

ISSN 2411-1899



ЕВРАЗИЙСКОЕ НАУЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

XV Международная научная конференция



МОСКВА

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
НАУКИ**Баяндин А.В.**

Основные параметры элементов пространства нематериального эфира1

Зиязетдинов Ф.М.

Строение атомов 7

Ильина Е.Е., Волков К.Н., Булат П.В.

Модель взаимодействия лазерного излучения с каплей 10

Косбергенова М.С.

О совпадении собственных значений двух задачи Дирихле 13

Косбергенова М.С.

О существенной самосопряженности оператора Шредингера с сингулярным коэффициентом17

Кудрявцев Ю.С.

Парадоксы Большого Взрыва и возможность их разрешения 21

Львов О.С.

Модификация уравнения Клейна-Гордона . .26

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Агапкин А.М., Калинина О.М.

Товароведная характеристика новых сортов пшеничного хлеба31

Александров В.И., Сержан С.Л.

Параметры системы с грунтозаборным устройством для добычи железо-марганцевых конкреций морского дна35

Булат М.П.

О возможности применения глубоко подкритического СВЧ-разряда для стабилизации сверхзвукового горения 42

Гаврилов Г.Н., Жернаков С.В.

Применение Марковской цепи для моделирования функционирования мобильной операционной системы (ОС), типа Android с учетом воздействия вредоносных программ 45

Ерзиков А.М., Такмовцев В.В.,**Ильюшкин Н.А.**

Повышение надежности силовых установок для наземного применения 48

Истомина А.А.

Товароведная характеристика и ассортимент сухарных изделий в г. Электросталь Московской области50

Каюмов И.А., Егина А.А.

Совершенствование профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов по профилю водоснабжение и водоотведение53

Мусина Г.К.

СМК для пищевой промышленности показатель качества продукции57

Сидорова В.С.

Иерархический гистограммный кластерный алгоритм с выбором размерности пространства спектральных признаков для данных дистанционного зондирования Земли 58

Синявская Ю.А., Корнилов В.А.

Оптимальный структурно-параметрический синтез контуров управления беспилотных летательных аппаратов 61

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Агапкин А.М.

Основные направления борьбы с потерями зерна при хранении 65

Муллагулов Р.Ю., Муллагулова Э.Р.Изучение особенностей семенного размножения *Allium nutans* L.67**Реутов В.П.**

Нитратно-нитритный фон существования современного человека и продолжительность жизни68

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

- Швалев В.Н., Реутов В.П., Рогоза А.Н.**
Нервная трофика и механизмы ее нарушения
при сердечно-сосудистых заболеваниях:
возможная роль оксида и диоксида азота . . 77

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Ефремова М.И., Чирикова Н.К.,
Федоров А.А.**
Применение пищевых растений в народной
медицине Якутии 83
- Коновалова В.М., Плотникова А.А.**
Анатомо-диагностическое изучение травы
горца земноводного наземной формы84

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Основные параметры элементов пространства нематериального эфира

Баяндин Александр Васильевич, соискатель научной степени,
кандидат философских наук, отдел философии, директор
Института философии и права сибирского отделения Российской академии наук (ИФиПр СО РАН)
ООО «Вега Плюс» (г. Новосибирск)

Аннотация. На основании Теории cGh, представленной автором в книге [3], целью статьи являются описание свойств и характеристических параметров элемента пространства, т.н. Биона.

Alexander Bajandin, the competitor of scientific degree to. Phil. Sc. Department of Philosophy,
director
Institute of philosophy and law of the SB RAS science
LLC "Vega Plus", <http://vega-plus.tiu.ru>, Novosibirsk

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разрабатываются теории объединенного описания всех четырех фундаментальных взаимодействий, основанные на концепции суперсимметрии, называемые расширенной супергравитацией.

При $E = 10^{19}$ ГэВ, называемой планковской энергией, константа Великого объединения сравнивается с константой гравитационного взаимодействия. Величина энергии получается **комбинацией трех мировых констант**:

$$E_{Pl} = (\hbar c^5 / G)^{1/2} \approx 10^{19} \text{ (ГэВ)}$$

где $\hbar$ - приведенная постоянная Планка, c - скорость света, G - гравитационная постоянная.

Планковская энергия соответствует планковской длине

$$L_{Pl} = (G \hbar / c^3)^{1/2} = 1.6161 \cdot 10^{-33} \text{ (см)}.$$

Величина

$$M_{Pl} = (\hbar c / G)^{1/2} \approx 2.17665 \cdot 10^{-5} \text{ (г)}$$

называется массой Планка.

Планковское время

$$T_{Pl} = (G \hbar / c^5)^{1/2} = 5.29072 \cdot 10^{-44} \text{ (с)}.$$

Условия для объединения взаимодействий могли существовать в самом начале образования Вселенной. Реликтами эпохи образования Вселенной являются микроволновое излучение, отвечающее температуре 2.7 К, и, возможно, монополи Дирака - гипотетические магнитные заряды" [1]

Практически достичь энергии встречных пучков, сравнимых с энергией 10^{19} (ГэВ) невозможно (необходим коллайдер размером с нашу Вселенную), да и метод разрушения материи на этих энергиях явно непригоден. Необходим эффективный теоретический метод рождения материи из эфира пространства.

I. МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ ТОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЭФИРНОГО ПРОСТРАНСТВА

1. Обобщенные законы сохранения и превращения в современном естествознании.

Рассмотрим понятие обобщенный закон сохранения и превращения в более широком смысле, чем в предыдущем абзаце, а именно - как символическое соотношение изменяющихся по количеству и качеству величин относительно взаимосвязанной с ними неизменной (постоянной, инвариантной) величины. Используя богатый статистический материал открытых в естествознании научных законов и закономерностей, а также - метод индукции, выражения для обобщенных законов сохранения и превращения запишем в символической форме:

$$A(x, y, z; t) \times B(x, y, z; t) = const \quad (6)$$

$$\frac{A(x, y, z; t)}{B(x, y, z; t)} = const \quad (7)$$

$$A(x, y, z; t) - B(x, y, z; t) = const \quad (8)$$

$$A(x, y, z; t) + B(x, y, z; t) = const \quad (9)$$

где: x, y, z - координаты трехмерного пространства; t - время.

Приведенные выражения для обобщенных законов сохранения соответствуют законам сохранения для т.н. замкнутых материальных систем. Используя уравнение для закономерности, полученной в [2] для открытых развивающихся материальных систем и отличающейся от замкнутых систем только нормированием изменяющихся величин в изменяющемся ареале к количественному параметру p изменения ареала, запишем выражение (6) для обобщенного закона сохранения и

превращения *движения* (как необходимое и достаточное выражение для всего ареала законов сохранения) для открытых материальных систем:

$$A(r, t; p) \times B(r, t; p) / \frac{1}{p} = \text{const} \quad (10)$$

«произведение где: p - в общем случае - количественный параметр, характеризующий общее изменение движения материальной системы; r - в общем случае - вектор $\vec{r}(x, y, z)$, ориентированный в пространстве с координатами x, y, z , либо - скаляр $r(x, y, z)$; t - временной параметр,

A, B - переменные изменяющиеся величины, дискретные, либо непрерывные - в зависимости от количественных соотношений пространственно-временных параметров. В качестве примера для последних условий можно представить величину A как меру движения - энергию, зависящую только от времени t .

Величину B можно определить как радиус кривизны пространства r . Таким образом, выражение для обобщенного закона сохранения и превращения (6) принимает следующий вид:

$$E(t) \times r(t) = \text{const} \quad (11)$$

2. К вопросу объединения фундаментальных взаимодействий материи в природе.

Вспользуемся физическими принципами, изложенными в части 1 настоящей раздела статьи, и формулой обобщенного закона (11) для анализа гравитации, электромагнетизма и электростатического (Кулоновского) и магнитного взаимодействий и работой [3].

2.1. Квант электромагнитного поля.

Для квантов электромагнитного (э/м) поля с энергией кванта $E = h\nu$ и скоростью света $c = \lambda\nu$ найдем формулу закона сохранения и превращения из следующих соображений:

Используем формулу для скорости света $c = \lambda \times \nu$ и, умножив левую и правую части этого выражения для скорости света на постоянного Планка h , получим:

$$h\nu \times \lambda = hc \quad (12)$$

или

$$E_{\text{э/м}} \lambda_{\text{э/м}} = hc = \text{const}$$

энергии на длину волны (кванта времени на квант пространства) равно квадрату заряда электромагнитного поля (квадрату квантово - механического заряда)».

2.2. Гравитация.

Для силы гравитационного взаимодействия используем закон всемирного тяготения (Ньютона):

$$F = \gamma \frac{m_{\text{зр}} m_{\text{э/м}}}{r^2} \quad (14)$$

где: F - сила гравитационного взаимодействия между материальными частицами, телами или - взаимодействие частицы с собой, либо со своими частями;

γ - гравитационная постоянная, равная $6.6720 \times 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}^2}$ в единицах системы СИ.

