль автомобильных дорог: береза повислая – *Betula pendula* Roth., каштан конский – *Aesculus hippocastanum* L., ива белая – *Salix alba* L., тополь пирамидальный – *Populus pyramidalis* Borkh. На рис. 2 приведен биоиндикационный ряд чувствительности древесных культур по улице Набережная.

Полученные данные по березе повислой показали, что среднее значение флуктуирующей асимметрии составляет  $0,046 \pm 0,003$ , что говорит о приближении экологического состояния к предкритическому уровню [1,3,4].

В Аткарске мы исследовали биоиндикационные свойства древесных культур, произрастающих в Городском парке, который расположен в центре города в непосредственной близости к железной дороге и окружен автомобильными дорогами с интенсивным движением. Парк представлен широким спектром древесных культур: береза повислая – *Betula pendula* Roth., каштан конский – *Aesculus hippocastanum* L., клен остролис-

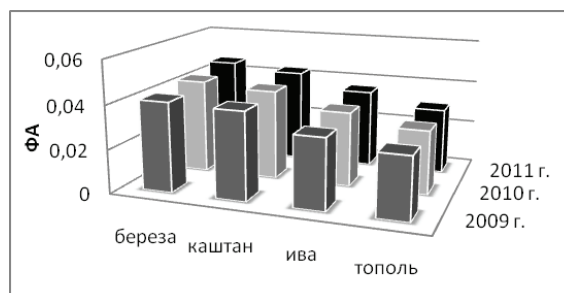


Рис. 2. Биоиндикационный ряд чувствительности древесных культур в центре п.г.т. Лысье Горы (по улице Набережная)

тый – *Acer platanoides* L., акация белая – *Robinia pseudoacacia* L., сирень обыкновенная – *Syringa vulgaris* L., рябина обыкновенная – *Sorbus aucuparia* L.

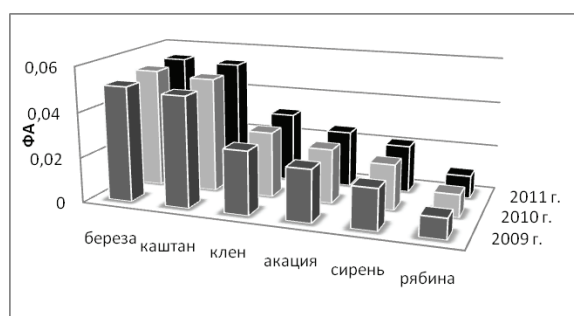


Рис. 3. Биоиндикационный ряд чувствительности древесных культур в Городском парке г. Аткарска

Результаты изменения флуктуирующей асимметрии (от  $0,051 \pm 0,003$  до  $0,054 \pm 0,003$ ) листьев березы, представленные на рис. 3, позволяют проследить тенденцию перехода качества окружающей среды из состояния «предкритическое» в состояние «критическое» [1,3,4]. Высокие значения показателя стабильности развития для березы повислой и каштана конского, по сравнению с другими культурами, исследуемыми на данном участке, позволяет отметить их в качестве более чувствительных биоиндикаторов.

Выводы: анализ полученных результатов позволяет сказать, что во временном интер-

вале 2009 – 2011 г. происходило усиление антропогенного прессинга в данных населенных пунктах. Ответные реакции всех древесных культур являются практически одинаковыми – усиливаются значения флуктуирующей асимметрии листьев всех выбранных древесных культур.

Изучение биоиндикационных свойств древесных культур позволяет отметить березу повислую, каштан конский и липу мелколистную в качестве наиболее чувствительных биоинди-

каторов, наиболее устойчивыми к изменениям качества окружающей среды являются тополь пирамидальный и рябина обыкновенная.

Детальный анализ биоиндикационных свойств древесных культур, позволяет выстроить их в следующий биоиндикационный ряд: береза повислая > каштан конский > липа мелколистная > клен остролистный > ива белая > сирень обыкновенная > акация белая > тополь пирамидальный > рябина обыкновенная.

### Список литературы:

1. Захаров В.М. Биотест. Интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов / В.М. Захаров, Д.М. Кларк.- М.: Московское отд. Междунар. фонда «Биотест», 1993. – С. 68
2. Экологический мониторинг. Методы биомониторинга / под ред. Д.Б. Гелашвили. - Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 1995. – Ч. I. – С.190. – Ч. II. – С. 464.
3. Захаров В.М. Феногенетический аспект исследования природных популяций / В.М. Захаров. – М.: Наука, 1982. – С. 45-55.
4. Захаров В.М. К оценке асимметрии билатеральных признаков как популяционной характеристики / В.М. Захаров, В.В. Зюганов // Экология. – 1980. - №1. – С. 10-16.
5. Дружкина Т.А., Лебедь Л.В., Гусакова Н.Н. Скрининговая оценка экологического состояния городской среды по древесным культурам/ ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008. – С. 136

# ВЛИЯНИЕ КОРМОВЫХ МИКОТОКСИКОЗОВ НА ФОНЕ НАРУШЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО ОБМЕНА НА СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНОВ, МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В МОЛОКЕ

**Гиро Татьяна Михайловна,**

д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова»

**Попова Ольга Михайловна,**

к.б.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова»

03.00.23

girotm@sgau.ru

**Аннотация.** С целью изучения влияния нарушения минерального обмена на показатели качества молока и их коррекцию, проведена комплексная оценка витаминов, микро- и макроэлементов, внесением в рацион коров комплекса из антиоксиданта Полисорб ВП, полиминеральных подкормок ПМП-2 и Руменосан, которые при кормовых микотоксикозах на фоне нарушенного минерального обмена способствуют восполнению в молоке баланса основных жирно- и водорастворимых витаминов и макро- и микроэлементов.

**Ключевые слова:** кормовые микотоксикозы, нарушение минерального обмена, обогащение кормовых рационов, антиоксиданты Полисорб ВП, полиминеральные подкормки из ПМП-2 и Руменосана, биохимические показатели молока.

## EFFECT OF FOOD ON THE BACKGROUND OF MYCOTOXICOSIS DISTURBED MINERAL METABOLISM IN THE CONTENT OF VITAMINS, MACRO- AND MICROELEMENTS IN MILK

**Giro Tatiana Mihailovna**

Doctor of Technical Sciences, Professor, FGBOU VPO «Saratov State Agrarian University named. N. Vavilov»

**Popova Olga Mihailovna**

Ph.D. of biological Sciences, Associate Professor, FGBOU VPO «Saratov State Agrarian University named. N. Vavilov»

**Abstract.** In order to study the effect of disturbances of mineral metabolism in the quality of milk and their correction, carried out a comprehensive assessment of vitamins and micro-and macro-elements, making the diet of cows, a complex of antioxidant Polysorb VI multiminerall fertilizing PMP-2 and Rumenosan that when feeding on a background of impaired mycotoxicosis mineral metabolism contribute to filling in the milk fat balance of principal- and water-soluble vitamins, and macro-and micronutrients.

**Keywords:** fodder mycotoxicoses, impaired mineral metabolism, enrichment of feed rations, antioxidants Polysorb VI polymineral feeding of PMP-2 and Rumenosana, biochemical characteristics of milk.

**К**ормовые микотоксикозы наносят значительный экономический ущерб животноводству, который определяется высокой летальностью, вынужденным убоем животных, существенным снижением продуктивности, нарушением воспроизводства, затратами на проведение лечебных и профилактических мероприятий, выбраковкой пораженных кормов и продуктов животноводства, в которых обнаружены микоток-

сины [1]. Для обеспечения нормальной жизнедеятельности животных и стабилизации их высокой продуктивности в течение длительного периода времени необходимы сбалансированные рационы по основным макро- и микроэлементам [2].

Главной целью содержания коров является обеспечение человека ценным продуктом питания от качества которых зависит здоровье человека. Учеными Саратовского государственного аграр-

ного университета им. Н.И. Вавилова проведены исследования влияния кормовых микотоксикозов на фоне нарушенного минерального обмена на динамику изменения содержания витаминов и микро- и макроэлементов в молоке коров, установлены возможности их коррекции [3].

Для обогащения кормовых рационов животных использовали комплекс из антиоксиданта Полисорб ВП, полиминеральных подкормок ПМП-2 и Руменосан. Был изучен витаминный и минеральный состав молока при кормовых микотоксикозах и его изменение при обогащении кормов комплексами полиминеральных подкормок.

В производственных опытах было использовано 60 голов коров 3-5 лактации, по 12 голов в каждой группе. Опыты проводились в зимне-весенний период. Животные 1-ой группы были здоровые (контроль). Коровы 2-5-ой групп - опытные (кормовые микотоксикозы на фоне нарушенного минерального обмена). Животные 1 и 2 -ой групп содержались в одинаковых условиях кормления и содержания с коровами опытных групп и никакие дополнительные манипуляции с ними не проводились. Коровам 3-ей группы 1 раз в день, ежедневно в течение 10 дней, задавали антиоксидант Полисорб ВП в дозе 300 мг/кг, в виде водной взвеси, разливая по поилкам. Затем делали перерыв на 30 дней и курс повторяли еще один раз. Животных 4-ой группы 1 раз в день, ежедневно в течение 30 дней, скармливали полиминеральной подкормкой ПМП-2 в дозе 200 г/гол. и выпаивали с водой полиминеральную подкормку Руменосан в дозе 250 мл/гол. В рацион коров 5-ой группы вносили комплекс из антиоксиданта Полисорб ВП и полиминеральных подкормок ПМП-2 и Руменосан в тех же дозах, что в 3 и 4-ой группах. Выбор полиминеральных подкормок осуществлялся с учетом нарушенного минерального баланса в организме коров.

До начала опытов (фон), а затем через 15, 30, 45 и 75 дней от начала опытов проводились взятие молока для биохимических исследований.

За период исследований содержание витамина А в молоке коров 1 контрольной группы колебалось на уровне от 0,27 до 0,36 мг/кг. Фоновое значение витамина А в молоке животных 2-5 опытных групп было понижено в 1,55 – 1,64 раза (на 0,1 – 0,11 мг/кг) [4].

Описываемый показатель в молоке животных 2 группы имел тенденцию к дальнейшему снижению и уступал фоновому и контрольному показателям к 15, 30, 45 и 75 дням опыта в 1,12 и 2,0 раза (на 0,02 и 0,16 мг/кг), в 1,28 и 1,85 раза (на 0,04 и 0,12 мг/кг), в 1,5 и 2,8 раза (на 0,06 и 0,22 мг/кг) и в 2,0 и 3,0 раза (на 0,09 и 0,18 мг/кг).

Содержание ретинола в молоке коров 3, 4 и 5 групп, по срокам исследований, имело тенденцию к повышению. Уровень витамина А в молоке животных 3 группы увеличился по сравнению с фоновым показателем к 15, 30, 45 и 75 дням, соответственно, в 1,05, в 1,17, в 1,29 и 1,17 раза (на 0,01, на 0,03, на 0,05 и 0,03 мг/кг), но не достигал контрольных значений. Показатель уровня витамина А в молоке коров 4 группы увеличился, по сравнению с первоначальным фоновым значением, к 15, 30, 45 и 75 дням исследований в 1,27 раза (на 0,05 мг/кг), в 1,38 раза (на 0,07 мг/кг), 1,33 раза (на 0,06 мг/кг) и в 1,27 раза (на 0,05 мг/кг), но уступил контрольным цифрам на эти сроки исследований соответственно, в 1,39, в 1,04, в 1,41, и 1,17 раза (на 0,09, на 0,01, на 0,1 и 0,04 мг/кг).

Максимальное увеличение содержания витамина А регистрировалось в молоке коров 5 группы. Здесь описываемый показатель превысил первоначальный уровень к 15, 30, 45 и 75 дням опыта в 1,52 раза (на 0,09 мг/кг), в 1,76 раза (на 0,13 мг/кг), в 1,88 раза (на 0,15 мг/кг) и в 1,82 раза (на 0,14 мг/кг), что соответствует физиологическим параметрам.

Данные по изучению динамики изменения содержания в молоке коров жирорастворимых витаминов Д и Е представлены на рисунке 1.

Результаты исследования динамики изменения содержания в молоке коров витаминов С и В<sub>1</sub> представлены на рисунке 2.

Уровень рибофлавина (витамина В<sub>2</sub>) в молоке коров 1 контрольной группы колебался в пределах от 1,6 до 1,9 мг/кг. Его значение в молоке животных 2–5 групп к началу опытов было ниже, чем в контроле в 1,72 – 1,9 раза (на 0,8–0,9 мг/кг).

Содержание рибофлавина в молоке животных 2 группы понижалось по срокам опыта и уступало фоновому показателю на 15, 30, 45 и 75 дни опыта в 1,11 раза (на 0,1 мг/кг), в 1,42 раза (на 0,2 мг/кг), в 1,66 раза (на 0,4 мг/кг) и в 2,0 раза (на 0,5 мг/кг), уступая контролю на эти сроки опыта, в 1,77,

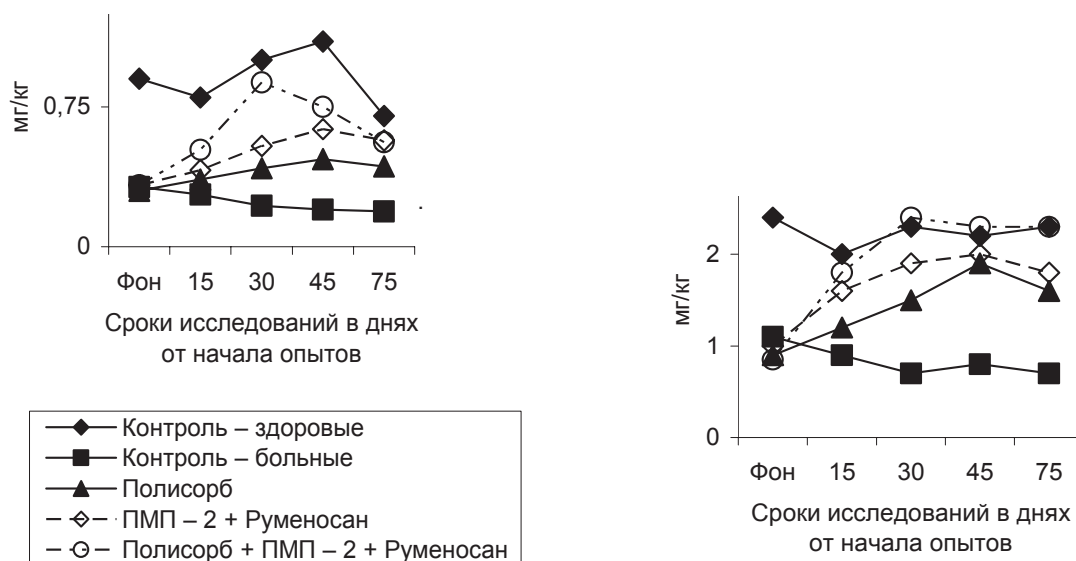


Рис. 1. Динамика изменения содержания в молоке коров жирорастворимых витаминов Д (а) и Е (б) по вариантам опыта.

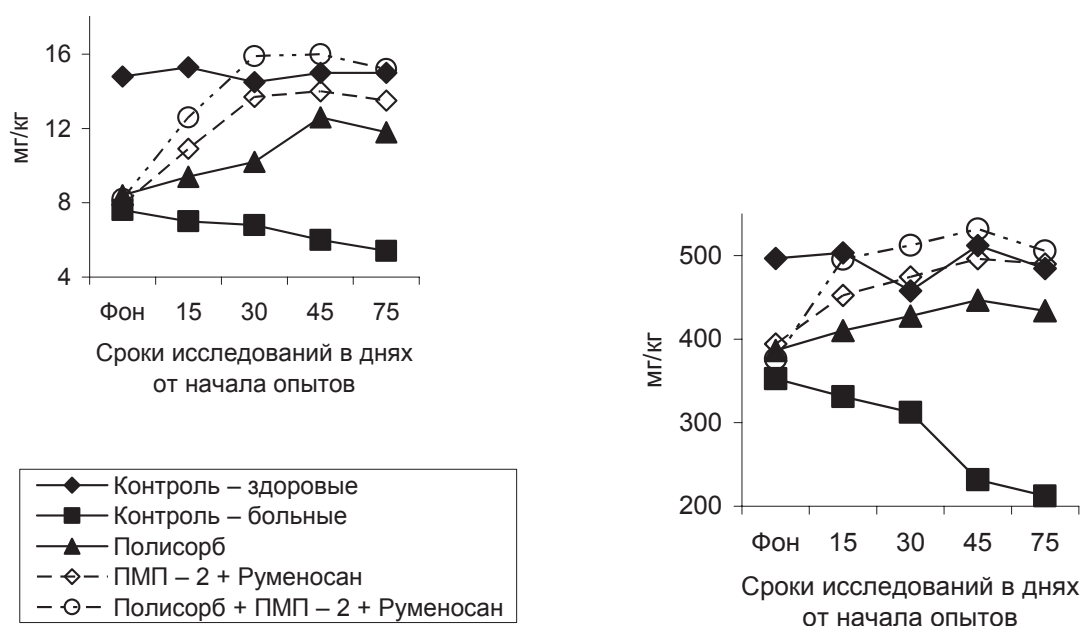


Рис. 2. Динамика изменения содержания в молоке коров витаминов С (а) и В1 (б) по вариантам опыта.

в 2,57, в 2,83 и 3,6 раза (на 0,7, на 1,1, на 1,1 и 1,3 мг/кг).

Уровень рибофлавина в молоке коров 3 – 5 групп имел тенденцию к повышению по срокам исследований. Содержание рибофлавина в молоке коров 3 групп увеличилось по сравнению с фоно-

вым уровнем к 15, 30, 45 и 75 дням опыта в 1,09, в 1,27, в 1,18 и 1,09 раза (на 0,1, на 0,3, на 0,2 и 0,1 мг/кг), но уступало контролю на эти сроки исследований, в 1,33, в 1,28, в 1,3 и 1,5 раза (на 0,4, на 0,4, на 0,4 и 0,6 мг/кг). Показатель рибофлавина в молоке коров 4 группы повысился, по сравне-

нию с его фоновым уровнем, к 15, 30, 45 и 75 дням опыта в 1,52 раза (на 0,55 мг/кг), в 1,42 раза (на 0,45 мг/кг), в 1,33 раза (на 0,35 мг/кг) и в 1,23 раза (на 0,25 мг/кг). Однако, содержание витамина В<sub>2</sub> в молоке коров 4 группы во все сроки исследований также уступало его уровню в контроле.