В дальнейшем это замечание действует на все размерные величины.
 $m_{\text{зр}}$ - гравитационная масса частицы (в общем случае);

$m_{\text{э/м}}$ - электромагнитная масса частицы.

r - расстояние гравитационного взаимодействия.

Преобразуем выражение (14) таким образом, чтобы получить формулу обобщенного закона (11), а значит и (13). Для этого перепишем (14) следующим образом:

$$F \cdot r^2 2\pi = 2\pi\gamma \cdot m_{\text{зр}} m_{\text{э/м}} = F \cdot r \cdot 2\pi \cdot r = E_{\text{зр}} \cdot \lambda_{\text{зр}} \quad (15)$$

где: $E_{\text{зр}}$ - энергия гравитации (тяготения);

$\lambda_{\text{зр}}$ - длина волны гравитационного взаимодействия.

$\gamma \cdot m_{\text{зр}} m_{\text{э/м}}$ - квадрат гравитационного заряда взаимодействия частиц (частицы со своими частями...).

2.3. Электростатика.

Для Кулоновского (электростатического взаимодействия) уравнение для силы взаимодействия зарядов $e = 1.6021 \cdot 10^{-19}$ Кл:

$$F_e = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} = \sigma \cdot \frac{e^2}{r_e^2} \quad (16)$$

где: $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} 10^{-9}$ (Ф/м), $\sigma = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$.

Преобразуем (16) по аналогии с преобразованиями в разделе 3.2:

$$E_e \lambda_e = \frac{e^2}{2 \cdot \epsilon_0} = \text{const} \quad (17)$$

где: в правой части формулы (17) - e^2 - квадрат элементарного электрического заряда.

Постоянную тонкой структуры α найдем из соотношения, путем деления выражения (17) на выражение (13):

$$\frac{E_e \lambda_e}{E_{\text{эл/м}} \lambda_{\text{эл/м}}} = \frac{e^2}{2\epsilon_0 hc} = \alpha = \frac{1}{137} \quad (18)$$

2.4. Магнитные свойства ЭП.

Вспользуемся уравнением для катапультирующих сил, т.е. для действия магнитного поля на ток в сверхпроводящем кольце с током:

$$F_\mu = \xi \cdot \frac{\mu^2}{r_\mu^2} \quad (19)$$

где: ξ - относится к магнитному полю; $\mu = I \cdot L_l$ - гипотетический магнитный заряд токового элемента минимальной длины L_l и током I (монополю Дирака), размерностью $[A \cdot m]$

Магнитную постоянную ξ найдем из соотношения электрической и магнитной постоянных, равных квадрату скорости света, найденной еще Максвеллом [4, с.297]:

$$\frac{\sigma}{\xi} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\xi} = c^2 = \frac{1}{\mu_0\epsilon_0} \quad (20)$$

$$\xi = \frac{\mu_0}{4\pi} - \text{магнитная постоянная для магнитного поля.}$$

Преобразуем (18) по аналогии с преобразованиями в разделе 3.2:

$$E_\mu \cdot \lambda_\mu = \frac{2\pi\mu_0\mu^2}{4\pi} = \mu_0\mu^2 \frac{1}{2} \quad (21)$$

Естественные пульсации плоскости гравитации внутри элемента пространства приводят к образованию пульсирующего электрического и магнитного полей, составляющих электромагнитного поля.

Очевидно, что квадрат квантово-механического заряда, характеризующий электромагнитное поле образован произведением электрических и магнитных зарядов сверхпроводящего кольца с током:

$$E_{\text{эл/м}} \lambda_{\text{эл/м}} = hc = \sqrt{E_e \lambda_e E_\mu \lambda_\mu} = \sqrt{\frac{e^2}{2\epsilon_0} \frac{\mu_0 \mu^2}{2}} = \frac{\rho_e}{2} e \mu \quad (22)$$

$$\text{где: } \rho_e = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi(\text{Ом}) - \text{волновое сопротивление вакуума (эфира).}$$

Из (22) постоянная Планка:

$$h = \frac{e\mu_0\mu}{2} [\text{Дж} \cdot \text{сек}] \quad (23)$$

и магнитный заряд (монополю Дирака):

$$\mu = \frac{2h}{e\mu_0} = 6,59 \cdot 10^{-9} \approx \frac{10^{-5}}{154\pi^2} [A \cdot m] \quad (24)$$

Подставим в (21) выражение (24) для магнитного заряда:

$$E_\mu \cdot \lambda_\mu = \mu_0\mu^2 \frac{1}{2} = \frac{\mu_0 4h^2}{2e^2\mu_0^2} = \frac{2\epsilon_0 h^2}{e^2\mu_0\epsilon_0} = \frac{2\epsilon_0 h^2 c^2}{e^2} = \frac{hc}{\alpha} \quad (25)$$

и отношение (25) к (13):

$$\frac{E_\mu \cdot \lambda_\mu}{E_{\text{эл/м}} \lambda_{\text{эл/м}}} = \frac{hc}{\alpha hc} = \frac{1}{\alpha} = 137 \quad (26)$$

P.S. Если в выражении (23), вытекающем из (22) убрать **множитель 1/2** то выражение (26) примет следующий вид:

$$\frac{E_\mu \cdot \lambda_\mu}{E_{\text{эл/м}} \lambda_{\text{эл/м}}} = \frac{hc}{4\alpha hc} = \frac{1}{4\alpha} = \frac{137}{4} = 34,25 \quad (27)$$

что, к сожалению, совпадает с выражением $\beta_E = \frac{g_D^2}{2hc\mu_E} = \frac{1}{4\alpha_E} = 34,25$, в Википедии [5].

В настоящей статье электрические и магнитные взаимодействия асимметричны (α и $\frac{1}{\alpha}$), но их произведение равно 1,

что соответствует суммарному электромагнитному полю:

$$E_{\text{эл/м}} \lambda_{\text{эл/м}} = hc = \sqrt{E_e \lambda_e E_\mu \lambda_\mu} = \sqrt{\frac{e^2}{2\epsilon_0} \frac{\mu_0 \mu^2}{2}} = \frac{\rho_e}{2} e \mu \quad (28)$$

$$\text{т.е. равенству } \frac{\sqrt{E_e \lambda_e E_\mu \lambda_\mu}}{E_{\text{эл/м}} \lambda_{\text{эл/м}}} = \alpha \cdot \frac{1}{\alpha} = 1 \quad (29)$$

2.6. Причина простоты уравнений.

Почему мы рассматриваем, казалось бы, такие простые выражения для сохранения зарядов, а не - гамильтонианы полей, лагранжианы для действий? Объяснение также просто, как и использование простых выражений: нас интересуют фундаментальные свойства материи - физического Вакуума, а не - свойства вещества, элементами которого являются многочисленные долго и короткоживущие частицы. Примечательно еще и то, что, забегая вперед, масса ЭП значительно превосходит массы известных элементов структуры вещества - атомов, элементарных частиц. Т.е., мы, как - бы, имеем дело с обычной пылинкой $m=10^8 \text{ кг}$, но с необычными свойствами в реальном мире привычных масштабов измерения.

Схематичное распределение спектра масс для ЭП и элементарных частиц в условных единицах в зависимости от размеров (длины волны) частиц представлено на рис.1:

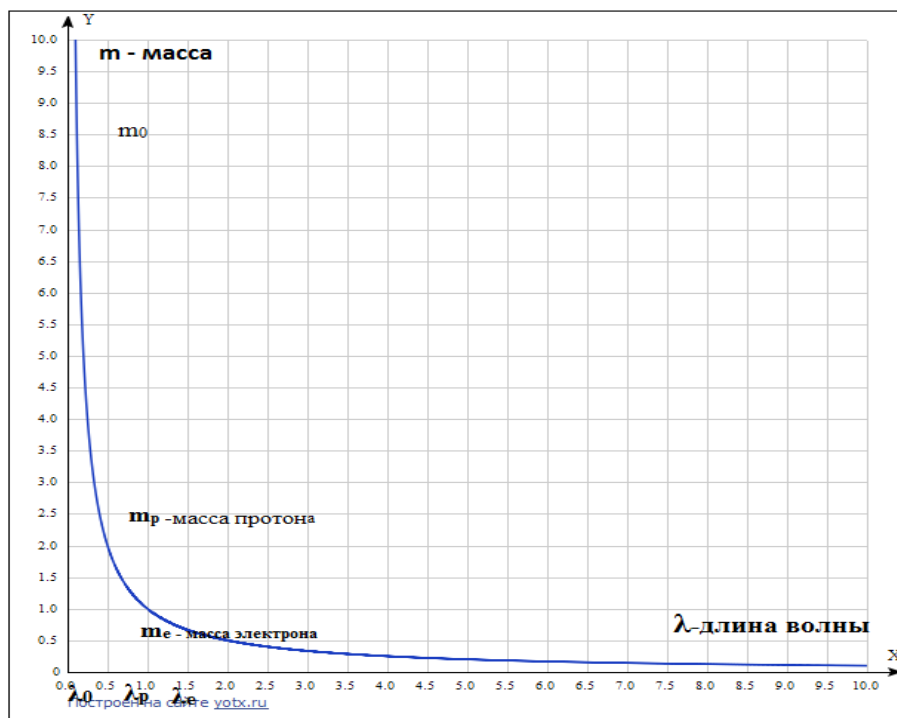


Рис.1. Спектр масс основных элементарных частиц в зависимости от длины волны (размеров частиц)

Попутно необходимо заметить, что движение ЭП в физическом вакууме происходит с постоянной скоростью c за счет изменения (уменьшения) массы ЭП.