Значительное повышение содержания витамина В<sub>2</sub> наблюдалось в молоке коров 5 группы. Здесь описываемый показатель превысил фоновый уровень на 15, 30 дни исследований в 1,8 раза (на 0,8 мг/кг), в 2,1 раза (на 1,1 мг/кг), на 45 и 75 дни – в 2,0 раза (на 1,0 мг/кг), превышая контрольный уровень на эти же сроки опыта, соответственно, в 1,12 раза (на 0,2 мг/кг), в 1,16 раза (на 0,3 мг/кг), в 1,17 раза (на 0,3 мг/кг) и 1,11 раза (на 0,2 мг/кг).

Содержание витамина В<sub>3</sub> в молоке животных 1 контрольной группы колебалось на уровне от 2,4 до 2,8 мг/кг. Его уровень в молоке коров 2- 5 групп, к началу опытов, был снижен в 1,27- 1,55 раза (на 1,0- 0,6 мг/кг).

В молоке коров 2 группы в процессе опыта отмечалось дальнейшее снижение уровня витамина В<sub>3</sub>: к 15, 30, 45 и 75 дням опыта в 1,18 раза (на 0,3 мг/кг), в 1,35 раза (на 0,5 мг/кг), в 1,72 раза (на 0,8 мг/кг) и 2,71 раза (на 1,2 мг/кг).

Уровень пантотеновой кислоты в молоке животных 3, 4 и 5 групп в процессе опыта повышался и достиг максимального значения у животных 5 группы, где он превысил фоновое значение к 15, 30, 45 и 75 дням опыта в 1,55 раза (на 1,0 мг/кг), в 1,5 раза (на 0,9 мг/кг), в 1,44 раза (на 0,8 мг/кг) и в 1,38 раза (на 0,7 мг/кг). При этом содержание пантотеновой кислоты в молоке коров 5 группы с 30 дня опыта находилось в пределах физиологических норм.

Пиридоксин в свободном состоянии в молоке коров 1 контрольной группы составил 1,7-2,0 мг/кг. Его содержание в молоке животных 2-5 групп было понижено в 1,35-1,72 раза (на 0,5- 0,8 мг/кг).

Уровень свободного пиридоксина в молоке животных 2 группы прогрессивно понижался по срокам опыта и уступал фоновому и контрольному показателям к 15, 30, 45 и 75 дням в 1,33 и 2,0 раза (на 0,3 и 0,9 мг/кг), в 2,0 и 3,33 раза (на 0,6 и 1,4 мг/кг), в 1,71 и 2,42 раза (на 0,5 и 1,0 мг/кг) и в 2,4 и 3,8 раза (на 0,7 и 1,4 мг/кг). Содержание витамина В<sub>6</sub> в молоке коров 3, 4 и 5 групп имело тенденцию к повышению. В 3 группе он превысил

фоновый показатель на 15, 30, 45 и 75 дни опыта в 1,14, в 1,28, в 1,21 и 1,07 раза (на 0,2, на 0,4, на 0,3 и 0,1 мг/кг), но уступал контрольным цифрам. Содержание пиридоксина в молоке коров 4 группы повысилось к 15, 30, 45 и 75 дням исследований в 1,46 раза (на 0,6 мг/кг), в 1,96 раза (на 0,9 мг/кг), в 1,46 раз (на 0,6 мг/кг) и в 1,3 раза (на 0,4 мг/кг). При этом уровень свободного витамина В<sub>6</sub> в молоке коров 4 группы соответствовал контролю, уступая ему незначительно лишь к 75 дню – в 1,11 раза (на 0,2 мг/кг).

Самый высокий уровень свободного пиридоксина отмечался в молоке коров 5 группы. Он превышал к 15, 30, 45 и 75 дням опыта фоновый и контрольный показатели в 1,9 и 1,16 раза (на 1,0 и 0,3 мг/кг), в 2,09 и 1,15 раза (на 1,2 и 0,3 мг/кг), в 2,0 и 1,29 раза (на 1,1 и 0,5 мг/кг) и в 1,81 и 1,05 раза (на 0,9 и 0,1 мг/кг).

Пиридоксин в связанном с белками состоянии в молоке коров 1 контрольной группы, за период опытов, выделялся в пределах от 0,5 до 0,7 мг/кг. Его значение в молоке животных 2- 5 групп, к началу опытов было ниже, чем в контроле в 1,75- 2,33 раза (на 0,3- 0,4 мг/кг).

Связанный с белками пиридоксин в молоке коров 2 группы продолжал понижаться и к 15, 30, 45 и 75 дням исследований был ниже фонового и контрольного уровня в 2,0 и 2,5 раза (на 0,2 и 0,3 мг/кг), в 4,0 и 6,0 раз (на 0,3 и 0,5 мг/кг), в 8,0 и 14,0 раз (на 0,35 и 0,65 мг/кг) и в 8,0 и 10,0 раз (на 0,35 и 0,45 мг/кг).

В молоке коров 3, 4 и 5 групп наблюдалось повышение уровня связанного пиридоксина. Максимального значения описываемый показатель достиг в молоке животных 5 группы. Здесь описываемый показатель к 15, 30, 45 и 75 дням опыта был выше фонового значения в 2,6 раза (на 0,48 мг/кг), в 3,9 раза (на 0,58 мг/кг), в 1,77 раза (на 0,34 мг/кг), в 1,23 раза (на 0,15 мг/кг). Самое высокое значение связанного пиридоксина в молоке коров 5 группы, регистрируемое к 45 дню опыта, превысило фоновый показатель в 3,1 раза (на 0,63 мг/кг), контрольный – в 1,32 раза (на 0,23 мг/кг), показатели животных 2, 3 и 4 групп в 18,6 раза (на 0,88 мг/кг), в 1,34 раза (на 0,24 мг/кг) и в 1,19 раза (на 0,15 мг/кг).

Данные по исследованию динамики изменения содержания в молоке коров витаминов В<sub>12</sub> и РР представлены на рисунке 3.

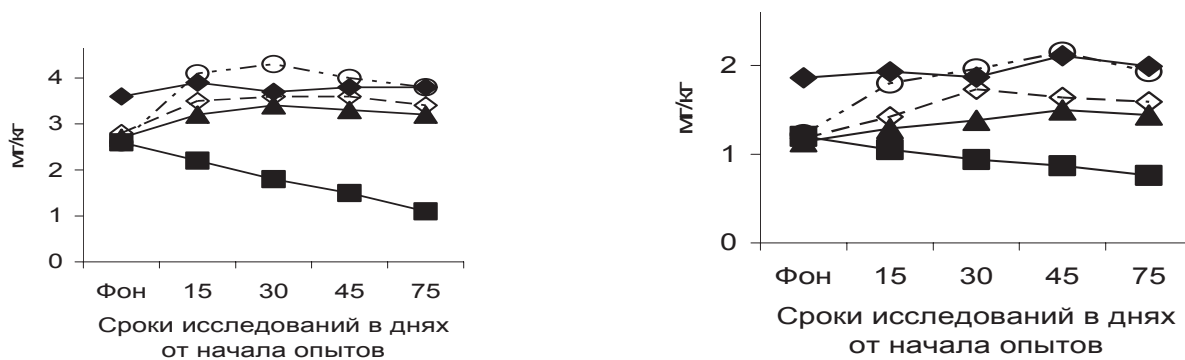


Рис. 3. Динамика содержания в молоке коров витаминов B12 (а) и PP (б) по вариантам опыта

Кормовые микотоксикозы на фоне нарушенного минерального обмена сопровождаются дальнейшими, глубокими последовательными нарушениями минерального баланса в организме животных. Они проявляются снижением уровня основных макро- и микроэлементов не только в организме у животных, но и значительным снижением их уровня в молоке коров. Проведение антиоксидантной терапии внесением в рацион животных препарата Полисорб ВП и полиминеральных подкормок ПМП-2 и Руменосан, подобранных с учетом нарушенного баланса макро- и микроэлементов в организме коров, способствовало восстановлению показателей минерального обмена до нижней границы их физиологического уровня, как в сыворотке крови, так и в молоке, полученном от этих животных.

Комплексная терапия коров, при кормовых микотоксикозах на фоне нарушенного минерального обмена, антиоксидантом Полисорб ВП, полиминеральными подкормками ПМП-2 и Руменосан, способствует улучшению и стабилизации биологических показателей качества молока.

С целью профилактики и лечения кормовых микотоксикозов на фоне нарушенного минерального обмена у коров, в зимний период, для восстановления иммунного статуса, биохимических реакций организма, баланса макро-и микроэлементов, колонизационной резистентности кишечника, биохимических показателей качества молока, целесообразно вносить в рационы животных комплекс из антиоксиданта Полисорб ВП, полиминеральных подкормок ПМП-2 и Руменосан.

#### Список литературы:

1. Поиск препаратов для обезвреживания кормов от микотоксинов. / М.Я. Тремасов, А.И. Сергейчев, В.Ю. Титова и др. // Конференция ветеринарных фармакологов и токсикологов, посвященная 125 летию Н.А. Сохрественского. - Казань, 2001.-С.101-104.
2. Сапего, В.И. Профилактика нарушения обмена веществ у телят микроэлементами / В.И. Сапего, С.И. Плященко, Е.В. Берник, Е.Н. Ляхов // Ветеринария. – 2005. - №3. – С. 46-48.
3. Мухина, И.В. Эффективность использования минеральной добавки в рационах коров /И.В Мухина, А.В Смирнова // Современные проблемы животноводства. Материалы Международной научной конференции, посвященной 70-летию образования зооинженерного факультета. – Казань, 2000.-С. 290.
4. Попова О.М. Витамины в молоке при минеральной недостаточности у коров / О.М. Попова // Достижения молодых ученых – аграрному производству. Материалы республиканской научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов. Уфа – 2004г. С. 78.

## ПАПИЛЛОМАВИРУСНАЯ ИНФЕКЦИЯ У ПАЦИЕНТОК С ЭКТОПИЕЙ ШЕЙКИ МАТКИ

**Мелехова Наталья Юрьевна**, профессор, д.м.н.  
**Иванян Александр Николаевич**, профессор, д.м.н.  
**Овсянкина Наталья Леонидовна**, врач акушер-гинеколог  
**Чернякова Анна Леонидовна**, врач акушер-гинеколог  
кафедра акушерства и гинекологии ФПК и ППС ГОУ ВПО  
Смоленская государственная медицинская академия  
14.00.01  
alexey.ovsyankin.95@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены данные обследования 173 пациенток с эктопией шейки матки. Проводились кольпоскопическое, цитологическое, молекулярно-биологическое исследования, констатировалось наличие инфицирования онкогенными типами вируса папилломы человека, установление типа вируса, его количественная нагрузка и качественное определение онкопротеина E7, что связывалось с возможным высоким онкологическим потенциалом. Установлено, что основным инфекционным агентом, препятствующим нормальному течению физиологической эктопии шейки матки, является вирус папилломы человека, преимущественно 18 типа, в количествах превышающих клинически значимые цифры, а так же наличие онкопротеина E7 в цервикальных пробах.

Таким образом, установлен онкологический потенциал ВПЧ инфицированной эктопии шейки матки и предложен алгоритм ведения пациенток с данной патологией.

**Ключевые слова:** Папилломавирусная инфекция (ПВИ); плоскоклеточные интраэпителиальные поражения (ПИП); цервикальная интраэпителиальная неоплазия (ЦИН); вирус папилломы человека (ВПЧ); полимеразная цепная реакция (ПЦР).

## PAPILLOMAVIRUS INFECTION IN PATIENTS WITH CERVICAL UTERUS ECTOPIA

**Melekhova Natalia Uryevna** (professor, M.D.)  
**Ivanyan Alexander Nicolaevich** (professor, M.D.)  
**Ovsyankina Natalia Leonidovna** (doctor obstetrician-gynecologist),  
**Chernyakova Anna Leonidovna** (doctor obstetrician-gynecologist)  
Obstetrics and Gynecology Department of Advanced Training and Professional Retraining of Specialists Faculty,  
Smolensk State Medical Academy

**Abstract.** In this article we cite data of 173 patients with cervix of the uterus ectopias examinations. Colposcopy, cytological, molecular-biological researches were carried out as well as quantitative virus load and oncological protein E 7 testing. It was established that the main infectious agent which interfere with the normal course of cervix of the uterus physiological ectopia is human papilloma virus in quantities exceeding clinical significant figures and occurrence of oncological protein E7 in cervical tests.

Hereby oncological potential of HPV- infected ectopias was established and the treatment algorithm of patients with this pathology was suggested.

**Keywords:** papilloma viral infection (PVI), planocellular intraepithelial affections (PIA), cervical intraepithelial neoplasia (CIN), human papilloma virus (HPV), polymerase chain reaction (PCR).

### Введение

Последние годы ведется активная дискуссия о тактике ведения пациенток с эктопией шейки матки. Рядом отечественных исследователей эктопия шейки матки позиционируется как состояние гистофизиологической нормы, с чем нельзя не со-

гласиться [1]. Разнообразие клинических картин, размеров и особенностей течения данных состояний вызывают интерес большого числа клиницистов [1, 5].

Достаточно давно определена этиологическая роль вируса папилломы человека высокого канцерогенного риска в развитии плоскоклеточного рака шейки матки, влага-



лица и вульвы. Доминирует в этом процессе 16 тип ВПЧ [4, 5, 6, 11]. Однако в последнее время появились данные о развитии аденокарциномы шейки матки на фоне персистирующей папилломавирусной инфекции, где основная роль отводится ВПЧ 18 типа [7, 10, 11, 15]. Учитывая сходное гистологическое строение железистого эпителия цервикального канала шейки матки и эктопии, можно предположить и возможный этиологический потенциал ВПЧ-инфицированной эктопии [9, 12, 15]. По данным ряда авторов факторами, инициирующими нарушение процессов метаплазии, являются иммунологические, гормональные (гиперэстрогения), инфекционные агенты, сексуально-трансмиссивные заболевания в частности [1, 2]. Описаны особенности состояния эктопии при хламидийной, микоплазменной и герпетической инфекциях. Общеизвестным является факт высокого канцерогенного потенциала вируса папилломы человека [5, 6, 11, 12, 13, 14]. По данным В.П.Козаченко (2009г) определена роль 18 и 45 типов вируса папилломы человека в канцерогенезе железистого эпителия. По данным литературы установлено, что только интегрированная форма вируса папилломы человека, продуцирующая онкопротеины Е6 и Е7 является предшественником онкологического процесса на шейке матки [4, 11, 15, 18]. Но все эти данные приведены, в основном для плоскоклеточных интраэпителиальных поражений и нигде в литературе не указано на патогенез предрака и рака железистого эпителия. Мы посчитали целесообразным соотнести особенности течения эктопии с типами вируса, количественной вирусной нагрузкой и другими данными исследования с целью определить онкологический потенциал этой патологии [3, 9, 10, 13, 17].

Целью нашего исследования явилось изучение влияния инфицирования шейки матки вирусом папилломы человека на течение физиологической эктопии.

## Материалы и методы исследования

Для решения поставленных задач нами проведено обследование 173 пациенток с кольпоскопически констатируемой эктопией шейки матки. Все пациентки были обследованы на наличие других патологических состояний женской репродуктивной сферы: гормональных нарушений, опухолевых заболеваний. Из исследования были исключены женщины с нарушением менструального цикла, изменениями в гормональном статусе, миомой матки, опухолевыми образованиями яичников и патологией молочной железы. В зависимости от распространенности, размеров и признаков плоскоклеточной метаплазии пациентки были разделены на 2 группы: 1-ую группу составили 100 (57,8%) женщин с эктопией шейки матки больших и средних размеров без признаков нормальной эпидермизации, во 2-ую группу вошли 73 (42,2%) пациентки, у которых эктопия находилась в стадии выраженной эпидермизации.

Пациенткам проводилось кольпоскопическое, цитологическое, морфологическое исследования, тестирование методом ПЦР на 7 основных сексуально-трансмиссивных заболеваний, определение вирусной нагрузки методом гибридного захвата (Hybrid Capture), уточнение количественной вирусной нагрузки по основным типам ВПЧ методом ПЦР Real team и качественное определение онкопротеина Е7, являющегося маркером интегрированной формы папилломавирусной инфекции по 16 и 18 типам вируса на экспериментальных тест системах предоставленных нам ЦНИИ Эпидемиологии МЗ РФ. В качестве терапевтических методов использовалась лазерная эксцизия, в послеоперационном периоде применялся препарат ПАНАВИР в виде 0,004% раствора внутривенно, по 5,0 мл с перерывом 24-72 часа. Исследование на ИППП, ПЦР, количественное определение вирусной нагрузки и Hybrid Capture проводилось по договору в аккредитованной лабораторией ООО «ДиаЛаб Плюс».

Относительные единицы по каждому типу вируса папилломы человека Hybrid Capture, получены путем пересчета. Исследование ПЦР Real time проводилась с помощью амплификаторов фирм «Био-Рад» и «Эббот» с применением тест-систем «Амплисенс FRT ВПЧ ВКР скрининг» и «Био-Рад». Качественное определение онкопротеина E7 проводилось методом НАСБА технология которой используется в тесте PreTect HPV-Proofer (NorChip), основанном на амплификации РНК и предназначенном для выявления мРНК пяти онкогенных типов ВПЧ [16, 18]. Все полученные данные обрабатывались методами вариационной статистики. Среднюю статистическую величину  $M$ , среднее квадратичное отклонение, ошибку средней  $m$  вычисляли с помощью компьютерной программы Epi info, версия 6,0. Достоверность отличий оценивали методами вариационной статистики с использованием критериев Фишера и Стьюдента. Все лечебно-диагностические мероприятия проводились на базе ООО «Медицинский центр ГИНЕЯ» г. Смоленск. Все инвазивные манипуляции проводились с письменного информированного согласия пациенток.

### Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки особенностей течения и определения инициирующих факторов проводилось изучение анамнеза заболевания, особенностей менструальной и репродуктивной функции.

Средний возраст пациенток составил  $21,2 \pm 0,2$  года. Учитывая относительно молодой возраст данной группы, основная масса наших больных не успела реализовать свою репродуктивную функцию. Особенности менструальной функции не отличались от таковых в популяции. Обращало на себя внимание большое число половых партнеров  $3,4 \pm 0,1$  на одну пациентку и ранний возраст начала половой жизни  $16,7 \pm 0,2$  года. Из используемых методов контрацепции для данной группы пациенток характерно отсутствие таковой у 45,2%. Из применяемых эффективных методов конт-

рацепции использовалась оральная (18,4%) и внутриматочная (11%). Остальные пациентки (25,6%) применяли барьерную контрацепцию.

При анализе выявленных сексуально-трансмиссивных заболеваний у пациенток с эктопией шейки матки чаще всего встречалась хламидийная, микоплазменная инфекции и генитальный герпес, что подтверждает наше предположение о наличии у пациенток с осложненной эктопией факторов риска, идентичных факторам риска развития ПИП. Сравнение проводилось со статистическими среднепопуляционными данными.

Выявляемость сексуально-трансмиссивных заболеваний среди пациенток с эктопией шейки матки по некоторым нозологическим формам выше, чем среди пациенток без патологии шейки матки и незначительно ниже по сравнению с больными с папилломавирусными поражениями шейки матки.

Основным методом для выявления эктопии шейки матки нами был избран кольпоскопический в виду его высокой информативности и практической доступности. Для исследования были отобраны пациентки, имевшие на шейке эктопию - цилиндрический эпителий с признаками начальной плоскоклеточной метаплазией и незавершенной метаплазией.

В зависимости от степени выраженности пролиферативных процессов все больные были разделены на две репрезентативные группы: 1-ю группу составили 100 (57,8%) женщин с эктопией шейки матки больших и средних размеров без признаков нормальной эпидермизации, во 2-ю группу вошли 73 (42,2%) пациентки, у которых эктопия находилась в стадии выраженной эпидермизации. В дальнейшем при тестировании на ВПЧ высокого канцерогенного риска методом «гибридной ловушки», из 2-х групп положительными оказались 111 (64,2%) женщин: 85 (85%) женщин 1-ой группы и 26 (35,6%) пациенток 2-ой группы. При проведении расширенной кольпоскопии у всех пациенток визуализировался цилиндрический эпителий в различной степени плоскоклеточной метаплазии, но чаще с не резко выраженными признаками и элементами трансформации, что

Таблица 1

## Определение типов ВПЧ

Тип ВПЧ	Количество пациенток n=111		Средний абс. результат копий/обр.	Результат в условных единицах (Hybrid Capture усл. единиц)
	абс.	%		
6	6	5,4	-	-
11	7	6,3	-	-
16	18	16,2	10 <sup>6</sup> ±	274
16, 31, 33, 35, 52, 58	27	24,3	10 <sup>6</sup> ±	362
18	11	9,9	10 <sup>8</sup> ±	381
18, 39, 45, 59	35	31,5	10 <sup>8</sup> ±	216
51, 56, 68	7	6,3	10 <sup>6</sup> ±	200

является гистофизиологической нормой по международной классификации кольпоскопических результатов (2003 г.) и относится к нормальным кольпоскопическим результатам. Однако в 1-й группе пациенток достоверно чаще (23%), чем во 2-й (13,6%) встречались, так называемые, «неблагоприятные» признаки эпидермизации желез (открытые протоки с кератинизацией). На сегодняшний день, нигде в кольпоскопических классификациях нет указаний на атипию желез.

При обследовании наших больных с применением цитологического исследования полученные результаты были ожидаемы. При градации их по различным цитологическим результатам основное число пациенток из 1-ой группы имели 1 класс мазка по Папаниколу. У каждой 3-ей имелся 2 тип мазка, и только 7% заключений имели 3 класс мазка. Для 2-ой группы характерно преобладание 1 типа мазка по Папаниколу, что обусловлено физиологическим течением процесса.

Особого интереса, по нашему мнению заслуживает тестирование пациенток на ДНК вируса папилломы человека высокого канцерогенного риска. В 1-й группе положительными на ДНК ВПЧ оказались 85 (85%) пациенток, во 2-й группе - 26 (34,2%). При определении косвенной вирусной нагрузки по ВПЧ методом «гибридной ловушки» положительными в 1-ой группе оказались 35 (41, 2%) пациенток, причем вирусная нагрузка составила в сред-

нем 398,2±34,1 относительных единиц (1 единица соответствует RLU 100000 копий /мл, для впервые выявленных случаев 1 единица говорит о значимой вирусной нагрузке). Во 2-й группе положительными было всего 2 (7,7%) пациентки, что составило 7,7% от ВПЧ положительных женщин, и средняя нагрузка составляла 23,4±7,1 относительных единиц. При типировании на 11 типов ВПЧ нами установлено, превалирующим являлся вирус папилломы 18 и 45 типов, что не противоречит данным В.П. Козаченко (2008г). Учитывая невозможность определения вирусной нагрузки по каждому из этих типов конкретно нами были применены тесты расширенного ВПЧ скрининга, предложенные компанией «ДиаЛаб Плюс» (15+кмв), представленные в таблице 1.

Как видно из данных таблицы это может подтвердить предположение о том, что 18 и 45 типы вируса папилломы человека имеют наибольшее этиологическое значение в развитии железистого рака шейки матки. Для определения дальнейшей тактики ведения больных мы посчитали целесообразным продолжить обследование на наличие онкопротеина E7, являющегося маркером интегрированной формы папилломавирусной инфекции. В ходе нашего исследования было установлено, что замедленные процессы метаплазии могут быть обусловлены высоким количеством вируса папилломы человека. Но количественные пока-

затели только косвенно указывают на онкологический потенциал процесса. Общеизвестно, что при интегрированных формах ВПЧ в цервикальных пробах определяется онкопротеин E7. Они могут выявляться методом иммуногистохимии (Polyar probe) в морфологическом и цитологическом материале. В своем исследовании для выявления онкопротеина E7 мы использовали молекулярно-биологический метод диагностики НАСБА, предложенный ЦНИИ Эпидемиологии МЗ РФ. При тестировании на онкопротеин E7 цервикальных проб пациенток 1-ой и 2-ой групп нами установлено, что наибольшая вирусная нагрузка и экспрессия онкопротеина E7 наблюдалась у 12% пациенток 1 группы и 14,1% у ВПЧ инфицированных женщин из этой же группы. Во 2-ой группе качественный тест на онкопротеин E7 был только у 1(1,4%) пациентки, у нее же была максимальная вирусная нагрузка.

После получения информированного согласия 12 (12%) пациенткам 1-ой группы и 1 (1,4%) пациентке 2-ой проводилась морфологическая диагностика - забор биопсии. Результаты морфологического исследования были различными, но преобладало заключение железистый эндометриоз (69,3%). Полученные нами данные позволяют усомниться в ценности морфологической диагностики при определении онкологического потенциала ВПЧ инфицированного железистого эпителия. Так как ни в одной современной классификации нет понятия «предрака», предшествующего аденокарциноме шейки матки, как цервикальная интраэпителиальная неоплазия предшествует плоскоклеточному неороговевающему раку шейки матки, поэтому, учитывая высокий онкологический потенциал эктопии шейки матки в сочетании с папилломавирусной инфекцией с клинически значимыми цифрами вирусной нагрузки и положительным тестом на онкопротеин, мы посчитали правомочным предложить этим женщинам проведение деструктивной терапии.

Деструктивному лечению (лазерная эксцизия) подверглись 12 (12%) пациенток 1-ой группы и 1 (1,4%) из 2-й. В послеоперационном пе-

риод проводилась системная противовирусная терапия отечественным препаратом широкого спектра действия 0,004% раствор Панавира по 5,0 мл с перерывом 24-72 часа всего 5 инъекций и местным назначением вагинальных свечей «Генферон» 500 ЕД, ежедневно на 10 дней. Повторный осмотр и определение вирусной нагрузки у пациенток, подвергнутых деструктивному лечению, проводились через 6 недель. При проведении расширенной кольпоскопии, отмечено полное или частичное исчезновение цилиндрического эпителия. Повторное определение вирусной нагрузки проводилось через 1 месяц после окончания лечения. Нами констатировано, что в группе пациенток, после комплексной терапии отмечено достоверное снижение вирусной нагрузки в среднем с  $398,2 \pm$  относительных единиц до  $176,2 \pm$  относительных единиц ( $p < 0,05$ ), а исчезновение качественных проб на онкопротеин E7 имело место у 10 (76,9%) пациенток.

### Выводы

1. Пациентки с эктопией шейки матки, инфицированной вирусом папилломы человека, имеют те же факторы риска развития онкологического процесса, что и пациентки с цервикальной интраэпителиальной неоплазией.
2. Эктопию шейки матки чаще инфицируют вирусы папилломы человека высокого онкологического риска, с преобладанием 18 типа.
3. Основным маркером предракового процесса цилиндрического эпителия (аденокарциномы) у пациенток с эктопией шейки матки является наличие ВПЧ с высокими цифрами вирусной нагрузки и экспрессией онкопротеина E7 в цервикальных пробах.
4. Проведению деструктивного лечения подлежат пациентки с эктопией шейки матки, инфицированной вирусом папилломы человека высокого канцерогенного риска с высокими цифрами вирусной нагрузки и наличием онкопротеина E7 - маркера интегрированной формы ВПЧ.

**Список литературы:**

1. Заболевания шейки матки, влагалища и вульвы (клинические лекции) / Под ред. проф. В.Н. Прилепской. – М.: 2-е изд.- М.: МЕДпресс, 2003. – 432 с.
2. Иванян А.Н., Мелехова Н.Ю., Шкредова И.Н., Калоева З.В. Оптимизация комплексной терапии патологии шейки матки, обусловленной вирусом папилломы человека // Гинекология. – 2003. – том 5. - №5. – с.28 – 29.
3. Куевда Д.А., Шипулина О.Ю., Минкина Г.Н. и др. Количественный подход в диагностике генитальной папилломавирусной инфекции // Сборник трудов 6-ой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Молекулярная диагностика – 2007» - Москва, 2007. – Том III - стр. 120-123.
4. Куевда Д.А. ВПЧ-тесты. Рекомендации, требования, возможности //Материалы VIII научно-практического семинара в помощь практикующим врачам: ” Новые алгоритмы диагностики заболеваний урогенитального тракта на основе последних разработок молекулярно-биологических методов: ПЦР в количественном формате, формате мультипрайм и технологии NASBA”. – М., 2009 г.
5. Мелехова Н.Ю. Папилломавирусные поражения шейки матки у пациенток различного возраста: Дисс...д-ра м. н.-М.-2005.-297 с.
6. Минкина Г.Н., Манухин И.Б., Франк Г.А. Предрак шейки матки. – М.: Аэрограф-медиа, 2001.- 112 с.
7. Роговская С.И. Папилломавирусная инфекция нижних отделов гениталий (клиника, диагностика и лечение) // Дисс. До-ра мед.наук. – М., - 2003. – 273 с.
8. Фролова И.И. Клинико–морфологические исследования дискератоза и неопластических изменений эктоцервикса при сопутствующей гинекологической патологии.// Автореф... дисс. к.м.н. М., - 2002.
9. Шипулин Г.А., Шипулина О.Ю. Разработка и апробация ПЦР-тестов для проведения скрининговых исследований на наличие папилломавирусной инфекции и предраковых заболеваний шейки матки г. Москвы, ФГУН «Центральный НИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва, 15 марта 2006.
10. Arbyn M, Dillner J, Schenk U et al. Chapter 3: Methods for screening and diagnosis. In: European Guidelines for Quality Assurance in Cervical Cancer Screening. - 2008. – P.69-152.
11. Barnard P. et al. The human papillomavirus E 7 oncoprotein abrogates signaling mediated by interferon-alfa // Virology. - 1999. – Vol. 259. - №2. – P. 305-313.
12. Berkhout R. J. M., Bouwes Bavinck J. N., ter Schegget J. Persistence of Human Papillomavirus DNA in Benign and (Pre)malignant Skin Lesions from Renal Transplant Recipients. J. Clin. Microbiol. 38: 2087-2096, 2000.
13. Bosch F. X., Lorincz A., Munoz N., Meijer C. J. L. M., Shah K. V. The causal relation between human papillomavirus and cervical cancer. J Clin Pathol 55: P.244-265, 2002.
14. Cubie H. A., Seagar A. L., Beattie G. J., Monaghan S., Williams. A longitudinal study of HPV detection and cervical pathology in HIV infected women. Sex Transm Infect 2000; 76: P.257-261.
15. Cuschieri K., Whitley M., Cubie H. Human papillomavirus type specific DNA and RNA persistence-implications for cervical disease progression and monitoring // J Med Virol. 2004 May; 73(1):65-70.
16. Denton KJ (2007). Liquid based cytology for cervical screening. In James Underwood. Massimo Pignatelli, eds. Recent advances in histopathology, 22pp. Royal Society of Medicine Press, London.
17. Gross G.E. & Barrasso R. Humman Papilloma Virus Infection. A Clinical Atlas.1997. Howley PM, Lowy DR(2007). Papilloma viruses. In DM Knipe and PM Howley, eds. Fields virology. 2<sup>nd</sup> edition, 2299-354.
18. Kraus I., Molden T., Holm R. et al. Presence of E6 and E7 mRNA from human papillomavirus types 16, 18, 31, 33, and 45 in the majority of cervical carcinomas // J Clin Microbiol. 2006 Apr;44(4):1310-1307.
19. Kyrgiou M, Koliopoulos G, Martin-Hirsch P, Arbyn M,Preddiville W, Paraskevaidis E(2006). Obstetric outcomes after conservative treatment for intraepithelial or early invasive cervical lesions: systematic review and meta-analysis. Lancet, 367:489-926.

## О КЛЮЧЕВЫХ РАЗЛИЧИЯХ ФАКТОРОВ И УСЛОВИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАТЕРИАЛЬНОГО И НЕМАТЕРИАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ США)

**Шарапова Оксана Сергеевна,**  
аспирант, МГУ им. М.В. Ломоносова  
25.00.24  
oxy13@yandex.ru

*Аннотация. В статье рассматривается проблема решения локационной задачи для промышленных предприятий и компаний сферы услуг с учетом особенностей их структуры издержек в постиндустриальную эпоху. Выделяются деловые факторы и условия размещения, играющие принципиально важную роль для ведения современной хозяйственной деятельности.*

**Ключевые слова:** факторы и условия размещения, структура издержек производства, постиндустриальная эпоха, сфера услуг.

## THE KEY DIFFERENCES BETWEEN THE LOCATION FACTORS OF THE TANGIBLE AND INTANGIBLE PRODUCTION (FOR EXAMPLE U.S.)

**Sharapova Oksana Sergeevna**  
Graduate student, Moscow Lomonosov State University

*Abstract. The article raises the location problem for industrial and service companies in post-industrial era. On the example of the U.S., the author defines the role of the business location factors for modern companies.*

**Keywords:** location factors, structure of production costs, post-industrial era, services sector.

**В**ведение. Одна из ключевых тем экономической географии – факторы и условия размещения производства (ФР и УР). Трансформация экономической и социальной сфер жизни общества в развитых странах мира, связанная с вступлением в постиндустриальную эпоху, потребовало внести коррективы в понимание сущности ФР и УР современных предприятий<sup>1</sup>. В статье используется подход А.П. Горкина и Л.В. Смирнягина к определению понятий ФР и УР: первые рассматриваются как свойства производства, отраженные в структуре производственных из-

держек, вторые как свойства территории, понимаемые в широком смысле, т.е. включая и свойства общественной ячейки, размещенной на этой территории. Этот подход был разработан почти 40 лет назад применительно к материальному производству. Имея в виду резкий рост нематериального производства<sup>2</sup> в структуре современной экономики, представляется целесообразным исследовать применимость этого подхода к сфере услуг, в которой пред-

---

<sup>1</sup> Под понятием «предприятие» в статье подразумевается: для материального производства – локализованный промышленный объект, для нематериального производства – офис фирмы услуг.

---

<sup>2</sup> В статье рассматриваются различия ФР и УР *материального* (в широком смысле) и *нематериального* производств, отраслевой состав которых в общем виде представлен в табл. 1. Очень близкие по смыслу, но не совпадающие по своему содержанию, понятия (промышленная сфера и сфера услуг, производственная и непроизводственная сферы, вторичный и третичный сектора экономики) в данной статье используются в качестве их полных синонимов.

приятия, как правило, кардинально отличаются по своей структуре издержек от промышленных компаний, а следовательно, и своими ФР и УР.

**Постановка проблемы.** В начале 1970-х гг. А.П. Горкин и Л.В. Смирнягин разделили эти два понятия: ФР – свойства данного производства (отрасли), которые определяют необходимость его экономической близости к различным условиям производства; УР – необходимые для данного производства, изменяющиеся от места к месту свойства элементов среды, выраженные через их экономическую оценку [1]. ФР промышленности достаточно четко отражены в структуре производственных издержек:

- материальный фактор – затраты на сырье и материалы;
- топливно-энергетический фактор – затраты на сырье и энергию;
- трудовой фактор – затраты на рабочую силу;
- фактор капиталовложений – затраты на основные фонды;
- рыночный фактор – затраты на доставку и перемещение готовой продукции;
- налоговый фактор – совокупность влияний, оказываемых государственной и местной политиками на размер прибыли (в основном, через налогообложение и систему дотаций и льгот).

Подчеркнем ещё раз, что концепция Горкина и Смирнягина, как и подавляющее большинство других работ по этой тематике, посвящена проблеме оптимизации размещения материального производства (прежде всего промышленного). Это объясняется индустриальным характером развития экономик стран мира вплоть до конца 70-х гг. прошлого века, когда и были созданы основные теории ФР и УР производства.