II. ЭЛЕМЕНТЫ ПРОСТРАНСТВА

1. Основные состояния элементов пространства.

Пространство Метагалактики не имеет измерений, нематериально, т.к. заполнено нематериальной средой — эфиром [6] Эфир представляет собой среду хаотически расположенных в ней нематериальных (двумерных) элементов. Каждый такой элемент — плоский круг, гравитирующего двумерного вакуума, с длиной окружности:

$$L = 2\pi R_0 = \lambda_0 \approx 10^{-34} (\text{м}) \quad (30)$$

Основное состояние эфирных элементов пространства — покой. В этом "невозбужденном" состоянии они "слабо связаны" друг с другом и образуют короткоживущие виртуальные частицы при пульсации гравитационного радиуса элемента относительно $2\pi = \frac{\lambda_{ep}}{R_{ep}}$. При этом "слабая связь" проявляется во взаимном поглощении возникающих виртуальных частиц.

альных частиц.

Противоположное состояние элементов пространства - "возбужденное" энергетическое состояние, вызванное флуктуациями как среды, так и внешними энергетическими воздействиями. В этом состоянии элемент пространства приобретает импульс движения, равный:

$$p = \frac{h}{2\lambda_{э/м}} = \frac{m_{0,i}c}{2} = \frac{E_{э/м}}{2c} \quad (31)$$

и расходует кинетическую энергию при поступательном движении $\frac{pc}{2} = \frac{mc^2}{2}$. Расход кинетической энергии при движении элемента пространства происходит в соответствии с синхронным уменьшением массы и возрастанием длины электромагнитной волны:

$$m_{0,i} = \frac{h}{c\lambda_{э/м}} \quad (32)$$

Помимо поступательного движения, половина энергии $E_{э/м} = m_{0,i}c^2$ элемента пространства тратится на кинетическое

вращательное движение тороидального электромагнитного поля:

$$\frac{E_{э/м}}{2} = \frac{Z_{ин} \omega^2}{2} = \frac{m_{0,i} R_{э/м}^2 \omega^2}{2} = \frac{m_{0,i} c^2 R_{э/м}^2}{2 R_{э/м}^2} = \frac{m_{0,i} c^2}{2}, \quad (33)$$

где: $\omega = \frac{c}{R_{э/м,i}}$ - угловая скорость вращения тороидальной оболочки на периметре гравитационной плоскости вокруг

оси, перпендикулярной этой плоскости симметрии с окружной скоростью: $c = \omega R_{гр,i}$ и моментом инерции вращательного движения тороида:

$$Z_{ин,i} = m_{0,i} R_{э/м,i}^2. \quad (34)$$

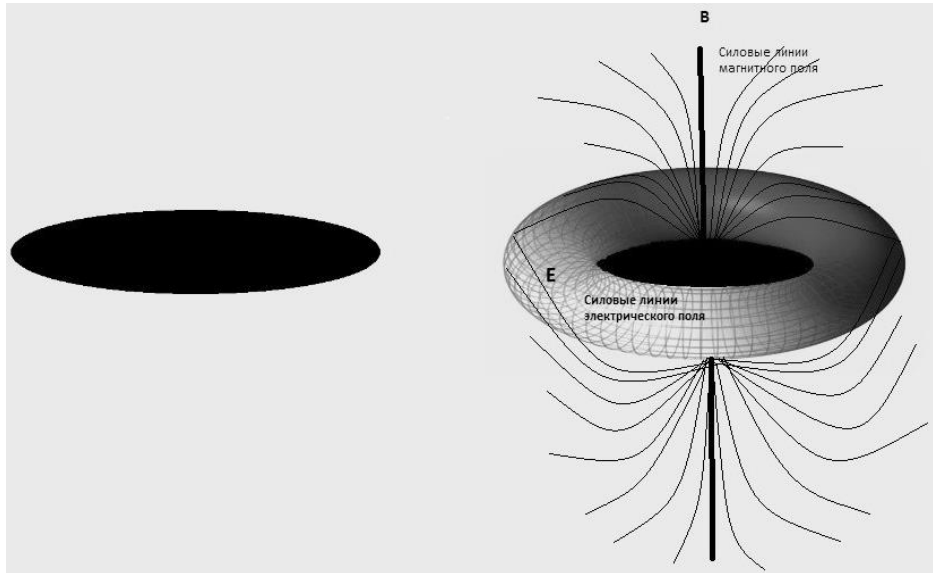


Рис.2. Два состояния элемента пространства

На данном рисунке фигура слева отображает основное состояние ЭП — покой и пульсации двумерной плоскости гравитации относительно 2π .

Фигура справа — возбужденное состояние ЭП в виде тороида электрического и магнитного полей, вращающегося в плоскости гравитации с угловой скоростью c и — поступательным движением центра масс тороида со скоростью c . Гиротропические свойства вращающегося тороида, отмечены в [7], поляризуют плоскость его поступательного перемещения, совпадающую с плоскостью гравитации. Постоянная Планка $\hbar$ представляет собой кинетический момент вращения тороида и не зависит от скорости перемещения тороида. ЭП в этом состоянии перемещается в пространстве, теряя энергию на перемещение за счет синхронного уменьшения инертной и гравитационной масс: $m_{э/м} \downarrow = m_{гр} \downarrow$, что соответствует асимметричному изменению размеров тороида — длин волн:

$$\lambda_{э/м\uparrow} \cdot \lambda_{гр\downarrow} = \lambda_0^2 = \text{const} \approx 10^{-68} (\text{м}) \text{ при синхронном изменении баланса энергий ЭП } E_{э/м\downarrow} = E_{гр\downarrow}.$$

2. Выбор названия элемента пространства.

Во-первых, мы убедились, что ЭП может находиться в одном из двух состояний в пространстве: относительный покой (пульсации относительно

$$2\pi) \text{ и движение в пространстве со скоростью } c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 (\text{м/с}).$$

Во-вторых, ЭП объединяет в себе гравитационное поле, кулоновское и магнитное поля, пульсации которых порождают электромагнитное поле. Имеющиеся в настоящее время названия **максимон, планкеон, геон, гравитон фотон** — отражают субъективные характеристики ЭП и неточные параметры, основанные на комбинации трех мировых констант: $c, G, \hbar$.

Исходя из того, что мы уже определили в теоретическом исследовании **двойственность состояний и внутреннего содержания** ЭП и основываясь на **теоретических выводах точных основных параметров** ЭП следует назвать ЭП из-за его двойственности: **БИОН** и в сокращенном варианте- **Вi**.

3. Основные параметры биона.

3.1. В реальном мире свойства биона не проявляются, наблюдаются так называемые нулевые колебания вакуума, характеризующие взаимоотношение и связь электромагнитных сил с силами гравитации. Таким образом, условием существования биона как - невозбужденного физического вакуума, являются условия равенства квадратов, обобщенных аддитивных квантовых зарядов:

$$q_{э/м}^2 = q_{гр}^2 \quad (34)$$

что соответствует равенству обобщенных законов сохранения заряда для квантов электромагнитного и гравитационного полей, выражения (13) и (15):

$$E_{э/м} \lambda_{э/м} = E_{гр} \lambda_{гр} \quad (35)$$

или, что, тоже самое:

$$hc = 2\pi \cdot \gamma \cdot m_{\text{э/м}} m_{\text{гр}} \quad (36)$$

где: $m_{\text{гр}}$ - гравитационная масса биона,

$m_{\text{э/м}}$ - электромагнитная масса биона.

В невозбужденном состоянии физического вакуума электромагнитная и гравитационная массы биона равны друг другу по определению: невозбужденное состояние биона характеризуется равенством обобщенных зарядов взаимодействий, энергий и длин волн.