На рубеже 70-80-х гг. наиболее экономически развитые страны вступили в эпоху постиндустриального развития. Если в первой четверти XX в. в США занятость в сельском хозяйстве и промышленности составляла почти 50% от общей, то в настоящее время

– немногим более 10%, т.е. на долю нематериального производства (торговля, финансы, коммунальное хозяйство, строительство и т.д.) приходится более 80%. Аналогичные сдвиги произошли в структуре валового национального дохода страны [8].

А.П. Горкин, исследуя уровень постиндустриальности стран, справедливо отмечает, что третичный сектор<sup>3</sup> в странах разного типа имеет зачастую специфический облик (по своему отраслевому составу), однако рост его значения во всех без исключения странах мира – это объективный и неизбежный процесс[2].

Конечно, разные отрасли промышленности характеризуются большей или меньшей материалоемкостью, энергоемкостью, трудоемкостью или капиталоемкостью, но в целом для промышленности важны все эти статьи издержек, и поэтому при решении локационной задачи их учет необходим. Для отраслей нематериального производства, доминирующих в экономике развитых стран, свойственны особые структура и статьи издержек (факторообразующих элементов по концепции Горкина и Смирнягина), которые кардинально отличаются от структуры затрат промышленных предприятий. Нематериальное производство, в отличие от материального, характеризуется отсутствием такого важного фактора как сырьё, и его продукт не имеет вещественной формы. Из-за этих двух принципиальных отличий, в свою очередь, в корне меняется значимость транспортного фактора как коммуникации между производством продукции и её потреблением. Для географии сферы услуг фундаментальным аспектом становится передвижение потребителя к месту производства или принципиальное совпадение мест производства и потребления, что не характерно для материального производства. Снижение роли

<sup>3</sup> В третичный сектор (в соответствии с подходами ООН) включены: оптовая и розничная торговля, транспорт, коммунальное хозяйство, складское хозяйство, все виды информационных услуг, профессиональные и научно-технические услуги, финансы, страхование, наука, образование, здравоохранение и социальные услуги, туризм, управление, оборона.

сырьевого и транспортного факторов одновременно сочетается с повышением значимости новых факторов размещения сферы услуг. Пол Кругман в своем выступлении перед ассоциацией американских географов (2010 г.) подчеркнул, что применительно к развитым экономикам пора переключить внимание с «материальных» (tangible) факторов, таких как транспортные издержки, на «нематериальные» (intangible) - распространение информации и пр. Т.е. упор по преимуществу на «осязаемые» факторы выглядит всё менее и менее приемлемым для экономико-географических исследований размещения производства в высокоразвитых странах [4].

Ключ к пониманию роста значимости «нематериальных» факторов и соответствующих им условий размещения в постиндустриальную эпоху, согласно концепции А.П. Горкина и Л.В. Смирнягина, содержится в детальном анализе структуры издержек фирм третичного сектора и выявлении ее принципиальных отличий от структуры затрат промышленных предприятий. Данному вопросу посвящен сле-

дующий раздел статьи. В разделе «Деловые факторы и условия размещения в постиндустриальную эпоху», на основе проведенного анализа, предложен авторский подход к определению основных ФР и УР предприятий нематериального производства.

**Анализ структуры издержек промышленных предприятий и компаний сферы услуг.** Для анализа коренных различий в структурах издержек предприятий производственной и непроизводственной сфер целесообразно рассмотреть реальные количественные показатели. Ввиду отсутствия каких-либо обобщенных (усредненных) данных о структуре затрат всей промышленной сферы или всего третичного сектора, сравним для наглядности структуры издержек конкретных предприятий: аммиачной промышленности и сферы профессиональных услуг США [5]. Данные об издержках аммиачной промышленности США представлены в статье А.П. Горкина и Л.В. Смирнягина 1973г. Допустим, что структура издержек этой отрасли если и изменилась за прошедшие 40 лет, то незначительно (табл.1).

Таблица 1

**Структура издержек предприятия аммиачной промышленности США и типичной западной фирмы профессиональных услуг**

Статья издержек	Издержки производства, %	
	Предприятие аммиачной промышленности США	Фирма профессиональных услуг
Сырье, материалы	27	0
Топливо, энергия	7	0
Рабочая сила	7	39
Налоги	20	15
Аренда помещений	0	17
Амортизация и др. накладные расходы	20	18
Издержки обращения*	19	0
Платежи в погашение кредитов	0	11
Всего	100	100

\* Издержки обращения (или рыночный фактор, по А.П. Горкину и Л.В. Смирнягину) – затраты на транспортировку конечной продукции от места производства к месту потребления. Составлено по [1,5].



Сфера профессиональных услуг в такой стране как США охватывает разнообразнейшие направления бизнеса - от бухгалтерского учета до маркетинга и других консалтинговых услуг, на неё приходится 6% занятости<sup>4</sup> в экономике страны (по данным 2009 г.), это 7,6 млн. человек [6]. За шесть лет, с 2003 г. по 2009 г., несмотря на кризис 2008 г., число занятых в этой области увеличилось на 1% [6].

Крупнейшей статьёй расходов у всех фирм профессиональных услуг (ФПУ) являются расходы на оплату труда (табл. 1), достигая 40% всех затрат, но без учета так называемых переходящих, или вмененных, издержек (субконтракты) [5]. Переходящие издержки - это затраты на оплату услуг третьих сторон, которые клиент мог бы купить для себя и самостоятельно, но доверяет это дело фирме в обмен на небольшие комиссионные. Если провести аналогию с промышленностью, то это закупки сырья и материалов, которые полностью закладываются в себестоимость продукции и оплачиваются конечным потребителем. Но даже если рассчитывать долю расходов ФПУ на оплату труда в совокупных издержках (с учетом переходящих издержек), то это все равно 25% - существенно больше по сравнению с 7% в аммиачной промышленности.

У аммиачной промышленности самые крупные статьи издержек – сырье, материалы, амортизация, налоги и издержки обращения – это 86% всех затрат. У ФПУ помимо основной затратной статьи – оплаты труда, выделяются также налоги и арендная плата, которые в сумме составляют 71%. Амортизация для промышленности с ее дорогостоящим оборудованием, производственными зданиями и сооружениями играет несравненно более важную роль, нежели для ФПУ с ее офисной мебелью и оргтехникой. С другой стороны, если производство аммиака осуществляется на специализированном заводе, то для фирмы, оказы-

вающей услуги, необходимо арендовать помещение, причем в таком месте, где обязательно присутствуют потребители данной услуги. В отличие от промышленных предприятий, продукцию которых можно транспортировать от места производства к месту потребления (для аммиачной промышленности издержки обращения составляют почти 20%), большинство компаний третичного сектора предоставляют услуги, которые потребляются именно в месте их производства.

**Деловые факторы и условия размещения в постиндустриальную эпоху.** Таким образом, для ФПУ, как и для большинства других компаний из сферы услуг, ведущее значение при решении локационной задачи приобретают:

- факторы трудовых затрат,
- фактор налоговых выплат,
- фактор места или рыночный фактор.

Последний фактор находит отражение в величине арендной платы, которая зависит от выгодности местоположения помещения (офиса, магазина и т.д.) с точки зрения его доступности для потребителя. Т.е. относительно более высокая арендная плата, как правило, свидетельствует об относительно большем количестве потенциальных клиентов и наоборот. В свою очередь факторы трудовых и налоговых затрат по своему содержанию отличаются от соответствующих факторов размещения промышленности. Под этими факторами следует рассматривать уже весь спектр затрат, связанных с рабочей силой и различными выплатами государству: социальное страхование, компенсационные выплаты при увольнении и т.п.

Для промышленных предприятий эти расходы также важны, но для фирм сферы услуг с их *особой структурой* издержек они приобретают решающее значение. При этом часто важны не столько материально выраженные затраты, сколько нематериальные – легкость процедур найма и увольнения, регулирование трудового процесса (наличие или отсутствие ограничений на размеры рабочего времени, отпуска, больничные и т.п.). Предоставление услуг клиентам требует от фирм часто оформления многочисленных документов, сотруд-

4 В сферу профессиональных услуг в США не включаются такие виды деятельности как страхование и банковское дело, обработка информации, операции с недвижимостью, образование, здравоохранение.

ничества с различными государственными и частными организациями, поэтому простота и легкость выполнения всех инструкций, норм и предписаний также влияет на размер штата сотрудников.<sup>5</sup>

Перечисленные финансовые и временные затраты в совокупности с налоговыми выплатами предлагаем рассматривать в качестве *деловых факторов размещения предприятий*. Им соответствуют многообразные условия деловой среды - *деловые условия размещения*, выраженные через систему мер государственного и местного регулирования, законодательство, комплекс мероприятий по стимулированию или наоборот сдерживанию хозяйственной деятельности, личное отношение местных властей и сообщества к предпринимателям и бизнесу. Тем самым деловые условия размещения характеризуют то, насколько местное сообщество и органы власти склонны поддерживать бизнес, участвовать в новых бизнес-проектах или, наоборот, препятствовать им.

Для успешного функционирования промышленного предприятия необходимо наличие определенных материальных объектов, которые занимают место в пространстве и времени. Это - производственная площадка, развитая транспортная инфраструктура, обеспечивающая бесперебойные поставки сырья и материалов, отгрузку готовой продукции, источники этого самого сырья, топлива и энергии, рабочая сила и т.п. Территория, в пределах которой в данный момент времени располагаются все эти материальные объекты (или их наиболее удачное сочетание), должна быть наиболее оптимальной для размещения предприятия.

Для компаний сферы услуг, на первый взгляд, все выглядит проще. Главное - наличие людей: людей, готовых предоставлять данную услугу (т.е. работать в фирме), и людей, готовых ее потреблять. Но теперь при реше-

нии локационной задачи приходится говорить не столько о свойствах территории как таковой (по определению Горкина и Смирнягина – условиях размещения промышленности), сколько о свойствах человеческого общества, проживающего на ней. Т.е. оценка условий хозяйствования для современных предприятий (особенно из сферы услуг) во многом сводится к анализу общественных отношений по поводу бизнеса, что чаще всего сделать намного сложнее, чем рассчитать запасы месторождения или оценить качество и пропускную способность транспортного узла.

Сложность в выборе места для компании сферы услуг состоит в том, что она не всегда будет ориентироваться только на благоприятные деловые условия среды с точки зрения организации трудовой деятельности, налогового режима или арендной платы. Основополагающее условие размещения большинства компаний сферы услуг – это наличие клиентов, поскольку их «товар» нетранспортабелен. Фирма<sup>6</sup> готова мириться с относительно более высокими налогами, заработной и арендной платой, сложной системой трудового законодательства и т.п., если ее услуги широко востребованы среди местного населения, и она получает стабильно высокий доход. Поэтому наличие платежеспособных клиентов или потребителей определенной услуги в месте ее производства может менять оценку неблагоприятных деловых условий среды на противоположную.

Объективной причиной существенного повышения значимости именно *деловых ФР и УР* для всех типов современной хозяйственной деятельности (не только для фирм из сферы услуг, но и для промышленных предприятий) является прорыв в средствах связи и бурное развитие информационных технологий. В настоящее время - в эпоху возможностей мгновенной связи сколь угодно удаленных друг от друга точек мира, доступа к огромному массиву информации в Интернет и различным ком-

<sup>5</sup> Например, оформление прав собственности при покупке недвижимости риэлторской компанией, процедуры лицензирования, оформления кредитов, регистрация или ликвидация фирмы и т.п.

<sup>6</sup> Применительно к вопросу о размещении, речь идет не о штаб-квартире фирмы, а об офисе по работе с клиентами, предоставляющем конкретные услуги.

пьютерным базам данных, работы и принятия решений в режиме он-лайн - многократно увеличилась и скорость протекания всех экономических процессов. Поэтому для предпринимателей экономия времени при выполнении различных процедур и работ, регулируемых законодательством и испытывающих влияние местного сообщества (например, забастовки, протесты и т.д.) становится просто жизненно необходимой, чтобы успеть в ногу со временем: не потерять клиентов, выгодно заключить сделку, своевременно получить выплаты от заемщиков, добиться возмещения ущерба и т.п.

В современных условиях глобализации и транснационализации экономических процессов и хозяйственной деятельности локационная задача все чаще начинается с постановки вопроса о выборе страны размещения производства, поэтапно сужаясь до определения конкретной точки. Поскольку деловые условия территории могут существенно меняться даже в пределах одной страны (особенно это относится к федерациям, субъекты которых обладают достаточной автономией в области законотворчества и принятия экономических решений), то о значительных различиях между разными странами не приходится и говорить. Так, в рамках совместного проекта Всемирного банка и Международной финансовой корпорации с 2004г. выпускается ежегодный обзор «Doing of Business» («Ведение бизнеса») по 183 странам мира [9]. Данный проект призван оценить не все деловые условия хозяйствования, а лишь законодательство, связанное с регулированием деловой активности в разных государствах, по нескольким параметрам: трудно ли начать новый бизнес; насколько благоприятно для бизнеса трудовое законодательство; каковы особенности контрактного права, практики разрешения хозяйственных споров, кредитной политики банков и процедуры выхода из бизнеса. Каждая страна в результате получает свой рейтинг по отдельным параметрам и по их совокупности. Акцент делается на значение благоприятных деловых условий для деятельности местных

малых и средних фирм, а не международных многопрофильных корпораций.

Россия в данном рейтинге пока находится на 123 месте из 183 (по данным 2010 г.) [9]. США занимают весьма высокое положение (5 место в 2010г. [9]). При этом, однако, следует учитывать, что территория этой страны весьма неоднородна по перечисленным показателям. В каждом штате действуют свои законы, связанные с регистрацией и ведением бизнеса. Эти законы настолько разнятся от штата к штату, что даже адвокаты, занимающиеся корпоративным правом, обязаны сдавать экзамен по корпоративному законодательству в том штате, где они практикуют.

Компании, консультирующие по вопросам организации и ведения бизнеса в США, отмечают, что важно рассматривать реальную ситуацию в штате, а не полагаться на его имидж, созданный много лет назад. Например, администрация штата Делавэр более 20 лет назад решила привлечь к себе максимальное количество предпринимателей и резко снизила налоги штата. Бизнесмены ринулись регистрировать свой бизнес. После того, как в штате сформировалась достаточная налоговая база (количество активно работающих бизнесов), налоги поднялись до средненационального уровня. Но миф о безналоговом штате Делавэр живёт до сих пор, хотя в настоящее время самое либеральное налоговое законодательство имеют штаты Невада, Техас, Вайоминг и Вашингтон [7].

## Выводы

1. Факторы размещения фирм сферы услуг, которые играют доминирующую роль в экономике развитых стран в постиндустриальную эпоху, сильно и принципиально отличаются от предприятий материального производства, поскольку совсем другая структура издержек. Ведущее значение для них при решении локационной задачи приобретают т.н. *деловые факторы* - совокупность финансовых и временных затрат на регулирование трудового процесса, организацию и ведение бизнеса.

2. Наиболее важные условия размещения компаний сферы услуг – *деловые условия* территории, которые характеризуют не саму территорию, а свойства человеческого общества, проживающего на ней. Оценка условий хозяйствования для современных предприятий (особенно из сферы услуг) во многом сводится к анализу именно общественных отношений по поводу ведения бизнеса: между органами власти, хозяйствующими субъектами и местным населением.

3. Для экономической географии сферы услуг особо важны несколько моментов:

3.1. Главное условие размещения для сферы услуг – наличие клиентов в данном месте, потому что «товар» этой сферы «неперевозимый». Поскольку потребитель едет к месту производства услуги, а не продукция к нему (по большей части), то резко понижена роль

транспорта как фактора размещения, что находит отражение в структуре издержек.

3.2. Становится особенно важной реакция бизнеса на регулирование общественных отношений по поводу организации и ведения бизнеса (оформление документации, правила лицензирования и т.п.), прежде всего, в странах, где это меняется от места к месту сильно (например, в США); отсюда следует важность учёта специфики деловых условий конкретного штата.

В мировой статистике понятие «сфера услуг» объединяет чрезвычайно различные виды деятельности с точки зрения структуры издержек и факторов и условий размещения. Поэтому для экономической географии представляет большой интерес дальнейшие исследования, посвященные факторам и условиям размещения разных отраслей сферы услуг – с учётом их огромного (услуг) разнообразия.

### Список литературы

1. Горкин А.П., Смирнягин Л.В. О факторах и условиях размещения капиталистической промышленности// Известия АН СССР. Сер. Географическая. 1973. №3. С. 68-72.
2. Горкин А.П. Постиндустриальность экономики стран мира// Вестн.Моск. ун-та.Сер.5.География. 2007. №5. С. 3-9.
3. Кастельс М. Информационная эпоха. Экономика, общество и культура. М.: 2000.
4. Krugman Paul The new economic geography, now middle-aged. 2010. April 16: <http://www.princeton.edu/~pkrugman/aag.pdf>
5. Scott Mark C. The Professional Service Firm. The Manager's Guide to Maximising Profit and Value. John Wiley & Sons, Inc. 2001.
6. Employment by industry and occupational group. <http://www.bls.gov/news.release/ocwage.t02.htm5>
7. Your business in the USA. <http://www.usbusserv.com>
8. <http://www.bea.gov>
9. <http://www.doingbusiness.org/rankings>

# ОЦЕНКА ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ НА ТРЕНИЕ В УПЛОТНИТЕЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ ВАКУУМНОГО ВВОДА ВАЛА

**Потехина Лариса Николаевна,**

к.т.н., ассистент кафедры «Материаловедение»,

Энгельсский технологический институт (филиал) ФБГОУ ВПО

«Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина»

**Саврасов Генрих Андреевич,**

к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение»,

Энгельсский технологический институт (филиал) ФБГОУ ВПО

«Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина»

05.02.04

larisa\_potehina@mail.ru

*Аннотация. Подшипники в целях предохранения их от загрязнения извне и для предотвращения вытекания из них смазки снабжают уплотняющими устройствами. Это необходимо для сохранения качества смазки подшипника в течение срока службы. Подтеки масла из подшипника недопустимы во многих устройствах, особенно в аппаратах пищевой промышленности.*

**Ключевые слова:** подшипник, устройство, смазка, трение, вал, промышленность.

## ASSESSMENT OF POWER LOSSES DUE TO FRICTION IN THE SEALING DEVICE, A PLAIN BEARING VACUUM INPUT SHAFT

**Potehina Larisa Nikolaevna**

Ph.D. of technical Sciences, Assistant, Department «Materials»,

Engels Technological Institute (branch) FBGOU VPO «Saratov State Technical University named Yu.A. Gagarin»

**Savrasov Genrih Andreevich**

Ph.D. of technical Sciences, Assistant Professor, Department «Materials»,

Engels Technological Institute (branch) FBGOU VPO «Saratov State Technical University named Yu.A. Gagarin»

*Abstract. Bearings in order to protect them from contamination from outside and to prevent leakage of the lubricant supply these sealing devices. This is necessary to preserve the quality of lubricating bearings for durability. Smudges of oil from the bearings are not allowed in many applications, especially in food processing machines.*

**Keywords:** bearing, device, lubrication, friction, shaft, industry.

Подшипники в целях предохранения их от загрязнения извне и для предотвращения вытекания из них смазки снабжают уплотняющими устройствами. Это необходимо для сохранения качества смазки подшипника в течение срока службы. Подтеки масла из подшипника недопустимы во многих устройствах, особенно в аппаратах пищевой промышленности.

Иногда уплотнительное устройство совмещает в себе функцию и уплотнения и опоры,

например, подшипник скольжения вала, вводимого в полость вакуумного пространства.

Большинство уплотнительных устройств основаны на применении резино-металлических манжет, уплотнений в виде сальниковой набивки либо включают в себя лабиринтные каналы, затрудняющие свободное течение жидкости и газов. Уплотнения подобного типа в нормальном рабочем состоянии не представляют сопротивления для движения.

Существуют уплотнительные устройства, в которых уплотнение достигается за счет плотного охватывания шейки вала или прижатия к его фланцевой поверхности элементов уплотнительного устройства. В этом случае возникает момент от сил трения и теряется определенная мощность.

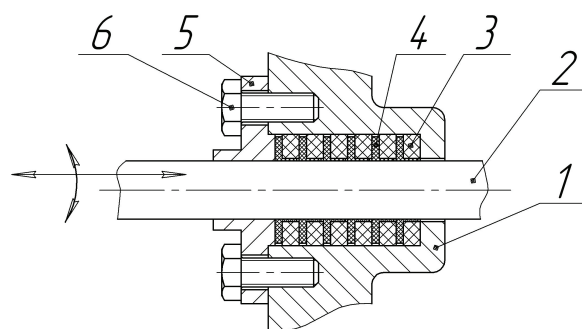
Конструктивный пример подшипника скольжения, одновременно служащего и вакуумным уплотнительным устройством показан на рисунке. Подшипник устроен в приливе стенки корпуса 1 вакуумированной полости, в которую входит валик (или шток) 2, имеющий возможность вращательного, качательного или возвратно-поступательного перемещения. Подшипник состоит из набора шайб 4, выполненных из фторопласта-3. Манжетная часть шайбы, охватывающая шейку вала, имеет тонкую стенку. Эта часть шайбы 4 охватывается шайбой 3, выполненной из вакуумной резины.

После утановки шайб 3 и 4 отверстие корпуса закрывается крышкой 5, закрепляемой болтами 6.

Вакуумный ввод вала, показанный на рисунке, применяется для устройств в которых достигается вакуум до  $10^{-3}$  мм рт.ст. включительно. Количество пар шайб  $6 \div 10$ .

Герметичность устройства достигается: по наружному диаметру шайб - плотным прилеганием резинового кольца к стенке отверстия под подшипник; по внутреннему диаметру – за счет постоянного упругого обжатия резиновой шайбой 3 манжетной части фторопластовой шайбы 4.

Упругое сжатие пакета шайб можно осуществить с помощью крышки 5 и болтов 6, но в том случае из-за высокого трения неизбежно наиболее нагруженными окажутся несколько первых комплектов шайб, в то время как последние могут вообще не работать. Равномерность работы всех комплектов уплотнительных шайб 3 и 4 достигается за счет того, что резиновые шайбы по наружному диаметру изготавливаются на  $(0,15 \div 0,25)$  мм больше диаметра отверстия вакуумного ввода вала.



*Подшипник скольжения, служащий уплотнительным устройством*

Собранные комплекты шайб 3 и 4 вставляются последовательно в предварительно смазанное вакуумной смазкой отверстие в корпусе 1. После того как будет вставлен вал, его шейка будет равномерно обжата всеми парами уплотнительных шайб. Заходная часть вала должна иметь конусную поверхность. Шейка вала шлифуется до 10-го класса шероховатости поверхности ( $R_z = 0,12 \div 0,16$  мкм).

Обжатие вала и, соответственно, сопротивление его движению зависит от степени упругой деформации резиновых шайб.

Определим потерю мощности в вакуумном вводе вала, если:

$d = 15$  мм – диаметр шейки вала;

$d_1 = 16$  мм – внутренний диаметр резиновой шайбы 3, охватывающей манжетную часть шайбы 4;

$D = 26$  мм – диаметр отверстия в корпусе;

$b = 5$  мм – ширина шайбы 3;

$\delta = 0,25$  мм – превышение диаметра резиновой шайбы над диаметром отверстия в корпусе;

$z = 6$  – количество пар шайб;

$n = 100$  об/мин – частота вращения вала;

$E = 5$  МПа – модуль упругости вакуумной резины.

Для расчета трения в опоре вала воспользуемся коэффициентами трения для пары: сталь (закаленная, шлифованная до высоты микронеровностей  $0,12 \div 0,16$  мкм) – фторопласт – 3.

$f_{\text{покоя}} = 0,15$  – коэффициент трения покоя;

$f = 0,13$  – коэффициент трения движения при отсутствии смазки;

$f = 0,11$  – коэффициент трения движения с пластической смазкой (ЦИАТИМ-221);

$f = 0,08$  – коэффициент трения с жидкой смазкой (вязкость  $15 \div 20$  сСт).

При упругом сжатии резиновой шайбы в соответствии с законом Гука на манжетной поверхности шайбы 4 возникает нормальное усилие  $N$ :

$$N = \frac{\delta \times E \times \pi \times d_{cp} \times b}{l},$$

где:  $d_{cp} = \frac{(d_1 + D)}{2} = 21 \text{ мм}$  – средний диаметр шайбы 3;

$$l = \frac{(D - d_1)}{2} = 5 \text{ мм}.$$

Определим нормальное усилие  $N$ , действующее на вал:

$$N = \frac{0,25 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^6 \times 3,14 \times 21 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-3}} = 82,4 \text{ Н}.$$

Окружная сила трения (смазка подшипника жидким маслом):

$$F = z \times N \times f,$$

$$F = 6 \times 82,4 \times 0,08 = 39,6 \text{ Н}.$$

Момент  $M_F$  от окружной силы трения:

$$M_F = \frac{F \times d}{2};$$

$$M_F = \frac{39,6 \times 15 \times 10^{-3}}{2} = 0,297 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Потери мощности  $P$  на трение в опоре при частоте вращения вала  $n = 100$  об/мин составят:

$$P = \frac{M_F \times \pi \times n}{30};$$

$$P = \frac{0,297 \times 3,14 \times 100}{30} = 3,1 \text{ Вт}.$$

Во многих случаях мощность приводных двигателей исполнительных устройств вакуумных камер ограничивается несколькими ваттами, поэтому потери на трение в вакуумном вводе валов и подвижных штоков оказываются весьма существенными. Эти потери можно снизить, уменьшая диаметр вала (штока).

### Список литературы:

1. Гаевик Д.Т. Подшипниковые опоры современных машин. – М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.
2. Анурьев В.Н. Справочник конструктора-машиностроителя. – 6-е изд., перераб. и доп. – В 3 т. – М.: Машиностроение, 1982. – 674-745с.

# ПОВЫШЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМАЛЬНЫХ ЭВОЛЮЦИОННО- ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

**Слепцов Николай Владимирович,**  
к.т.н., доцент кафедры ЭиОП  
Пензенского государственного университета  
05.13.17  
nbs\_nbs@km.ru

*Аннотация. Рассмотрено применение в генетических алгоритмах инкрементного преобразования объединения, обобщенного преобразования разбиения для оптимального с точки зрения вычислений представления данных. Преобразования упрощают обобщение ряда существующих теорий ГА и дают возможность использования с помощью алгоритмов быстрых вычислений.*

**Ключевые слова:** Генетические алгоритмы, моделирование, представление данных, преобразования.

## THE INCREASING OF COMPUTABILITY FOR THE FORMAL GENETIC TRANSFORMATIONS

**Sleptsov Nikolai Vladimirovich**  
Ph.D. of technical Sciences,  
assistant professor of department EiOP,  
Penza State University

*Abstract. The possibilities of multary and incremental transforms in genetic algorithms are discussed for the best in terms of computing data. Transforms simplifies compilation of some existing theories of GA and give the possibility to use with fast algorithms for computing.*

**Keywords:** Genetic algorithms, simulation, data representation, transforms.

### Введение

В ряде приложений, характеризующихся сочетанием значительных вычислительных затрат с нестрогой формулировкой конечной цели вычислений и/или границ процесса, активно используются средства, относящиеся к классу эволюционных вычислений и эволюционной информатики [1,2].

Наиболее известными из группы эволюционных вычислений являются генетические алгоритмы (ГА) – поисковые алгоритмы, основанные на механизмах натуральной селекции и натуральной генетики. Они реализуют принцип «выживания наиболее приспособленных» среди анализируемых структур, формируя и изменяя поисковый алгоритм на основе

моделирования эволюции поиска. В очередной генерации новое множество особей - искусственных последовательностей, кодирующих решение исследуемой проблемы, создается путем использования части старых и добавления новых частей со свойствами, являющихся по каким – то параметрам предпочтительными. Базисным отличием ГА от алгоритмов случайного поиска является эффективное использование информации, накопленной в процессе эволюции.

### Формальное описание ГА

Формально генетический алгоритм можно представить как

$$GA = (P^0, \lambda, l, s, p, f, t), \text{ где}$$



$P^0 = (\alpha_1^0, \dots, \alpha_\lambda^0)$  – исходная популяция,  $\alpha_i^0$  – решение задачи, представленное в виде хромосомы;  $\lambda$  – размер популяции;  $l$  – длина каждой хромосомы популяции, целое число;  $s$  – оператор отбора;  $p$  – отображение, определяющее рекомбинацию (кроссовер, мутация, инверсия, сегрегация...);  $f$  – функция пригодности (оценки);  $t$  – критерий останова.

Оператор отбора  $s$  порождает промежуточную популяцию  $P'$  из популяции  $P$  посредством отбора и генерации новых копий элементов  $P'$ :  $P' = s(P)$ . Функция пригодности  $f$  используется для отбора конкурентоспособных особей популяции и обеспечивает обратную связь от результатов, полученных в течение поколения  $t$ .

Поскольку в большинстве реализаций ГА изменения зависят только от состава имеющейся популяции и не зависят от того, каким образом данная популяция получена, для моделирования ГА принципиально очень удобен формализм марковских цепей. Но такое представление не обеспечивает возможности эффективной организации эволюционного поиска, в частности, помимо очевидной затратности представления матриц преобразования в явном виде, при таком подходе проблематично описание целей эволюционного моделирования и не приходится говорить о конструктивности процедуры поиска решения. Более того, при этом скрываются существенные моменты, обеспечивающие эффективность эволюционно-генетического поиска [4].

Чем обеспечивается эффективный поиск при случайных базовых манипуляциях ГА – случайном обмене и изменении подстрок? Рассмотрим не строки в целом, кодирующие конкретные решения, а способ сохранения внутри строк отображений аллелей. Отображения аллелей называются шаблонами, они – просто строки, которые обрабатывает ГА, но с дополнительным отличительным признаком “#”, разрешенным в каждой позиции. Это групповой символ, означающий «не имеет значения». Так, шаблонами для задачи

представления  $\langle 3, 2, 2 \rangle$  являются ###, ##0, #1#, 2##, #00, 0#1 и 210.

Шаблоны определены двумя величинами. Порядок шаблона – число определенных в нем аллелей (число отличных от # символов). Разрешение (длина разрешения) – расстояние между первой и последней определенной аллелью. Данные величины определяют поведение шаблона при рекомбинации. Порядок определяет, насколько вероятно шаблон будет разрушен при мутации: большее количество аллелей означает большую вероятность мутации одной из них. Разрешение определяет, с какой вероятностью шаблон может быть разрушен операцией кроссовера: чем больше размер шаблона, тем больше вероятность того, что кроссовер произойдет в шаблоне.

Для эффективной организации генетического поиска было бы существенным выделение некоторого основного множества шаблонов, обработка которых вызывает неявную обработку других шаблонов. Такие шаблоны носят название ключевых шаблонов и они являются точно теми шаблонами, которые *должны* быть обработаны для всех обрабатываемых шаблонов. Обработка множества ключевых шаблонов может привести к свободной обработке всех других шаблонов. В качестве примера возьмем простейшую проблему представления  $\langle 2 \rangle$ . Если известны средние оценки пригодности популяции, наблюдаемая пригодность шаблона 1 и удельный вес шаблона 1 в популяции, тогда мы можем вычислить ожидаемый удельный вес шаблона 1 в следующем поколении. Это вычисление – основа обработки шаблона, которую ГА делает неявно. Существенным является то, что обработка шаблона 1 – также обработка шаблона 0 в качестве побочного эффекта.

Применение ключевых шаблонов означает, что имеется поддающееся трактовке представление об обработке шаблонов, поскольку в этом случае можно ограничиться рассмотрением ключевых шаблонов; остальные ситуации обрабатываются автоматически как побочный эффект. Вследствие важности этого момента встает вопрос о методе, позволяющем обеспе-

чить рассмотрение разных аспектов ГА с точки зрения различных ключевых шаблонов.

### Преобразования в ГА

Рассмотрим преобразования, которые являются методами повышения эффективности для изменения целей от *строкового представления*, где ключевые шаблоны являются только строками к *представлению шаблонов*, при котором максимизируется число # в наборе ключевых шаблонов.

Двоичное кодирование или представление задачи для ГА традиционно означает, что решение задачи представляется в виде двоичных строк фиксированной длины. Недвоичное кодирование предполагает представление задачи строками фиксированной длины, содержащих аллели из дискретных генов, из которых все или часть не являются двоичными, т.о. двоичное представление не является подмножеством недвоичного. Термин «недвоичное кодирование» применяется для того, чтобы подчеркнуть отличие данного представления от представления двоичных генов. Для точной характеристики вводится термин «обобщенное», или «унифицированное представление», оно применяется для описания генов, являющихся множествами величин строк фиксированной длины и задач, основанных на представлении таких генов.

Поскольку нет явных причин предпочесть один способ кодирования другому, для обеспечения единой основы представления можно предложить введение единого унифицированного способа кодирования задачи для реализации ее средствами ГА.

**Произведение Кронекера.** Произведение Кронекера (прямое или тензорное произведение, ПК) применяется для построения матрицы из двух меньшего размера путем использования правой матрицы в качестве «строительного блока» и масштабирования ее элементами левой матрицы.

$$A \otimes B = \begin{bmatrix} A_{1,1}B & A_{1,2}B & A_{1,n_A}B \\ A_{2,1}B & A_{2,2}B & A_{2,n_A}B \\ \dots & \dots & \dots \\ A_{n_A,1}B & A_{n_A,2}B & A_{n_A,n_A}B \end{bmatrix}$$

где  $A$  – матрица  $n_A^{\rightarrow} \times n_A^{\downarrow}$ ,  $B$  – матрица  $n_B^{\rightarrow} \times n_B^{\downarrow}$ ,  $A \otimes B = n_A^{\rightarrow} n_B^{\rightarrow} \times n_A^{\downarrow} n_B^{\downarrow}$ . Из определения произведения Кронекера следует, что применив индексирование от 0, а не от 1, имеем:

$$(A \otimes B)_{in_B^{\rightarrow} + i, in_B^{\downarrow} + j} = A_{i,j} B_{i,j}$$

**r – матрицы, r – вектора и операции над ними.** Представлением задачи или просто представлением назовем вектор  $c$  целых чисел, такой, что  $\forall_i c_i \geq 2$ . Размер представления задачи – произведение его элементов  $\prod \langle \rangle = 1$ .

Элементы представления задачи - характеристики генов. Они определяют число допустимых символов в каждом локусе строки, т.е. характеристику гена в этом локусе. Далее считаем множество  $G_i = \{0, 1, 2, \dots, c_i - 1\}$  геном для локуса  $i$  и таким образом представление задачи становится эквивалентно набору строк.

ПК можно применить для формирования строк и представлений, используя операцию конкатенации  $\langle \rangle$ :  $P(c \langle \rangle c') = PcPc'$ .

При дальнейшем рассмотрении было бы желательно иметь возможность индексировать матрицы не числами, а строками. Для этой цели с матрицей свяжем представление задачи, которое точно определяет, какие строки могут быть использованы в качестве индекса матрицы. Такая пара матрица – представление называется *r-матрицей*.

Определение O1. **r-матрица** – двойка  $\langle M, c \rangle$ , где  $M$  – матрица размером  $n \times n$  и представление задачи  $c$  размера  $n$ , называемое основным или базовым представлением

Определение O2. **r-вектор** – это двойка  $\langle v, c \rangle$ , включающая вектор  $v$ , вида  $n \times 1$  или  $1 \times n$ , и базовое представление задачи  $c$  размера  $n$ .

Для индексации строк или столбцов  $g$ -матрицы ( $g$ -вектора) с помощью отдельных строк применяется функция отображения строк в числа  $idx()$ .

**Индексация  $g$ -матриц строками.** Значение  $g$ -матрицы  $(M, c)$ , индексированной строками  $s$  и  $t$ , определяется как

$$(M, c)_{s,t} = M_{idx(s,c), idx(t,c)}$$

Определим  $idx()$ . Для преобразования строки в число упорядочим все строки, положение строки в упорядоченной последовательности даст уникальное значение.