Для получения общих выражений для параметров биона: длины э/м волны, длины гравитационной волны, их взаимосвязи, массы биона, гравитационной силы - как константы взаимосвязанного изменения гравитационного радиуса и длины волны э/м кванта, магнитного потока, потенциала гравитирующей «дырки» пространства-времени, вызывающего движение квантово-механического заряда и, в конечном счете - излучения электромагнитной сферической волны и т.д., используем выражения (13) и (15) в общем виде.

Используя известные уравнения для электромагнитной энергии кванта: $E = h\nu$ (37) и уравнение для полной энергии покоя $E_{\text{э/м}} = m_0 c^2 = E_{\text{гр}}$ (38), а также упомянутые (13) и (15), имеем:

$$E_{\text{гр}} \lambda_{\text{гр}} = 2\pi \cdot \gamma \cdot m_{\text{гр}} m_{\text{э/м}} = \frac{2\pi \cdot \gamma \cdot E_{\text{гр}} h}{c^2 \cdot c \cdot \lambda_{\text{э/м}}} \quad (39)$$

откуда после сокращений $E_{\text{гр}}$ получаем:

$$\lambda_{\text{гр}} \lambda_{\text{э/м}} = \frac{2\pi \cdot \gamma \cdot h}{c^3} = \lambda_0^2 \quad (40)$$

Из (40) выразим длину волны биона в состоянии невозбужденного вакуума:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2\pi \cdot \gamma \cdot h}{c^3}} \quad (41)$$

Для уравнения (15) при $m_{\text{гр}} = m_{\text{э/м}}$ найдем значение гравитационного радиуса $r_{\text{гр}}$; т.к. $E = mc^2$, то (15) принимает следующий вид:

$$r_{\text{гр}} = \frac{\gamma \cdot m}{c^2} \quad (42)$$

Далее, из (15), полностью исключая массу биона, используя $E = mc^2$ получим:

$$r_{\text{гр}} = \frac{\gamma \cdot E_{\text{гр}}}{c^4} \quad (43)$$

и (43) перепишем для $E_{\text{гр}}$:

$$E_{\text{гр}} = \frac{c^4}{\gamma} r_{\text{гр}} \quad (44)$$

где постоянную c^4/γ с размерностью силы обозначим как F_0 - сила гравитации пространства биона, или - **суперсила**, тогда (44) имеет вид:

$$E_{\text{гр}} = F_0 \cdot r_{\text{гр}} \quad (45)$$

$$\text{и} \quad F_0 = \frac{c^4}{\gamma} \quad (46)$$

Массу биона в невозбужденном состоянии, т.е. потенциальную массу найдем из выражения для гравитационного радиуса (42) и соответствующей ему длины гравитационной волны - из (41), тогда получим:

$$m_{\text{гр}} = m_{\text{э/м}} = \frac{c^2 r_0}{G} = \sqrt{\frac{hc}{2\pi \cdot G}} \quad (47)$$

Таким образом можно вывести все интересующие нас параметры биона.

Для примера рассмотрим квантовый магнитный поток через «кольцо», образованное дыркой пространства, по краю которого течет сверхпроводящий ток. Используя формулу магнитного потока через кольцо с сверхпроводящим током для электронов [8. С.127]:

$$\Phi = \frac{mcr}{2e} \quad (48)$$

преобразуем ее для случая магнитного потока (в единицах измерения - Вб) в бионе, используя квантово-механический заряд, в единицах измерения - Кулон (Кл) (выводится из сравнения зарядов e и q):

$$\Phi_0 = \frac{mcr}{2q_e} = \frac{h}{2e} \quad (49)$$

Найдем электродвижущую силу (электрический потенциал, напряжение) в единицах измерения В(ольт): из равенства кинетической энергии движения заряда под действием электрического потенциала:

$$\frac{mc^2}{2} = q_{\text{гр}} U \quad (50)$$

подставляя известные значения m и q найдем:

$$U_0 = \frac{c^2 m_0}{2m_0 \sqrt{4\pi\epsilon_0 G}} = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{F_0}{\pi\epsilon_0}} \quad (51)$$

т.е. электрический потенциал, вызывающий в сверхпроводящем кольце ток полностью определяется значением суперсилы F_0 . Следовательно, так называемые «сторонние силы», вызывающие движение зарядов в электромагнитном поле, описываемом уравнениями Максвелла, есть **силы гравитации**.

3.2. Ранее мы не коснулись многих аспектов, характеризующих биона, как первоосновы всего сущего, как организующее начало для всего вещества (остановленное движение биона, расщепление электромагнитной энергии сферической волны на электростатическое поле со сверхпроводящей оболочкой в атоме, на магнитостатическое дипольное поле, ответственное за ядерные взаимодействия и т.д.) Образование вещества, доказательство соотношения масс частиц как их гравитационных радиусов, энергетические параметры звезд, Солнца, Земли с расположенным внутри гравитационных радиусов этих космических тел ядерным веществом - нуклонов и т.д. мы представим в последующих работах.

3.3. Так как бион распространяется в пространстве - времени за счет (и только) изменения массы биона, то в соответствии с обобщенным законом сохранения заряда ни импульс, ни энергия - не сохраняются. Сохраняется только момент количества движения и квантово-механический заряд биона. Это подтверждается для световых квантов электромагнитного поля в центральном поле сферической волны [9], когда для испускаемых и поглощаемых квантов ϵ/m поля в атомах сохраняется только момент количества движения.

3.4. Расчетные значения полученных констант, приведенных выше, выглядят следующим образом:

$$\lambda_0 = 1,019 \times 10^{-34} (м),$$

$$m_0 = 2,173 \times 10^{-8} (кг),$$

$$F_0 = 1,200 \times 10^{44} (Н),$$

$$\Phi_0 = 2,070 \times 10^{-15} (Вб),$$

$$U_0 = 0,5 \times 10^{27} (В).$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представления о первоначале материи послужат дальнейшим исследованиям в научных изысканиях теории объединения взаимодействий.

Литература:

1. Объединение взаимодействий. Электронный ресурс. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/spargalka/a41.htm>
2. А.В. Баяндин. «К распределению простых чисел на множестве натуральных целых чисел». Депонированная научная статья. РАО СФ., № 448, Новосибирск, 26.02.99., 1999.
3. А.В. Баяндин. Теория CGh и движители на новом физическом принципе. Научное издание. -2014. - 80с. Типография 24\7. Новосибирск, Родники 3\4. [Электронный ресурс] URL: <http://bajandin.narod.ru/K4.pdf>
4. Эрик Роджерс. Физика. Т.3. Издательство "МИР". М.1971. 664с.
5. Википедия. Магнитный монополю. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
6. Баяндин А.В. Понятия пространства и времени в теории квантовой гравитации. CONCEPTS OF SPACE AND TIME IN THE THEORY OF QUANTUM GRAVITATION. EUROPEAN SCIENCE. March 2016, No. 3 (13). ISSN 2410-2865. Publishing house "PROBLEMS OF SCIENCE". Moscow 2016. P.88.
7. В.Н.Демин, В.П.Селезнев. Мироздание постигая... М. "Молодая гвардия". 1989. с.278.
8. Л.Г. Асламазов, А.А. Варламов. Удивительная физика. Москва. «Наука». 1987
9. А.С. Компанец. Тяготение, кванты и ударные волны. Москва. «Знание». 1968.

Строение атомов

Зиязетдинов Фаниль Мамлиевич

Атомы являются очень устойчивыми и изолированными системами, и они обладают дискретными энергетическими состояниями, существование которых является одной из самых характерных особенностей их свойств.

Атом, состоящий из взаимодействующих частиц, находится в электронном поле структуры пространства-времени, который имеет четкую геометрическую конфигурацию. (Рис.5.1)

Как самостоятельное образование атом обладает определенным набором физических свойств, эти свойства в той или иной степени сохраняются при переходе от атомов к состоящему из них молекулам и определяют свойства этих молекул. По физическим свойствам атомов можно построить модели этих атомов. Такие физические свойства химических элементов как плотность и температура кипения дает нам общее представление о строении атомов.