Определение ОЗ.

$$idx(\langle \rangle) = 0$$

$$idx(s_* :: s, c_* :: c) = s_* Pc + idx(s, c)$$

Определение дает возможность проводить декомпозицию векторов.

Рассмотрим два преобразования – преобразование объединения - инкрементной комбинации (IC) и преобразование обобщенного разбиения – МР. Они являются методами изменения «перспективы» рассмотрения изменением рассматриваемых множеств ключевых шаблонов. Например, мы можем рассматривать оценку пригодности или пропорции изменения популяции, либо же некоторую комбинацию этих двух элементов. Для абстрагирования от таких деталей можно предположить, что имеется некоторая величина, связанная с каждой строкой, которую мы будем называть *значением строки*. С точки зрения шаблонов нас будет интересовать значение шаблона, которое является величиной значения строк в строках шаблонов.

Одним из способов изменить перспективу рассмотрения является переход от значений строк к значениям шаблонов ключевого шаблона. Это можно осуществить следующим образом: матрицы, преобразующие значения строк в значения ключевых шаблонов, не содержащих нулей, являются  $k$  – матрицами с матрицами – ядрами следующего вида:

$$K_{\langle c_* \rangle} = \begin{bmatrix} 1/c_* & 1/c_* & \dots & 1/c_* \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Вместо рассмотрения абсолютных значений шаблонов следует рассматривать относительные комбинации. Шаблон #12# является комбинацией шаблонов #1## и ##2#. Первым приближением было бы вычислить значение шаблона #12# как  $z(\#1##) + z(\##2#)$ . Естественно, между этими двумя одноаллельными шаблонами могут наблюдаться взаимные воздействия. Относительное значение шаблона #12# - это дополнительная величина, которую нужно добавить к указанному первому приближению, чтобы получить действительное значение шаблона #12#, таким образом, использование относительных величин уменьшает уровень взаимодействия между двумя одноаллельными шаблонами.

Значения одноаллельных шаблонов берутся относительно значения #####, так действительное значение шаблона #12# будет  $e_{#####} + e_{\#1##} + e_{\##2#} + e_{\#12\#}$ , где  $e_s$  – относительное значение шаблона, которое можно назвать коэффициентом разбиения.

### Обобщение двоичных коэффициентов

Коэффициенты разбиения дают возможность вычислить значения строки или шаблона по вкладу аллелей [3]. Их удобно рассматривать как «вклад» отдельных аллелей, например:

$$z_{11} = e_{\#\#} + e_{1\#} + e_{\#\#1} + e_{11}$$

$e_{\#\#}$  - среднее значение всех строк,  $e_{1\#}$  - дополнительное значение, которое в среднем строка дает при наличии 1 в первой аллели,  $e_{\#\#1}$  - соответственно, во второй.

В двоичном случае наличие симметрия. Если строка не содержит в локусе 1, она должна содержать 0, т.е. вклад, который строка будет иметь от наличия 0, к примеру, в первом

локусе, равен потерям от отсутствия там 1, т.е.  $e_{1\#}$ .

$$z(10\#) = e_{\#\#} + e_{l\#} - e_{\#l} - e_{l\#}$$

В недвоичном случае такая симметрия нарушается. Мы должны явно указать, какую аллель следует использовать или подразумевать при отсутствии других. Можно предположить, что подразумеваемой аллелью является 0, поскольку такой выбор объединяет выбор ключевых шаблонов. Используя такие значения для коэффициентов, можно записать уравнения, связывающие коэффициенты разбиения и значения строк для задачи, представленной геном с характеристикой 4:

$$\begin{aligned} z_0 &= e_{\#\#} - e_1 - e_2 - e_3 \\ z_1 &= e_{\#\#} + e_1 \\ z_2 &= e_{\#\#} + e_2 \\ z_3 &= e_{\#\#} + e_3 \end{aligned}$$

где  $e_1$  – вклад 1,  $e_2$  -, соответственно, вклад 2,  $e_3$  - 3, а вклад 0 является вкладом ситуации отсутствия 1,2,3.

**Инверсное унифицированное преобразование разбиения.** Обозначим матрицу обратного преобразования как  $E^{-1}$  и, следуя подходу, изложенному для  $r$ - матриц, свяжем ее с базовым представлением задачи. В качестве примера возьмем уравнения:

$$z_{\langle 4 \rangle} = E_{\langle 4 \rangle e \langle 4 \rangle}^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} z_0 \\ z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{\#\#} \\ e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix}$$

Каждая строка матрицы преобразования соответствует вычислению значения строки базового преобразования:

Любая матрица  $E_{\langle c_* \rangle}^{-1}$  для одного генома будет представлять матрицу размером  $c_* \times c_*$  с 1 в первой столбце (поскольку каждое вычисление требует коэффициент «среднего значения»), 1 вдоль главной диагонали и -1 в верхнем ряду со второй позиции (вычитая коэффициенты для подразумеваемой аллели) Аналогично:

$$E_{\langle c_* \rangle}^{-1} = \begin{bmatrix} & & & -1 \\ & & & \\ & & & \\ 1 & & & I_{c_*-1} \end{bmatrix}$$

где  $I_n$  – единичная матрица  $n \times n$ . Далее рассмотрим  $E_{\langle 3,2,2 \rangle}^{-1}$  и, анализируя ее структуру, выведем общую формулу для  $E_{\langle c_* \rangle}^{-1}$ .

$$E_{\langle 3,2,2 \rangle}^{-1} = \begin{bmatrix} \begin{matrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix} & \begin{matrix} -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 \end{matrix} & \begin{matrix} -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix} \end{bmatrix}$$

Рис. 1

Для отображения структуры использовано выделение фоном. На «верхнем» уровне матрица состоит из 3 типов одинаковых блоков: все нули, блок со светло-серым фоном и блок с темно-серым фоном. Последний является полностью аналогичным блоку со светло-серым фоном, но для всех элементов изменен знак. Можно записать:

$$E_{\langle 3,2,2 \rangle}^{-1} = \begin{bmatrix} B & -B & -B \\ B & B & 0 \\ B & 0 & B \end{bmatrix}$$

что с точки зрения структуры очень близко к  $E_{\langle 3 \rangle}^{-1}$ . Аналогично анализируем структуру блока  $B$ :

$$B = \begin{bmatrix} \begin{matrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_2 & -B_2 \\ B_2 & B_2 \end{bmatrix}$$

Рис. 2

что с точки зрения структуры подобно  $E_{\langle 2 \rangle}^{-1}$ .

Иными словами, крайний левый ген (характеристика 3) управляет *глобальной* структурой матрицы, используя  $E_{<3>}^{-1}$  как шаблон, в котором размещены структуры низкого уровня. Второй ген управляет промежуточными структурами, используя как шаблон  $E_{<2>}^{-1}$ , и крайний правый ген управляет локальной структурой, используя  $E_{<2>}^{-1}$ .

ПК строит матрицы точно так же. Используя его, можно записать:

$$E_{<3,2,2>}^{-1} = E_{<3>}^{-1} \otimes E_{<2>}^{-1} \otimes E_{<2>}^{-1}$$

или в общем случае

$$E_{<l,m,n>}^{-1} = E_{<l>}^{-1} \otimes E_{<m>}^{-1} \otimes E_{<n>}^{-1}$$

Сравнивая это равенство с определением  $k$ -матрицы, легко увидеть, что  $E^{-1}$  является  $k$ -матрицей.

**Унифицированное преобразование разбиения.** Матрица унифицированного преобразования разбиения  $E_c$  – это  $k$ -матрица, получаемая из матриц – ядер следующей формы:

$$E_{<c_*>} = \frac{1}{c_*} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ -1 & c_* - 1 & -1 & \dots & -1 \\ -1 & & c_* - 1 & \dots & -1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -1 & -1 & -1 & \dots & c_* - 1 \end{bmatrix}$$

Такая матрица-ядро подсчитывает коэффициенты для единого гена. Можно неформально рассмотреть этот процесс. Первая строка суммирует все величины и делит на  $c_*$  – их число. Эта величина – коэффициент «средней величины» –  $e_{\#}$ . Все остальные строки являются отрицанием первой строки и содержат единственную дополнительную величину  $e_i$ . Она соответствует переопределению  $z_i = e_{\#} + e_i$ , что дает  $e_i = z_i - e_{\#}$ .

**Быстрые преобразования.** Выполнение преобразований разбиения и инкрементного объединения (И) с помощью прямого умножения матриц требует порядка  $O(n^2)$  операций ( $n$  – размер матриц преобразований). Если предположить, что можно реализовать выполнение матричных преобразований «на лету», без временных издержек, нам будет необходимо  $2n$  устройств памяти:  $n$  для вектора значений строк и  $n$  для вектора коэффициентов.

Предлагаемый механизм обработки использует преимущества тождественных вычислений при матричных преобразованиях. Например, рассмотрим матрицу для  $E_{<2,2>}^{-1}$ :

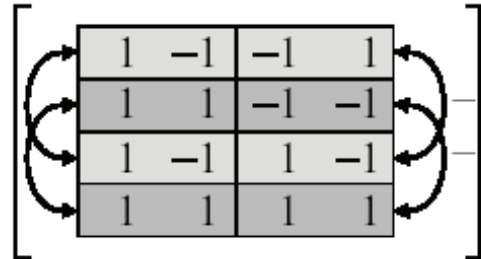


Рис. 3

Стрелки показывают идентичные вычисления. Вместо  $3 \cdot 4 = 12$  операций сложения\вычитания необходимо две операции по столбцу и четыре операции на объединение столбцов, что дает восемь операций.

Идентичные вычисления реализуются с помощью ПК. Матрица, формируется из одинаковых блоков (прямоугольное масштабирование), таким образом для каждого столбца требуется выполнение вычислений только в одном блоке. Преобразование инкрементного объединения и преобразование разбиения в общем случае образуются из ряда операций ПК. Поэтому формируются матрицы  $X_i$ , для которых выполняются только необходимые вычисления для каждого столбца блоков на каждом «уровне» структуры в матрице. Подобная организация быстрого алгоритма может применяться к любой матрице, сформированной с применением ПК.

**Оценка числа операций.** Матричное умножение включает операции умножения и суммирования, при правильной организации одно умножение исключает проведение этих операций для нулевых элементов в  $M$  и исключает проведение умножения для элементов со значениями 1 и -1. Поэтому для простоты будем оценивать операции сложения и вычитания, учитывая наличие нулевых элементов. Получены следующие оценки:

- для инверсного преобразования

$$ops(E_c^{-1}) \approx \prod_{i=1}^l 3c_i = O(3^{\log_c n_s} n_s)$$

- для быстрого преобразования:

$$ops(\prod X_i) = O(n_s \log_c n_s)$$

- для унифицированного преобразования:

$$ops(E_{\langle c, \rangle}) = 2c_* - 2.$$

Таким образом, унифицированное преобразование разбиения и его инверсия имеют одинаковую оценку сложности для организации вычислений.

### Осуществление быстрого преобразования

Для осуществления быстрого преобразования мы должны обеспечить умножение матриц  $X_i$ .

Каждая из матриц  $X_i$  может быть жестко кодирована. Рассмотрим структуру матриц  $X_i$ . В качестве примера рассмотрим  $X_2$  для инверсии преобразования разбиения для представления (задачи)  $\langle 3, 2, 2 \rangle$ . Исходная формула:

$$X_2 = I_{\gamma(1,1)} \otimes E_{\langle 2 \rangle}^{-1} \otimes I_{\gamma(3,3)} = I_3 \otimes E_{\langle 2 \rangle}^{-1} \otimes I_2,$$

а матрица имеет вид:

1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 4

В формуле для  $X_2$  левая единичная матрица ( $I_\gamma$ ) управляет общей структурой и, соответственно, вдоль главной диагонали матрицы  $X_2$  расположены 3 блока. Правая единичная матрица управляет локальной структурой, что можно показать как «вырезание» матрицы  $E_{\langle 2 \rangle}^{-1}$  и копирование ее вдоль главной диагонали (вырезанные матрицы  $E_{\langle 2 \rangle}^{-1}$  показаны затененными прямоугольниками). По формуле для  $X_i$  мы должны ожидать  $g(1, i-1)$  блоков, содержащих  $g(i+1, l)$  вырезанных матриц  $E_{\langle c_i \rangle}^{-1}$ . Расстояние между элементами каждой вырезанной матрицы равно  $g(i+1, l)$ .

При реализации процедур, обеспечивающих умножение матриц  $E_{\langle c \rangle}, E_{\langle c \rangle}^{-1}, V_{\langle c \rangle}, V_{\langle c \rangle}^{-1}$  и учитыва-

ющих фактор «вырезания» и сдвига, умножение  $X_i$  вызовет циклически соответствующую процедуру с требуемыми параметрами. Эти параметры достаточно генерируются в процессе выполнения «на лету» и поэтому матрицу  $X_i$  нет необходимости явно вычислять, либо хранить.

### Заключение

Рассмотрены возможности применения в генетических алгоритмах родственного недрвоичного преобразования - инкрементного преобразования объединения (IC), обобщенного преобразования разбиения, и их инверсий.

IC – преобразование упрощает обобщение ряда существующих теорий ГА для унифицированного представления. Преобразование обобщенного разбиения вычисляет коэффициенты разбиения, необходимые для понимания свойств строк анализируемого шаблона, игнорируя избыточные под-разумеваемые коэффициенты. Преобразование унифицированного представления дает возможность его применения в быстром преобразовании. Алгоритм быстрого преобразования с оценкой затратности  $O(n \log n)$  является критическим для использования преобразований, что несколько ограничивает применение коэффициентов разбиения в ГА-приложениях, несмотря на возможность их легкого интуитивного понимания.

### Список литературы:

1. Букатова И.Л. Эвоинформатика: теория и практика эволюционного моделирования/ Букатова И.Л., Михасев Ю.И., Шаров А.М. – М, Наука, 1991
2. Редько В.Г. Эволюционная кибернетика. М.: Наука, 2001.
3. Слепцов Н.В. Математические модели генетических алгоритмов ПГУ., тр. Международной конференции «Надежность и качество – 2007», Пенза-2007
4. Chambers Practical handbook of genetic algorithms v 3 Complex coding systems 2 ed, 2001
5. Koza J. Genetic programming: a paradigm for genetically breeding computer population of computer programs to solve problems. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

## ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

**Коваленко Дмитрий Сергеевич,**  
инженер-программист ОАО «Нижневартовсквиа»  
05.13.18  
wedmak\_dk@rambler.ru

*Аннотация. В статье кратко рассмотрены работы, посвященные моделированию процесса обучения и применению мультиагентных систем для моделирования процесса обучения.*

**Ключевые слова:** Мультиагентные системы, интеллектуальные агенты, моделирование процесса обучения.

## THE USE OF MULTI-AGENT SYSTEMS FOR MODELING THE LEARNING PROCESS

**Kovalenko Dmitry Sergeevich**  
Engineer-programmer of «Nizhnevartovskavia»

*Abstract. The article briefly reviewed the works devoted to modeling the process of learning and the use of multi-agent systems for modeling the learning process.*

**Keywords:** Multi-agent systems, intelligent agents, modeling the learning process.

### Введение

**М**оделирование процесса обучения позволяет изучать и анализировать влияние различных факторов на процесс обучения, выбирать оптимальные стратегии и методы обучения, оперативно реагировать на изменяющиеся требования к процессу образования.

Использование мультиагентных систем (МАС, англ. Multi-agent system) при моделировании позволяет избежать недостатков, присущих классическим подходам – системному анализу, имитационному моделированию, теории игр и др.

Мультиагентные системы, образованные из взаимодействующих интеллектуальных агентов, добивающихся собственных целей могут быть использованы для решения таких проблем, которые сложно или невозможно решить с помощью одного агента или монолитной системы.

В МАС задачи распределены между агентами, каждый из которых рассматривается как

член группы или организации. Распределение задач предполагает назначение ролей каждому из членов группы, определение меры его ответственности и требований к опыту.

### Мультиагентное моделирование процесса обучения

Общий подход к моделированию процесса обучения с помощью МАС заключается в построении агентных моделей различного уровня с различной степенью детализации.

В работе Марахтанова А.Г., Варфоломеева А.Г. «Многоагентная модель студенческой группы как инструмент управления качеством обучения» сделана попытка применить мультиагентный подход к оптимизации состава студенческой группы и требований учебного процесса с целью максимального повышения качества обучения.

Ключевым элементом МАС становится интеллектуальный агент, способный воспринимать ситуацию, принимать решения и коммуницировать (общаться) с другими объекта-

ми [1]. При этом агенты взаимодействуют в определенной среде. Главное отличие МАС от существующих жестко организованных программных систем состоит в наличие нового свойства – способности к самоорганизации. Исследования показывают, что процесс образования устойчивых пространственно-временных структур и состояний равновесия нельзя не учитывать в процессе работы модели [2].

Решая задачу моделирования, авторы выделяют агентов 2 видов:

- Агент-студент (AS);
- Агент – источник ресурса (AR).

Агенты могут взаимодействовать друг с другом путем обмена сообщениями на известном и понятном каждому агенту языке.

Агентов типа AR в системе два:

- Агент – источник денег (ARM);
- Агент – источник знаний (ARK).

Каждый AS обладает ресурсами трех типов: Знания, Денежные средства, Время.

Агент-студент может пополнять денежные средства и знания, воспользовавшись услугами системных агентов AR (ARM и ARK).

Агент типа AS может получать знания не только от агента-источника знаний, но и от любого другого AS-агента системы. При этом, получить знания от другого AS-агента можно, затратив меньшее время и не расходуя денежных средств. Тем не менее, чтобы воспользоваться такой возможностью, необходимо согласие обоих агентов AS1 и AS2 на обмен знаниями. Агент AS2 согласен поделиться знаниями с AS1, если обладает свободным временем и достаточным объемом знаний по  $i$ -й области. Кроме того, на решение об оказании помощи влияет наличие обязательств перед агентом AS1 или негативных воспоминаний (из опыта предыдущих общений).

Ментальные свойства агентов типа AS включают в себя:

1. Распределение приоритетов
2. Социально-экономический статус
3. Коммуникационный характер

Изначально агент одинаково относится ко всем другим агентам, в соответствии со своим «коммуникационным характером», однако,

исходя из опыта общения, он может изменить свое отношение к определенным агентам. К примеру, если агент AS1 часто получал помощь от агента AS2, он не будет к нему злонамеренным, каким должен быть по отношению ко всем другим. В то же время альтруистичный агент не поможет тому, кто подводил его много раз.

Вступая в коммуникационный контакт с агентом AS2, агент AS1 пытается определить его ментальные свойства, а также объем ресурсов, которыми агент AS2 обладает. Однако точных значений он никогда получить не может. Поэтому при выборе одного из агентов системы для общения, агент AS1 может пользоваться только предположениями об этих значениях.

В определенные промежутки времени агенты системы испытывают воздействия со стороны среды, в которой находятся. Воздействия могут быть 2-х видов:

«Предупреждение об акте контроля» – содержит информацию о том, что в ближайшее время будет осуществлен акт контроля – процесс, который потребует от агента знаний объемом не менее  $k^{\text{CONTR}} \{k_1^{\text{CONTR}}, k_2^{\text{CONTR}}, \dots, k_n^{\text{CONTR}}\}$  и денежных средств объемом не менее  $m^{\text{CONTR}}$ .

«Акт контроля» – процесс, инициируемый средой, который действует согласно следующим правилам:

1) Если по какой либо области знаний  $i$  агент AS обладает знаниями  $k_i^{\text{AS}}$ , а контроль требует знаний не менее  $k_i^{\text{CONTR}}$ , то:

- Если  $k_i^{\text{AS}} < k_i^{\text{CONTR}}$ , и  $k_i^{\text{CONTR}} - k_i^{\text{AS}} < p$ , то при следующем контроле норма знаний по области  $i$  должна быть больше на  $k_i^{\text{CONTR}}$ , по сравнению с базовым значением. Другими словами, если у агента знаний в области  $i$  меньше, чем необходимо, но не на много (отличие от нормы меньше, чем константа  $p$ ), в следующий раз его норма будет на постоянную величину  $k_i^{\text{CONTR}}$  больше, чем соответствующий элемент вектора  $k^{\text{CONTR}}$ .
- Если  $k_i^{\text{AS}} < k_i^{\text{CONTR}}$ , и  $k_i^{\text{CONTR}} - k_i^{\text{AS}} \geq p$ , агент покидает систему.



- Если  $k_i^{AS} > k_i^{CONTR}$ , и  $k_i^{AS} - k_i^{CONTR} > p^+$ , агент премируется денежными средствами  $m^{prize}$  (аналог стипендии).

2) Если агент AS обладает денежными средствами  $m^{AS}$ , а контроль требует денежных средств не менее  $m^{CONTR}$ , то:

- Если  $m^{AS} < m^{CONTR} * mpr^{AS}$ , и  $m^{CONTR} - m^{AS} < \gamma$ , то при следующем контроле норма денежных средств должна быть больше на  $m^{CONTR}$ , по сравнению с базовым значением. Другими словами, если у агента денежных средств меньше, чем необходимо, но не на много (отличие от нормы меньше, чем константа  $\gamma$ ), в следующий раз его норма будет на постоянную величину  $m^{CONTR}$  больше, чем общее значение  $m^{CONTR}$ .
- Если  $m^{AS} < m^{CONTR} * mpr^{AS}$ , и  $m^{CONTR} - m^{AS} \geq \gamma$ , агент покидает систему.
- Значения  $p^-$ ,  $p^+$ ,  $k_i^{CONTR}$  ( $i=1..n$ ),  $\gamma$ ,  $m^{CONTR}$  передаются в «предупреждении об акте контроля» и известны всем агентам AS-типа, наряду со значениями вектора  $k^{CONTR}$  и числа  $m^{CONTR}$ .

Причина деятельности любого AS-агента в системе – желание осуществить свои цели:

1. Остаться в системе;
2. Сэкономить (накопить) максимум ресурсов, приоритетных для агента.

В определенные промежутки времени агенты системы испытывают воздействия со стороны среды, в которой находятся. Среда порождает процессы, которые требуют наличия у агентов определенного уровня знаний и денег. Если агент не обладает требуемым объемом ресурсов, он покидает систему, то есть не осуществляет своей главной цели. В случае если объем ресурсов больше определенного порога, агент может получить награду. (Например, имея большой объем знаний по ключевым областям, агент получает денежную награду – аналог стипендии).

В данной модели не понятна роль денежных средств  $m$ , необходимых агенту AS для прохождения «акта контроля». Если трату денежных средств  $m$  и времени  $t$  для получения знаний  $k$  и трату знаний и времени для получения денежных средств еще можно допустить в

рамках модели, то необходимость в денежных средствах для прохождения «акта контроля» и накопление долга сильно приближает модель к негативным сторонам реальной жизни.

В работе Федяева О. И., Жабской Т.Е., Грач Е.Г., «Многоагентная модель процесса обучения студентов на кафедральном уровне» рассматривается задача построения новой модели процесса обучения студентов дисциплинам, основанная на агентно-ориентированном подходе, которая на основе сохранения близких к реально существующим взаимоотношениям между участниками учебного процесса и предоставления возможности автономного и распределенного выполнения учебно-методических обязанностей позволяет повысить децентрализованность и индивидуальность работы всех участников процесса обучения на кафедральном уровне.

В учебном процессе, выполняемом кафедрой, участвуют следующие субъекты: профессорско-преподавательский состав кафедры (заведующий кафедрой M, лекторы L1, L2, ..., Ln, ассистенты P1, P2, ..., Pk), лаборанты (Y1, Y2, ..., Ym), студенты (X1, X2, ..., Xn). На каждом отрезке времени (семестре) студенты изучают предусмотренные учебным планом специальности дисциплины (D1, D2, ..., Dm). Изучение каждой дисциплины включает прослушивание лекций (Lect1, Lect2, ..., Lectk), выполнение лабораторных работ, возможно выполнение курсовой работы и сдачу экзамена (зачёта). Для успешной учебы студентам необходимо посещать лекции и общаться с преподавателями на практических и лабораторных занятиях, т.е. существуют установленные взаимодействия и взаимоотношения между субъектами учебного процесса. [3]

Учебный процесс может быть описан следующими компонентами:

$$УП = (S, K, R, Act, I, T, U),$$

где  $S = \{M, (X1, X2, \dots, Xn), ((L1, L2, \dots, Ln), (P1, P2, \dots, Pk)), (Y1, Y2, \dots, Yl)\}$  – множество субъектов учебного процесса;  $K$  – среда (кафедра), в которой функционирует данный процесс;  $R$

– отношения, установленные для субъектов учебного процесса (горизонтальные: лектор-ассистент, лектор-диспетчер; вертикальные: студент-лектор, студент-ассистент, студент-диспетчер); Act – множество действий, выполняемых субъектами; I – множество установленных видов общения и взаимодействий между субъектами; T- расписание учебных занятий; U – состояние выполнения учебного плана студентом (экзаменационные ведомости, учебно-методические карты дисциплин).

Учебный процесс на кафедре (K) выполняется посредством действий (Act) и взаимодействий (I) между конкретными субъектами ( $X_i, L_i, P_i, Y_i$ ), определяемыми кафедрой отношением R (например, лектор-дисциплина-студент, лектор-ассистент), происходящих по строгому расписанию (T). Кафедра,

моделирования является распределенным и динамичным.

Ставится цель создать такую компьютерную среду обучения (виртуальную кафедру  $K'$ ), в которой сохраняются все необходимые для учёбы отношения (R) и устраняются жесткие пространственно-временные ограничения в виде расписания занятий (T) (рис.1):

$$УП = \{S, K', R, Act, I, U\}.$$

Такая среда может быть построена только на основе агентно-ориентированного подхода, использующего принципы распределенного искусственного интеллекта [4].

Для разработки агентно-ориентированной модели процесса обучения на кафедральном уровне применялась универсальная методология «Gaia» [5], позволяющая учитывать осо-

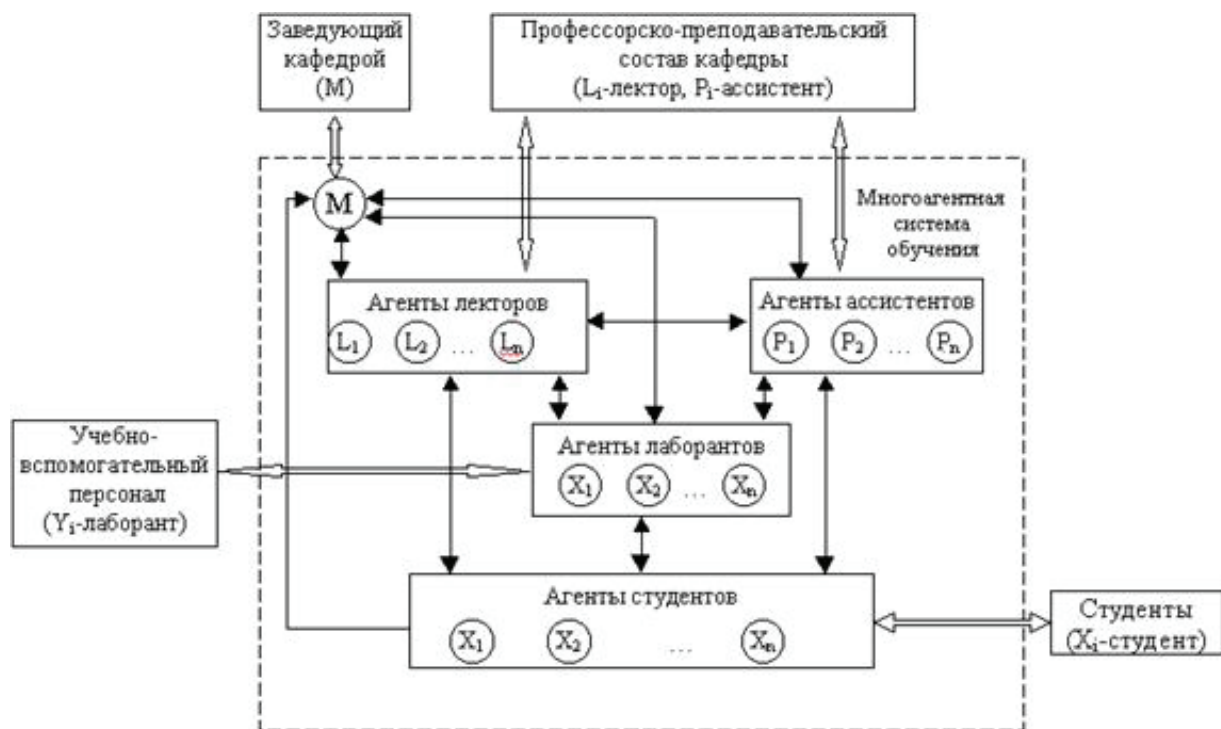


Рис. 1. Схема организации индивидуального обучения студентов на основе агентно-ориентированного подхода

как среда для проведения учебного процесса, может накладывать различные ограничения, например, в виде дефицита аудиторий. Таким образом, учебный процесс как объект

бенности системы обучения на макро и микро уровнях. С помощью этой методологии выполнен агентно-ориентированный анализ обучения, который позволил системно перейти от

этапа постановки задачи на создание компьютерной среды обучения к этапу проектирования различных моделей виртуальной кафедры, удобных для программной реализации.

Для детализации моделей выделены абстрактные и конкретные понятия поставленной задачи. К абстрактным понятиям отнесены роли, полномочия, обязательства, протоколы, активность, обязательства жизнеспособности, условия безопасности. Эти понятия используются во время анализа для концептуализации системы. Конкретные понятия (например, агентные типы, услуги, связи между агентами) используются на этапе проектирования и имеют непосредственный программный аналог в системе. МАС обучения на уровне кафедры рассматривается как набор ролей, которые определенным образом взаимосвязаны между собой и принимают участие в постоянных и наделённых законным статусом образцах взаимодействия с другими ролями.

В работе выделены и описаны роли взаимодействующих должностных лиц и сотрудников кафедры: студента, лектора, лаборанта, ассистента. К положительным сторонам работы относятся подробное описание ролей на примере роли «Студент», примеры протоколов взаимодействия, описанные в соответствии с методологией «Gaia» - модель агентов МАС, модель услуг и модель связей.

Работа Глибовец Н.Н. «Использование JADE (Java Agent Development Environment) для разработки компьютерных систем поддержки дистанционного обучения агентного типа» посвящена особенностям агентных технологий и перспективам их использования для разработки компьютерных систем поддержки дистанционного обучения.

В случае рассмотрения компьютерной системы поддержки дистанционного обучения (КСПДО) средой для взаимодействия агентов и человека видится специализированная программная оболочка, которая обеспечивает интерфейс между учеником (слушателем), учителем и администратором. [9]

Представлены три агента: «слушатель» который взаимодействует с «преподавателем»

используя возможности «администратора». При этом функциональность каждого агента такая же, как и в реальном процессе обучения. Например, одним из сценариев такого взаимодействия может быть: «слушатель» сдает тест проверки знаний и отправляет «преподавателю» для проверки; «преподаватель» проверяет тест и передает результаты тестирования «администратору».

Понятие автономности является естественным и очень важным для систем дистанционного обучения. Понятно, что слушатель будет отдавать предпочтение индивидуальному стилю обучения. Все действия как слушателя так и учителя, администратора наперед предусмотреть невозможно. Поэтому персональный помощник одной из групп должен иметь возможность самостоятельной оценки ситуации, желаний, предпочтений и т.п. и на их основе: порождать новые сценарии общения; делать перехват инициативы диалога; иметь способность самообучения с помощью использования обратной связи между участниками общения; кооперировать действия нескольких представителей групп агентов на решения какой-то общей задачи.

Миграция агентов может поддерживаться не только между постоянно присоединенными к сети узлами, но и между мобильными платформами, которые подключаются к постоянной сети на некоторые промежутки времени и возможно по низкоскоростным каналам. Клиент присоединяется к постоянной сети на короткий промежуток времени с мобильной платформы, отправляет агента для исполнения задачи и отсоединяется; потом клиент присоединяется к другому узлу сети и забирает результаты работы агента. Другой вариант – сервер, на который должен переместиться агент, присоединяется до сети, а потом отсоединяется. В этом случае агент должен уметь переместиться на такой сервер, который временно присоединяется, и вернуться в постоянную сеть.

Перспективными отраслями использования мобильных агентов в КСПДО видятся: навигация и просмотр, получение информации из хранилищ, сортировка и классификация,

фильтрация; напоминание, программирование, диспетчеризация (scheduling), поддержка советами; тренинги, ориентация в предмете, предоставление помощи, поиск новой инфор-

который содержит информацию о предметах, студентах и т.п.;

*File Server* – файловый сервер, хранит все материалы и контрольные работы.

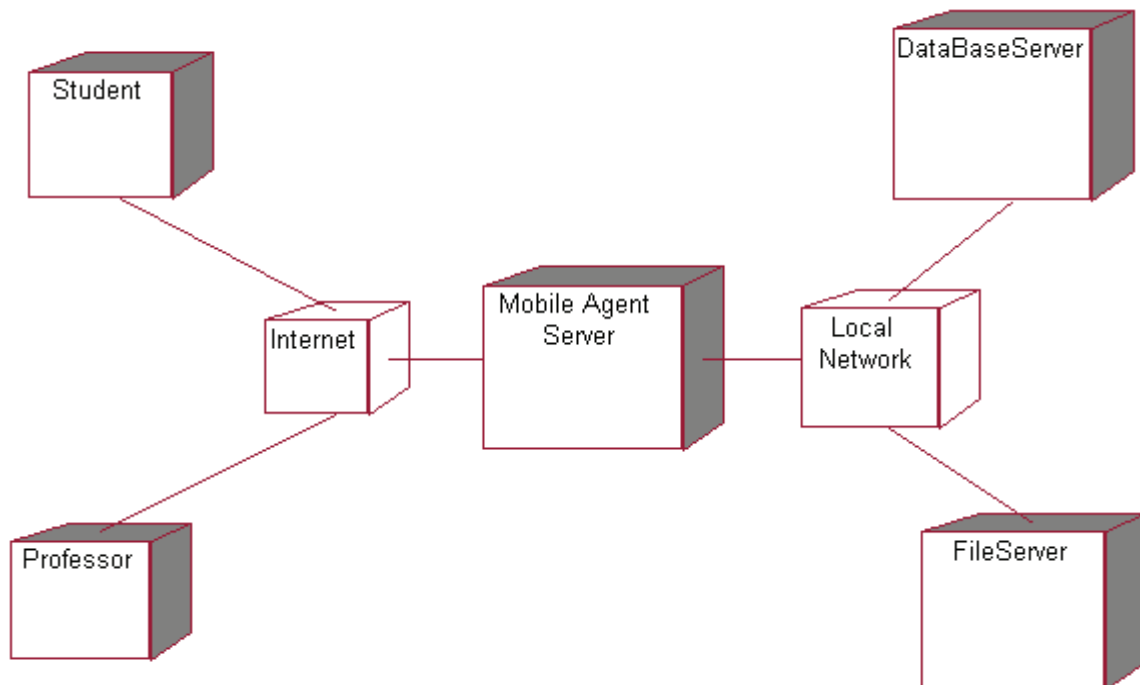


Рис.2. Модель КСПДО агентного типа

мации; противник в играх, партнер в играх.

В работе представлена разработанная при помощи языка UML (Unified Modeling Language) модель КСПДО агентного типа.

*Student* – компьютер студента, который использует мобильный агент для обучения;

*Professor* – компьютер профессора, который использует сервер дистанционного обучения (мобильного агента) для проверки и предоставления новых заданий;

*Internet* – группа устройств, предоставляющих доступ к глобальной сети Интернет;

*Mobile Agent Server* – сервер мобильных агентов;

*Local Network* – устройства локальной сети, обеспечивающие связь серверов;

*DataBase Server* – сервер БД (например, MS SQL Server 2000, Oracle9i, DB/2 Sybase),

В работе описаны диаграммы физической структуры системы, диаграмма взаимодействия классов агента обучения, диаграммы обмена сообщениями между агентами. Данные диаграммы дают наглядное представление о взаимодействии элементов MAS.