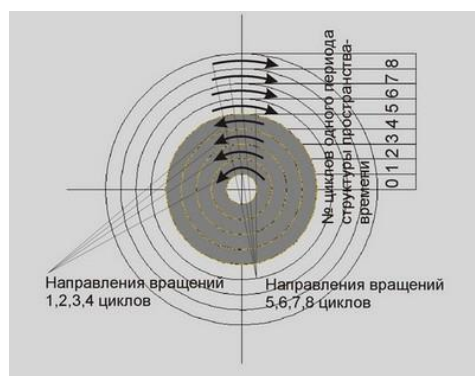


Рис. 5.1. Схема электронного поля структуры пространства-времени

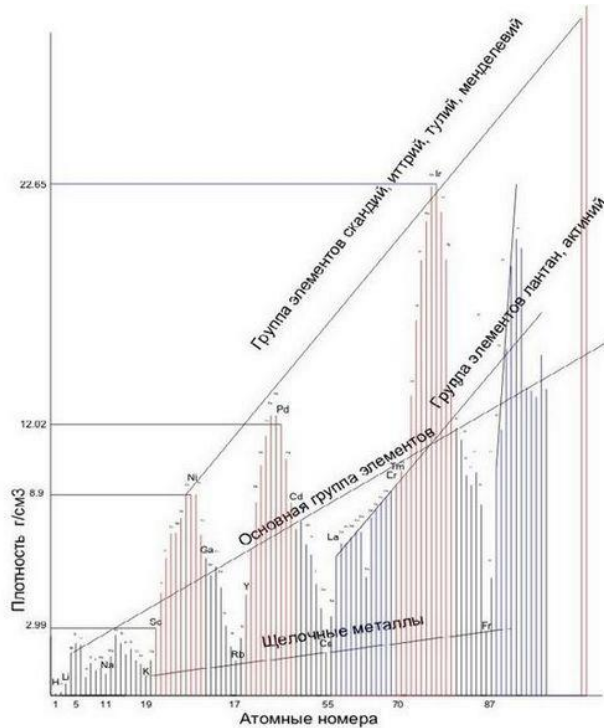


Рис. 5.2. Плотность химических элементов

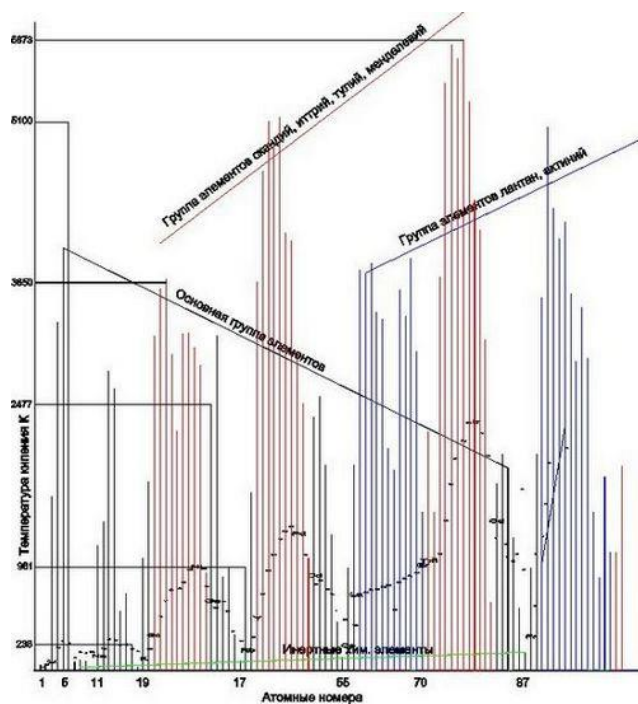


Рис. 5.3. Температура кипения химических элементов

ТАБЛИЦА МОДЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Основная группа

	1	2	3	4	5	6	7	8
I								H
II								He
III	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
IV	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
V	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
VI	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
VII	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
VIII	Fr	Ra	xB	xC	xN	xO	xF	xNe

Первая тыловая группа

V	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni		Cu	Zn
VI	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd		Ag	Cd
VII	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au
VIII	Md	No	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg

Вторая тыловая группа

VII	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
VIII	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm

Переходная группа

Рис. 5.4. Таблица моделей химических элементов

На графиках (Рис. 5.2, 5.3) плотность и температура кипения химических элементов можно выделить группы, с характерным распределением одинаковых свойств, которые строго отличаются друг от друга это группы:

- основная группа химических элементов;
- первая тыловая группа химических элементов (гр. скандий, гр. иттрий, гр. тулий, гр. менделеевий);
- вторая тыловая группа химических элементов (гр. лантан, гр. актиний);
- переходная группа химических элементов (гр. медь).

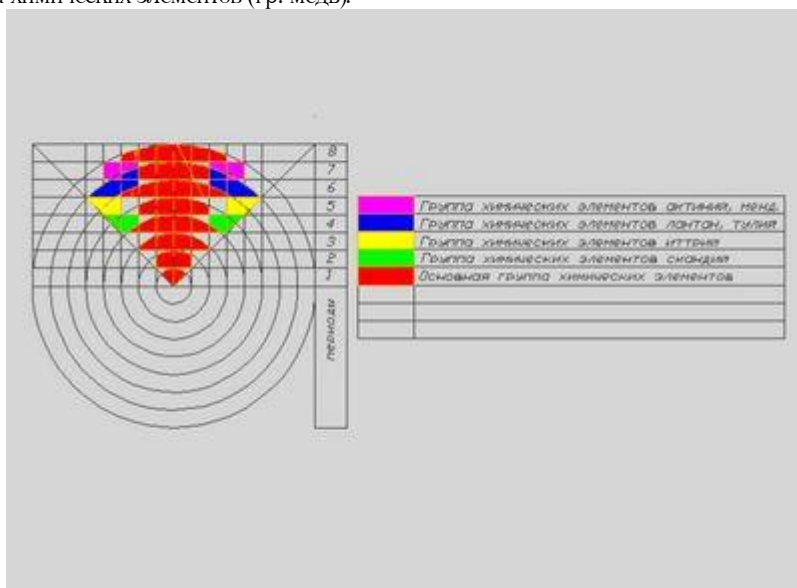


Рис. 5.5. Группы атомов в электронном поле структуры пространства-времени (ЭП СПВ)

Модель взаимодействия лазерного излучения с каплей

Волков Константин Николаевич, доктор физико-математических наук
Университет Кингстона (Лондон, Великобритания)

Булат Павел Викторович, кандидат физико-математических наук,
кандидат экономических наук;

Ильина Екатерина Евгеньевна, аспирант
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики (г. Санкт-Петербург)

Аннотация. Разрабатывается математическая модель оптического пробоя на каплях диэлектрической жидкости при воздействии на них импульсного лазерного излучения. Процесс рассматривается в несколько стадий: нагрев, испарение частицы, формирование парового ореола, ионизация парового ореола. На основе полученной математической модели проведены расчетные исследования для определения пороговых характеристик лазерного импульса.

Ключевые слова: Лазерное излучение, математическое моделирование, оптический пробой.

Введение

Широкое применение лазеров в повседневной жизни, в таких устройствах как приборы оптической связи, навигации, системы мониторинга природных и техногенных сред, обуславливают актуальность проведения исследований, направленных на изучение физических процессов взаимодействия интенсивного лазерного излучения с дисперсной средой. Для оптических систем на основе лазера, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах, важно иметь представление о характеристиках лазерного луча. При распространении лазерного излучения в атмосфере неизбежны условия взаимодействия лазерного излучения с каплями, которые способны концентрировать в своем объеме энергию излучения, понижая при этом энергетические пороги разных нелинейных явлений. В таких случаях важно иметь представление о характеристиках лазерного луча, достаточных для инициации оптического пробоя. Данные характеристики представляют интерес в применении к задачам обнаружения пожаров, транспортировки излучения через взрывоопасные смеси, а также проблем лазерного инициирования различных процессов.

Стадии процесса взаимодействия лазерного излучения с каплей

Рассматриваемый процесс взаимодействия лазерного излучения с каплей обладает выраженной нелинейной оптической активностью, что обусловлено ее морфологией, а именно квазисферической формой поверхности. Оптически прозрачная сферическая частица действует как фокусирующая оптическая система, увеличивая интенсивность падающего на нее светового излучения во внутренних зонах, расположенных вблизи ее освещенной и теневой поверхностей.

Это приводит к тому, что целый ряд нелинейно-оптических эффектов, таких как эффект вынужденного рассеяния, а также эффект оптического пробоя, с более низким порогом своего проявления чем в жидкости, проявляются в микронных каплях [1].

Для построения модели взаимодействия лазерного излучения с частицей будем использовать тепловой подход, условием которого является поглощение частицей энергии, не превышающей теплоту ее испарения, за время, меньшее времени пробега звука через сечение частицы. Данный подход позволяет выделить протекание таких элементов процесса как нагрев, испарение и ионизация парового облака.

Под воздействием направленного потока излучения на частицу пара происходит его фокусировка в области теневой полусферы капли. В условиях перегрева, из-за интенсивного тепловыделения жидкости, капля из стабильного состояния переходит в метастабильное состояние, при котором температура жидкости превышает температуру насыщенных паров при данном давлении. За счет внутреннего испарения перегретой жидкости повышается давление пара в пузырьке, это приводит к условиям возникновения внутреннего пробоя и образованию микроплазменного непрозрачного очага, который и поглощает излучение. Дальнейшее увеличение давления в паровом пузыре инициирует процессы взрывного кипения поверхностного слоя.

Модель лазерного импульса

Интенсивность лазерного импульса можно представить в виде

$$I(t, x, y, z) = I_{m0} f_1(t) f_2(x, y) f_3(z) \quad (1)$$

где — I_{m0} максимальная интенсивность импульса. Функция f_1 представляет собой изменение интенсивности импульса во времени, функция f_2 учитывает пространственное распределение интенсивности импульса, а функция f_3 описывает ослабление импульса при прохождении через среду.

Функцию f_1 можно записать как непрерывную кусочно-линейную зависимость интенсивности лазерного импульса от времени [2]:

$$f_1(t) = \sum_{n=1}^N \left[F_n + (F_{n+1} - F_n) \frac{t - t_n}{t_{n+1} - t_n} \right] \phi(t_n, t_{n+1}) \quad (2)$$

где $\phi(t_i, t_j)$ описывает единичную ступеньку

$$\phi(t_i, t_j) = \frac{t - t_i + |t - t_i|}{2|t - t_i| + \delta} - \frac{t - t_j + |t - t_j|}{2|t - t_j| + \delta} \quad (3)$$

Пространственное распределение интенсивности импульса, функция I_2 , подчиняется гауссовому закону

$$f_2(x, y) = \exp[-2(x^2 + y^2)/R^2] \quad (4)$$

где R - характерный радиус лазерного пятна.

Известно, что проходя по веществу, световая волна расходует свою энергию на возбуждение атомов. Интенсивность излучения при этом падает и рассчитывается по закону Бугера — Ламберта — Бера [3]

$$f_3(z) = \exp(-\mu z) \quad (5)$$

Где z - толщина слоя вещества, через которое проходит свет, μ - показатель поглощения, который зависит от природы, состояния и концентрации частиц, а также от длины волны проходящего света.

Таким образом, получая интегральную характеристику, можно вычислить полную энергию лазерного импульса

$$Q = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \int_0^\infty I_{m0} f_1(t) \exp(-2r^2/R^2) r dr d\varphi dt \quad (6)$$

Интегрируя, получим формулу для оценки начального импульса

$$Q = \frac{\pi}{2} I_{m0} \Theta R^2 \quad (7)$$

Моделирование процесса лазерного нагрева

В задаче моделирования процесса лазерного нагрева значительную роль играет энергия импульса нагрева, при которой запускаются процессы развитого испарения частицы и создаются условия для ионизации парового ореола [3,4]

Прогрев капли диэлектрической жидкости будем описывать, используя уравнение нестационарной теплопроводности с учетом внутренних источников тепла. Запишем это уравнение в консервативной форме для газа ($k=1$) и частицы ($k=2$), в сферической системе координат

$$\rho_k c_k \frac{\partial T_k}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \chi_k \frac{\partial T_k}{\partial r} \right) + G_k(r, t) \quad (8)$$

где χ — теплопроводность, c — теплоемкость, G характеризует химические реакции, связанные с объемным тепловыделением.

Введем граничное условие сопряжения температурных полей, с учетом отсутствия процессов фазового перехода на поверхности.

$$\left(\chi \frac{\partial T}{\partial r} \right)_{r=r_w} - \left(\chi_p \frac{\partial T_p}{\partial r} \right)_{r=r_w} = \mu I(t) \quad (9)$$

В случае наличия процессов испарения уравнение будет иметь следующий вид

$$\left(\chi_p \frac{\partial T_p}{\partial r} \right)_{r=r_w} = \rho H_v u_v - \mu I \quad (10)$$

Здесь u_v — скорость фронта испарения, H_v — удельная теплота фазового перехода.

Введем новую координату, связанную с поверхностью частицы для описания процессов испарения и изменения ее размера во времени.

$$\eta = \frac{r}{r_w(t)} \quad (11)$$

При постоянном коэффициенте теплопроводности уравнение принимает вид

$$\rho_k c_k \left(\frac{\partial T_k}{\partial t} - \frac{\eta}{r_w^2} \frac{dr_w}{dt} \frac{\partial T_k}{\partial \eta} \right) = \frac{\chi_k}{r_w^2} \left(\frac{\partial^2 T_k}{\partial \eta^2} + \frac{2}{\eta} \frac{\partial T_k}{\partial \eta} \right) + G_k(\eta, t) \quad (12)$$

При дальнейшем подводе тепла внутри капли образуется паровая полость. Процессы вскипания жидкости приводят к повышению давления и дальнейшему расширению полости, что служит причиной парового взрыва капли.

Будем полагать, что движение жидкости внутри капли потенциальное и сферически симметричное. В таком случае динамику капли с газовой полостью можно представить в виде обобщенного уравнения Рэлея [5]

$$\left(1 + \frac{r_b}{r_w} \right) \left(r_b \ddot{r}_b + 2 \dot{r}_b^2 \right) - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{r_b^4}{r_w^4} \right) \dot{r}_b^2 = \frac{p_b - p_w}{\rho / r_w} \quad (13)$$

где p_w — давление на внешней границе капли, p_b — давление на поверхности газового пузыря.

Балансовое энергетическое соотношение для энергии, поглощаемой частицей и расходуемое на процессы фазового перехода при равновесном режиме испарения в безразмерной координате, связанной с изменяющимся радиусом частицы,

можно представить в виде

$$\frac{dr_w^2}{dt} = -\frac{2\chi_p}{\rho_p H_v} \left(\frac{\partial T_p}{\partial \eta} \right)_{\eta=1} \quad (14)$$

Данное соотношение позволит определять текущий размер испаряющейся капли.

Модель процесса ионизации парового ореола

Математическая модель образования плазмы включает рассмотрение процесса накачки излучением электронной компоненты за счет обратного эффекта.

$$\begin{aligned} \frac{dT_a}{dt} &= \frac{6m_e}{5m_a} (T_e - T_a) \alpha \nu \\ \frac{dT_e}{dt} &= -\left(T_e + \frac{2E}{5k}\right) \frac{1}{\alpha} \frac{d\alpha}{dt} - \frac{6m_e}{5m_a} (T_e - T_a) \nu + \frac{2}{5k} \frac{\mu I}{\alpha n} \\ \frac{d\alpha}{dt} &= \frac{A}{T_e^{9/2}} n \left[\alpha(1-\alpha) \frac{\beta^2 n}{1-\beta} - \alpha^3 n \right] \\ \frac{dm_p}{dt} &= -\frac{K_p I W_p}{H_v} \end{aligned} \quad (15)$$

m – масса, n – концентрация тяжелых частиц, α – степень ионизации, β – равновесная степень ионизации, ν – частота соударений электронов с атомами и ионами, E – потенциал ионизации, $A=1.05 \cdot 10^8 \text{ см}^6 \cdot \text{К}^{9/2}$. Индексы a и e относятся к атомам и электронам соответственно. Значение равновесной степени ионизации вычисляется ионизационного уравнения Саха при температуре испарения.

Результаты расчетных исследований

Расчеты проведены для импульсного химического HF-лазера, со следующими характеристиками $t_f=2.6$ мкс, $\lambda=4.2$ мкм, $R=5$ мм, $\Theta=1.5$ мкс.

Получены значения температуры внутри капли и в окружающей среде (рисунок 1) в различные моменты времени: 1 – $t = 0.05$, 2 – 0.30, 3 – 0.55, 4 – 0.80, 5 – 1.05, 6 – 1.30, 7 – 1.55 мкс. На графике видно, что имеется локальное повышение температуры на границе частицы из-за подводящегося потока энергии. Около границ капли образуется тонкий слой с повышенной температурой, где имеют место процессы ионизации.

При больших значениях энергии в капле после термической ионизации начинается так называемый процесс электронной лавины, при этом капля переходит в метастабильное состояние. Кривая 7 описывает процесс начала взрыва с температурой 698 К, и временем развития процесса 54 мкс.