Также к достоинствам работы можно отнести проработанность описания программной части системы, четкое описание классов и методов.

В работе проанализированы как теоретические, так и практические особенности использования агентных технологий в КСПДО. Модель MAS построена с учетом основных характерных черт дистанционного образования – гибкости, модульности, параллельности, технологичности.

### Выводы

В данной статье кратко рассмотрены работы, посвященные моделированию процесса обучения и применению мультиагентных систем для моделирования процесса обучения.

Моделирование процесса обучения – сложная, многокритериальная задача для моделирования. На процесс обучения воздействует множество явных и скрытых факторов.

Применение МАС в моделировании процесса обучения эффективно применимо в моделировании систем дистанционного обучения.

Моделирование мониторинга процесса

обучения с использованием агентов видится в двух вариантах:

а) Агенты для мониторинга среди агентов – студентов, агентов – преподавателей и т.п. в МАС моделирования процесса обучения, реализованной на агентной платформе.

б) Агенты в виде программных сущностей, анализирующих существующие информационные потоки и базы данных (журналы успеваемости, отчеты, результаты тестирования)

Более перспективным представляется первый вариант, т.к. он обеспечивает более гибкое управление и возможность оперативного внесения изменений.

### Список литературы:

1. Марахтанов А.Г., Варфоломеев А.Г. Многоагентная модель студенческой группы как инструмент управления качеством обучения. Материалы международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» (26 - 28.02.2007, г. Екатеринбург). 2007. Т. 2. С. 148-150.
2. Евгеньев Г.Б., Нехорошкин Н.И., Ященко В.В. Многоагентная система управления целевыми программами// Научная сессия МИФИ-2006. Сб. науч. тр. В 16 томах. Т.3. Интеллектуальные системы и технологии. – М.: МИФИ, 2006. – с. 26-27.
3. Федяев О. И., Жабская Т.Е., Грач Е.Г., «Многоагентная модель процесса обучения студентов на кафедральном уровне». Сб. науч. тр. ДонНТУ. Серия: «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем» (МАП-2006), выпуск 5(116) — Донецк: ДонНТУ, 2006. — с. 105-116.
4. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика – М.: УРСС, 2002
5. Elisabeth A. Kendall, Margaret T. Malkoun, and Chong Jiang. A methodology for developing agent based systems for enterprise integration. In D. Luckose and Zhang C., editors, *Proceedings of the First Australian Workshop on DAI, Lecture Notes on Artificial Intelligence*. Springer-Verlag: Heidelberg, Germany, 1996.
6. Вашик К., Кудрявцев В. Б., Строгалов А. С., *Проект “IDEA”. Введение в новое поколение программного обеспечения типа ICBI для передачи знаний и навыков с помощью экспертной системы*, Link & Link Software GmbH, Dortmund, 1995
7. В. Б. Кудрявцев, П. А. Алисейчик, К. Вашик, Ж. Кнапп, А. С. Строгалов, С. Г. Шеховцов, «Моделирование процесса обучения», *Фундамент. и прикл. матем.*, **15:5** (2009), 111–169
8. Кудрявцев В. Б., Алёшин С. В., Подколзин А. С., *Введение в теорию автоматов*, Наука, М., 1985
9. Глибовец Н.Н. Использование JADE (Java Agent Development Environment) для разработки компьютерных систем поддержки дистанционного обучения агентного типа // *Educational Technology & Society* - №8(3) - 2005 - С. 325-345

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ ВЫВОЗКИ ЛЕСНОГО СЫРЬЯ И ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ

**Ляхов Сергей Владимирович**,  
аспирант, Уральский государственный  
лесотехнический университет (Екатеринбург)  
05.21.01  
21984@e1.ru

**Аннотация.** Для удобства и простоты расчета представлена программа *Forest Machine*. Она позволит в быстро и точно получить результат с любой комбинацией лесовозных автопоездов и маршрутов, а также оценить эффективность эксплуатации любого лесовоза.

**Ключевые слова:** лесовоз, автопоезд, энергозатраты, эффективность.

## DEFINITION OF SPECIFIC POWEREXPENSES FOREST REMOUVAL AND TECHNICAL AND OPERATIONAL PERFORMANCE BY THE LORRIES

**Lyahov Sergei Vladimirovich**  
Graduate student, the Ural State  
Forest Engineering University (Yekaterinburg)

**Abstract.** For convenience and simplicity of calculation program *Forest Machine* is presented. Will allow in quickly and precisely to receive result with any combination the timber lorry convoys and routes, and also to estimate efficiency of operation of any timber lorry.

**Keywords:** timber lorry, lorry, powerexpenses, efficiency.

Основной целью оценки эффективности взаимодействия автомобилей с грузом и дорогой как элементов общей системы транспортирования является установление того, насколько эффективно каждый из них выполняет заданную функцию в конкретных условиях [1]. Для такой оценки, в условиях лесозаготовки, необходимо иметь функциональный критерий взаимодействия лесного сырья, автопоезда и дороги, с учетом ограничений, накладываемых окружающей средой.

В результате рассмотрения основных показателей работы лесовозного автомобильного транспорта для дальнейшего анализа из общей номенклатуры показателей остаются: коэффициент выпуска ( $a_0$ ), динамический коэффициент использования грузоподъемности ( $y_{дин}$ ),

коэффициент использования пробега ( $\beta$ ), эксплуатационная скорость автомобиля ( $V_j$ ) [2].

Для целей планирования и анализа показателей работы лесовозов в ЗАО “Фанком” приняты следующие модели автопоездов: Урал-43204, Урал-444403, Урал-5557, Ивеко 633929, Ивеко АМТ 633910.

Использование лесовозов и сортиментов по различным направлениям определяется в зависимости от технологии лесозаготовки и наличием погрузочно-разгрузочных средств на лесосеке или подвижном составе. На основе парка лесовозов ЗАО “Фанком” выполнен анализ маршрутов движения с учетом наибольшего объема вывозки и типа подвижного состава. Величина уклонов дороги учтена с шагом 1 км. При со-

ставлении маршрутов были проанализированы ездки лесовозов за сезон 2010/2011 гг. Характеристики маршрутов движения лесовозов представлены в табл. 1, на рис. 1 графически представлен маршрут Фоминка – Биржа Бабушкино.

Исследование по маршрутам вывозки лесоматериалов было проведено с помощью системы АвтоТрекер – многофункциональной интеллектуальной системы ГЛОНАСС/GPS

мониторинга для удаленного контроля работы автотранспорта. [3]

На рис. 1 показан маршрут движения лесовозного автопоезда УРАЛ-43204 (в составе с прицепом-ропуском ГKB-9851) с грузом. Перепад высоты от места отправления до места прибытия составляет 74 м, маршрут характерен генеральным уклоном, имеющим значение 15<sup>0</sup>/<sub>00</sub> и большой протяженностью [3].

Таблица 1

**Маршруты движения лесовозных автопоездов**

Модель автопоезда	Пункт отправления	Пункт прибытия	Длина пути, км	Перепад высоты, м	Средний объем перевозимого груза, м <sup>3</sup>
Урал-43204	Фоминка	Б. Бабушкино	116	74	27,3
Урал-444403	Толстого	Б. Бабушкино	68	70	26,9
Урал-5557	Арамашево	Б. Бабушкино	57	45	23
Ивеко 633929	Кировское	Б. Бабушкино	45	66	51
Ивеко АМТ 633910	Бобровка	Б. Бабушкино	50	54	48

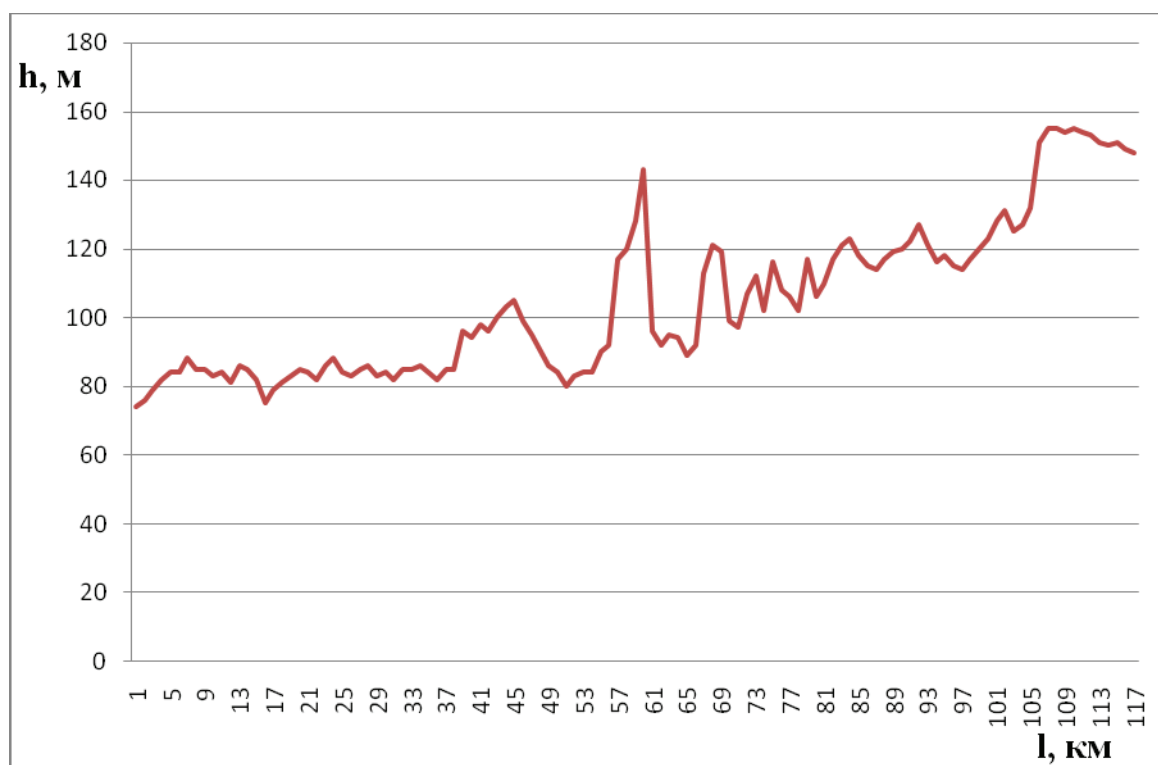


Рис. 1. График изменения высоты над уровнем моря по маршруту Фоминка – Биржа Бабушкино (Урал-43204)

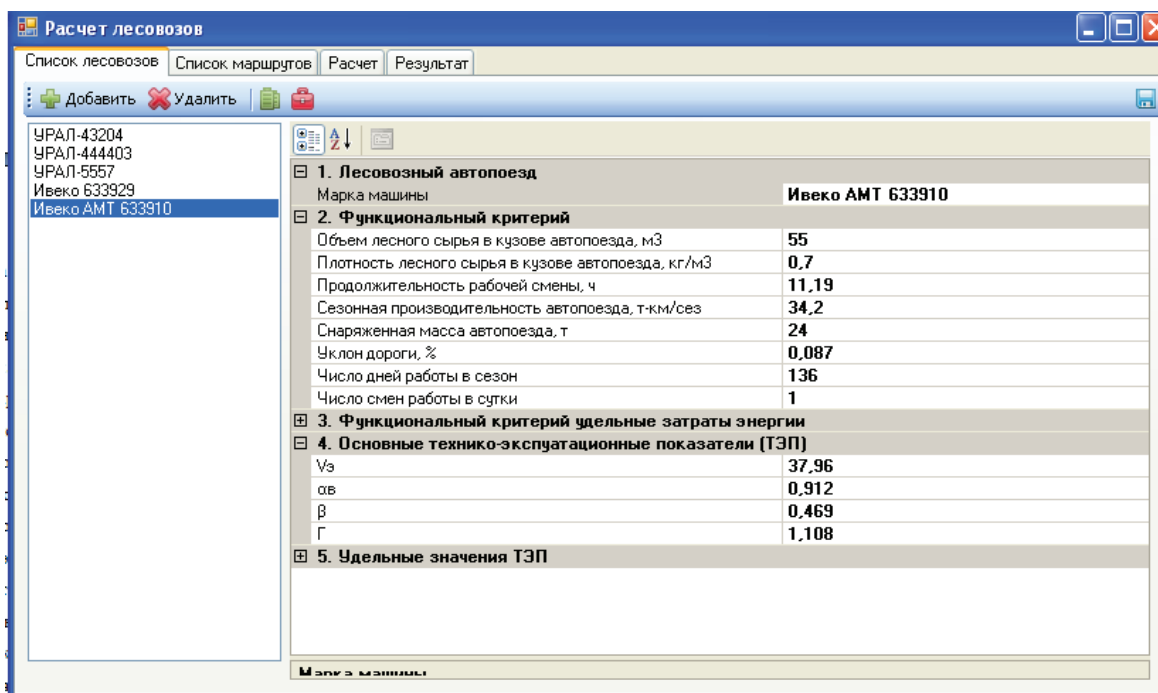


Рис. 2. Ввод исходных данных и формирование парка лесовозных автопоездов в программе Forest Machine

Для расчета удельных энергозатрат транспортирования лесоматериалов была разработана программа Forest Machine, учитывающая основные технические параметры и специальные условия эксплуатации лесовозного автопоезда, а также средневзвешенный уклон на каждом маршруте. Программа помогает достаточно быстро и легко подобрать подвижной состав с наименьшими затратами энергии транспортирования лесного сырья. Для этого достаточно выбрать подвижной состав из базы программы расчета либо завести новый, определив его основные технические параметры и сохранив в базе (рис. 2).

Помимо этого, можно проводить анализ состояния парка подвижного состава, занятого на вывозке лесоматериалов. Анализ позволяет оценить уровень эффективности эксплуатации лесовозов и определить наиболее значимые

показатели и их степень влияния на уровни эффективности. Расчеты показали, что наиболее влиятельным параметром является эксплуатационная скорость лесовоза. В следствии этого необходимо разрабатывать мероприятия для повышения эксплуатационной скорости. Одним из вариантов является применение манипуляторов на лесовозах, что сокращает время простоя на лесосеке.

На рис. 3 представлен этап расчета удельной энергии ввозки лесного сырья в программа Forest Machine, результаты расчета на рис 4.

Выполненные таким образом расчеты позволяют рационально организовать работу лесовозных автопоездов по определенным маршрутам, проанализировав парк лесовозов, маршруты движения с точки зрения уклонов.



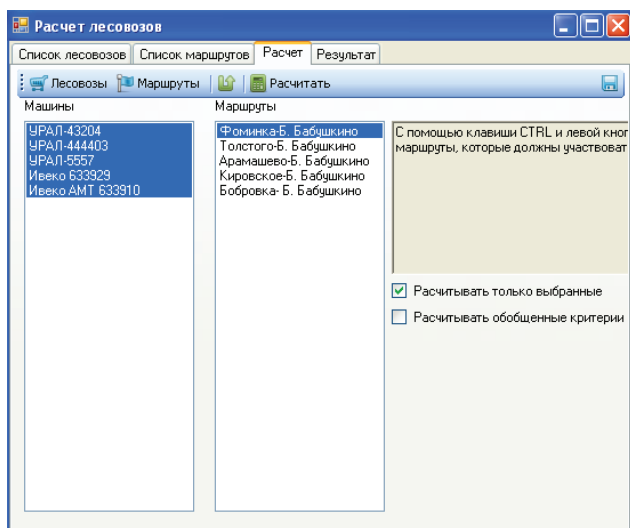


Рис. 3. Выбор лесовозных автопоездов и маршрута вывозки лесного сырья для расчета удельной энергии

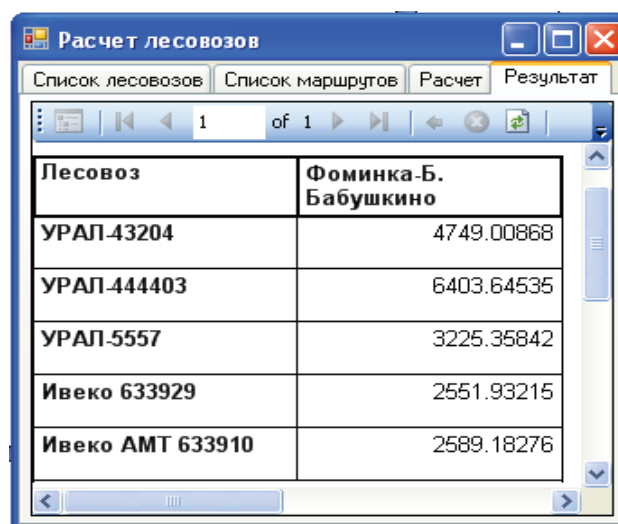


Рис. 4. Удельные значения энергозатрат (кДж/м<sup>3</sup>) вывозки лесного сырья лесовозными автопоездами по маршруту Фоминка- Биржа Бабушкино, рассчитанные в программе Forest Machine

#### Список литературы:

1. Радкевич, Я. М. Методология прогнозирования параметров горных машин (на примере очистных комбайнов): Автореф. дисс.... докт. техн. наук. -М., 1993. -36 с.
2. Алексеева, И. М. Статистика автомобильного транспорта: Учебник / И. М. Алексеева, О. И. Гончаренко, Е. В. Петрова // М.: Изд-во «Экзамен», 2005. 352 с.
3. Будалин, С. В. Расчет удельных энергозатрат вывозки лесоматериалов автопоездами [Текст] // С. В. Будалин, С. В. Ляхов, Д. Н. Некрасов // Научно-технический журнал: Естественные и технические науки №8(58). М, 2011, С. 455-458.

## Требования к оформлению рукописей статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе "Антиплагиат".

**За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно–практический журнал "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Список литературы составляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, СМУК.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0–11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные – 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, СМУК.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф–редактору научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" ( e-mail: [redaktor@nauteh-journal.ru](mailto:redaktor@nauteh-journal.ru) ).