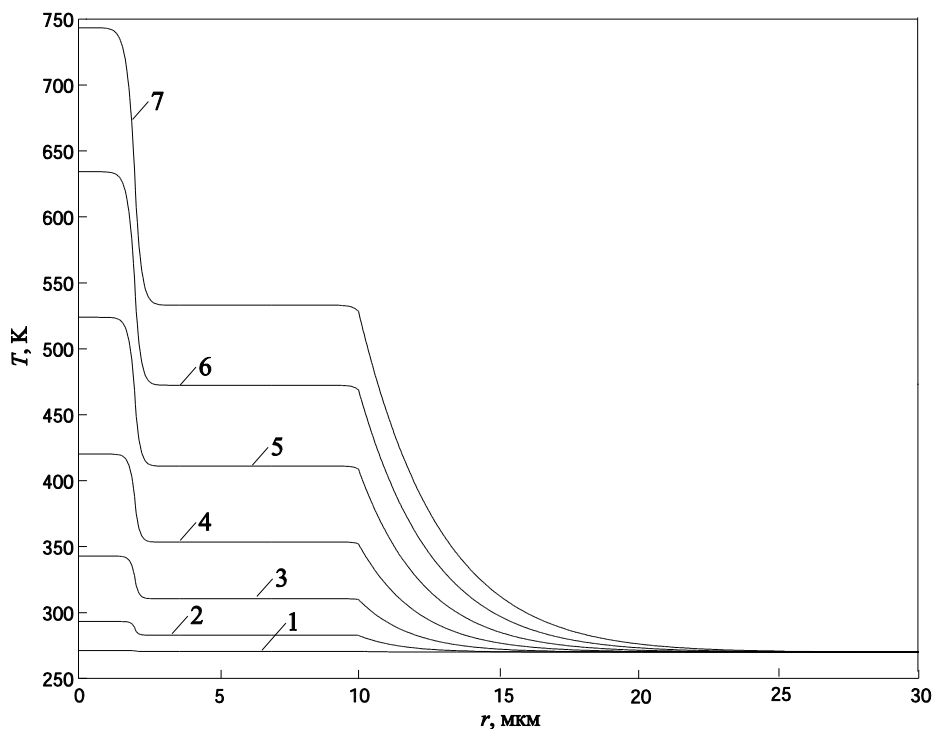


Рис.1. Температурное поле около капли воды при $Q=20$ Дж.

В зависимости от расположения частицы по отношению к оси луча имеет место различный ее прогрев. Частицы, расположенные на периферии, не выходят на режим развитого парообразования и не создают условий для плазмообразующего режима. Разное время наступления пробоя связано с различной интенсивностью излучения, которая зависит от расстояния от оси луча до частицы. Таким образом, для наиболее удаленных частиц условия пробоя не возникают.

Проведены расчеты взаимодействия лазерного излучения с каплей фиксированного радиуса ($r=10$ мкм) при различной мощности импульса. Получены значения времени, необходимого на прогрев частицы, значения степени ионизации, а также вывод о протекании процесса оптического пробоя.

Таблица 1. Расчет условий оптического пробоя

Q , Дж	t_0 , мкс	α	Пробой
5	—	—	—
10	—	—	—
15	1.41	10^5	+
20	1.16	10^2	+
30	0.96	10^2	+
50	0.77	10^2	+

По результатам расчетов можно заключить, что для капель с радиусом 10 мкм пороговая мощность составляет 15 Дж.

Заключение

Разработана математическая модель взаимодействия лазерного излучения с прозрачной каплей на основе теплового подхода. Рассмотрены следующие стадии протекания процесса: прогрев, испарение, образование парового ореола, термическая ионизация. Рассчитаны характеристики лазерного импульса, необходимые для создания оптического пробоя. Созданная модель может быть применена для оценки пороговых значений оптического пробоя.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Соглашение № 14.578.21.0111, уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57815X0111).

Литература:

1. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Зуев В.Е., Кабанов А.М., Погодаев В.А. Нелинейная оптика атмосферного аэрозоля — Новосибирск. Изд-во СО РАН, 1999.
2. Азаров М.А., Дроздов В.А., Игошин В.И. и др. Формирование и экспериментальное исследование газодисперсной среды импульсного химического H_2-F_2 -лазера, инициируемого ИК-излучением // Квантовая электроника. 1997. Т. 24. № 11. С. 983–986.
3. Зуев В.Е., Копытин Ю.Д., Кузиковский А.В. Нелинейные оптические эффекты в аэрозолях. Новосибирск: Наука, 1980. 184 с.
4. Копытин Ю.Д., Сорокин Ю.М., Скрипкин А.М. и др. Оптический разряд в аэрозолях. Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1990. 159 с.
5. Нигматуллин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 1. М.: Наука, 1987. 466 с.

УДК 517.95

О совпадении собственных значений двух задачи Дирихле

Косбергенова Марина Сайлаубаевна, преподаватель
Национальный Университет Узбекистана им. М. Улугбека

Аннотация. В данной работе рассматривается вопрос о совпадении спектров двух эллиптических операторов второго порядка.

Ключевые слова: собственное значение, собственный вектор, эллиптический оператор.

Summary. The coincidence of spectra of two elliptic operators of the second-order are proved.

Keywords: eigenvalue, eigenvector, elliptic operator.

Рассмотрим следующие ограниченные области в R^N , $N \geq 2$

$$\Omega = \left\{ x = (x_1, x_2, \dots, x_N) \in R^N : (Ax, x) = \sum_{i,j=1}^N a_{ij} x_i x_j < 1 \right\} \quad (1)$$

$$G = \left\{ y = (y_1, y_2, \dots, y_N) \in R^N : (By, y) = \sum_{l,m=1}^N b_{lm} y_l y_m < 1 \right\} \quad (2)$$

где $a_{ij} = a_{ji}$ и $b_{lm} = b_{ml}$ - произвольные действительные постоянные такие, что (Ax, x) и (By, y) являются положительно определенными квадратичными формами.

Пусть $A(D)$ и $B(D)$ соответствующие этим формам дифференциальные операторы второго порядка соответственно в области G и в области Ω , т.е.

$$A(D)\vartheta(y) = \sum_{i,j=1}^N a_{ij} \frac{\partial^2 \vartheta(y)}{\partial y_i \partial y_j}, \quad y \in G \quad (3)$$

$$B(D)u(x) = \sum_{l,m=1}^N b_{lm} \frac{\partial^2 u(x)}{\partial x_l \partial x_m}, \quad x \in \Omega \quad (4)$$

Рассмотрим следующие две задачи на собственные значения

$$\begin{cases} A(D)\vartheta(y) + \lambda \vartheta(y) = 0, & y \in G \\ \vartheta|_{\partial G} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} B(D)u(x) + \mu u(x) = 0, & x \in \Omega \\ u|_{\partial \Omega} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Пусть $\{\lambda_n\}$, $\{\mu_n\}$ и $\{\vartheta_n\}$, $\{u_n\}$ - соответственно собственные значения и полные ортонормированные системы собственных функций соответствующих задач (5) и (6).

В настоящей работе получен следующий результат:

Теорема. Пусть α_j и β_j , $j = \overline{1, N}$ собственные значения соответственно матриц $\{a_{ij}\}$ и $\{b_{lm}\}$ с учетом кратности. Тогда найдется линейное преобразование $x = Ty$ пространства $x = Sy$ в R^N приводящее форму (Bx, x) к диагональному виду, т.е.

$$(Bx, x) = (BSy, y) = (S'BSy, y) = \sum_{l=1}^N \beta_l^2 y_l^2$$

где β_l - определяются из соотношения

$$\beta_{lm} = \sum_{i,j=1}^N b_{ij} s_{il} s_{jm} = \begin{cases} \beta_l^2 & l = m, \\ 0 & l \neq m. \end{cases}$$

Лемма 1. Положим $W(y) = u(Sy)$, где $u(x) \in C^2(\Omega)$, тогда

$$B(D)u(x) = \sum_{l=1}^N \beta_l^2 \frac{\partial^2 W(y)}{\partial y_l^2}, \quad x = Sy. \quad (7)$$

Доказательство леммы 1. Так как $S^{-1} = S'$, где S' - транспонированная матрица, то $y = S'x$ и $\frac{\partial y_l}{\partial x_i} = s_{il}$. По-

этому

$$\frac{\partial u}{\partial x_i} = \sum_{l=1}^N \frac{\partial W}{\partial y_l} \cdot \frac{\partial y_l}{\partial x_i} = \sum_{l=1}^N s_{il} \frac{\partial W}{\partial y_l}, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} = \sum_{m=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{\partial^2 W}{\partial y_l \partial y_m} \cdot s_{il} s_{jm}.$$

Следовательно,

$$B(D)u(x) = \sum_{i,j=1}^N b_{ij} \frac{\partial^2 u(x)}{\partial x_i \partial x_j} = \sum_{m,l=1}^N \left[\sum_{i,j=1}^N b_{ij} \cdot s_{il} \cdot s_{jm} \right] \frac{\partial^2 W}{\partial y_l \partial y_m} = \sum_{l=1}^N \beta_l^2 \frac{\partial^2 W(y)}{\partial y_l^2}.$$

Лемма 1 доказана.

Рассмотрим теперь следующее линейное преобразование $R_\beta: R^N \rightarrow R^N$, $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N)$, причем $y = R_\beta z$ означает что $y_j = \beta_j \cdot z_j$, $j = \overline{1, N}$. Тогда очевидно, что $R_\beta = R_\beta^*$ и якобиан преобразования равен $\prod_{j=1}^N \beta_j$.

Справедлива следующая лемма.

Лемма 2. Положим $W_1(z) = W(R_\beta z) = u(SR_\beta z)$, где $u(x) \in C^2(\Omega)$. Тогда для $x = SR_\beta z$

$$B(D)u(x) = \sum_{l=1}^N \frac{\partial^2 W_1(z)}{\partial z_l^2} \quad (8)$$

где S - ортогональное преобразование из леммы 1.

Доказательство леммы 2. Положим $y = R_\beta z$ т.е. $y_l = \beta_l z_l$. Тогда $\frac{\partial z_l}{\partial y_l} = \frac{1}{\beta_l}$. Поэтому из леммы 1 вытекает

$$\begin{aligned} B(D)u(x) &= \sum_{l=1}^N \beta_l^2 \frac{\partial^2 W(y)}{\partial y_l^2} = \sum_{l=1}^N \beta_l^2 \frac{\partial}{\partial y_l} \left[\frac{\partial W(y)}{\partial y_l} \right] = \\ &= \sum_{l=1}^N \beta_l^2 \frac{\partial}{\partial y_l} \left[\frac{\partial W_1}{\partial z_l} \cdot \frac{1}{\beta_l} \right] = \sum_{l=1}^N \beta_l^2 \frac{\partial^2 W_1(y)}{\partial z_l^2} \cdot \frac{1}{\beta_l} = \sum_{l=1}^N \frac{\partial^2 W_1(z)}{\partial z_l^2}. \end{aligned}$$

Лемма 2 доказана.

Теперь выясним какой вид обретет форма (Ax, x) при замене переменных $x = SR_\beta z$:

$$(Ax, x) = (ASR_\beta z, SR_\beta z) = (R_\beta S'ASR_\beta z, z). \quad (9)$$

Положим $C = R_\beta S'ASR_\beta$. Тогда в силу невырожденности произведенных преобразований форма $(Cz, z) = (Ax, x)$ положительно определена и найдется ортогональное преобразование $z = Qt$, с матрицей $\{q_{ij}\}$ приводящее эту форму к диагональному виду, т.е.

$$(Cz, z) = (Q'CQt, t) = \sum_{j=1}^N \alpha_j^2 t_j^2$$

$$\text{где } \alpha_{lm} = \sum_{i,j=1}^N c_{ij} q_{il} q_{jm} = \begin{cases} \alpha_l^2, & l = m, \\ 0, & l \neq m. \end{cases}$$

Лемма 3. Положим $x = SR_\beta QR_\alpha^{-1}t$ $W_2(t) = W_1(QR_\alpha^{-1}t) = W(R_\beta QR_\alpha^{-1}t) = u(SR_\beta QR_\alpha^{-1}t)$, где $u(x) \in C^2(\Omega)$. Тогда $(Ax, x) = \sum_{j=1}^N t_j^2$,

$$B(D)u(x) = \sum_{j=1}^N \alpha_j^2 \frac{\partial^2 W_2(t)}{\partial t_j^2}. \quad (10)$$

Доказательство леммы 3. Легко видеть что достаточно доказать равенство (10). В силу леммы 2 и из инвариантности оператора Лапласа относительно ортогональных преобразований (см. [2]) получим

$$B(D)u(x) = \sum_{l=1}^N \alpha_l^2 \frac{\partial^2 W_1(z)}{\partial z_l^2} = \sum_{j=1}^N \alpha_j^2 \frac{\partial^2 W_2(t)}{\partial t_j^2}.$$

Лемма 3 доказана.

Теперь произведем замену переменных $t = Q'R_\beta S'y$ и положим

$$\mathcal{G}(y) = \left(\prod_{j=1}^N \sqrt{\alpha_j}^{-1} \beta_j \right) \cdot W_2(Q'R_\beta S'y) = \left(\prod_{j=1}^N \sqrt{\alpha_j}^{-1} \beta_j \right) \cdot u(SR_\beta QR_\alpha^{-1}Q'R_\beta S'y). \quad (11)$$

Лемма 4. Положим $x = SR_\beta QR_\alpha^{-1}Q'R_\beta S'y$ и пусть $\mathcal{G}(y)$ и $u(x)$ соотношением (11) где $u(x) \in C^2(\Omega)$. Тогда

$$(Ax, x) = (By, y), \quad (12)$$

$$B(D)u(x) = A(D)\mathcal{G}(y) \left(\prod_{j=1}^N \sqrt{\alpha_j} \beta_j^{-1} \right). \quad (13)$$

Доказательство леммы 4. Сначала докажем равенство (12)

$$\begin{aligned} (Ax, x) &= \sum_{j=1}^N t_j^2 = (t, t) = (Q'R_\beta S'y, Q'R_\beta S'y) = (Q'R_\beta S'y, Q'R_\beta S'y) = \\ &= (S'BSS'y, S'y) = (By, y). \end{aligned}$$

Таким образом, $(Ax, x) = (By, y)$. Покажем теперь справедливость равенства (13). Положим $t = Q'z$, т.е.

$$z_k = \sum_{p=1}^N q_{kp} t_p, \quad k = 1, 2, \dots, N. \text{ Поэтому}$$

$$\frac{\partial W_2}{\partial t_l} = \sum_{k=1}^N \frac{\partial W_2}{\partial z_k} q_{kl}, \quad \frac{\partial^2 W_2}{\partial t_l \partial t_m} = \sum_{p,k=1}^N \frac{\partial^2 W_2}{\partial z_p \partial z_k} q_{kl} q_{pm}.$$

Учитывая, теперь равенства $Q'Q = QQ' = 1$ получим

$$\begin{aligned} B(D)u(x) &= \sum_{j=1}^N \alpha_j^2 \frac{\partial^2 W_2(t)}{\partial t_j^2} = \sum_{l,m=1}^N \alpha_{lm} \frac{\partial^2 W_2}{\partial t_l \partial t_m} = \sum_{l,m=1}^N \left(\sum_{i,j=1}^N c_{ij} q_{il} q_{jm} \right) \frac{\partial^2 W_2}{\partial t_l \partial t_m} = \\ &= \sum_{i,j=1}^N c_{ij} \left(\sum_{l,m=1}^N q_{il} q_{jm} \frac{\partial^2 W_2}{\partial t_l \partial t_m} \right) = \sum_{i,j=1}^N c_{ij} \sum_{p,k=1}^N \frac{\partial^2 W_2}{\partial z_p \partial z_k} \cdot \left(\sum_{l=1}^N q_{il} q_{kl} \right) \left(\sum_{m=1}^N q_{jm} q_{pm} \right) = \\ &= \sum_{i,j=1}^N c_{ij} \frac{\partial^2 W_2}{\partial z_i \partial z_j} \end{aligned}$$

Так как $z = R_\beta S'y$, то $y = SR_\beta^{-1}z$, т.е. $y_l = \sum_{j=1}^N (SR_\beta^{-1})_{lj} z_j$. Поэтому

$$\begin{aligned} \frac{\partial W_2}{\partial z_j} &= \sum_{l=1}^N \frac{\partial W_2}{\partial y_l} (SR_\beta^{-1})_{lj}, \\ \frac{\partial^2 W_2}{\partial z_j \partial z_l} &= \sum_{l,m=1}^N \frac{\partial W_2}{\partial y_l \partial y_m} (SR_\beta^{-1})_{lj} (SR_\beta^{-1})_{mi}. \end{aligned}$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} \sum_{i,j=1}^N c_{ij} \frac{\partial^2 W_2}{\partial z_i \partial z_j} &= \sum_{l,m=1}^N \frac{\partial W_2}{\partial y_l \partial y_m} \left(\sum_{i,j=1}^N c_{ij} (SR_\beta^{-1})_{lj} (SR_\beta^{-1})_{mi} \right) = \\ &= \sum_{l,m=1}^N \frac{\partial W_2}{\partial y_l \partial y_m} \left(\sum_{i,j=1}^N (SR_\beta^{-1})_{mi} c_{ij} (SR_\beta^{-1})'_{jl} \right). \end{aligned}$$

Из определения C получим

$$SR_\beta^{-1} C (SR_\beta^{-1})' = SR_\beta^{-1} C R_\beta^{-1} S' = SR_\beta^{-1} R_\beta S' A S R_\beta R_\beta^{-1} S' = A.$$

Поэтому

$$\sum_{i,j=1}^N c_{ij} \frac{\partial^2 W_2}{\partial z_i \partial z_j} = \sum_{l,m=1}^N a_{lm} \frac{\partial W_2}{\partial y_l \partial y_m}.$$

Таким образом,

$$B(D)u(x) = A(D)W_2 = \left(\prod_{j=1}^N \sqrt{\alpha_j} \beta_j^{-1} \right) A(D) \mathcal{G}(y).$$

Лемма 4 доказана.

Определим линейное преобразование $T: G \rightarrow \Omega$ следующим образом:

$$x = Ty = SR_\beta Q R_\alpha^{-1} Q' R_\beta S' y, \quad y \in G \quad (14)$$

и пусть

$$\mathcal{G}(y) = \left(\prod_{j=1}^N \sqrt{\alpha_j} \beta_j^{-1} \right) u(Ty). \quad (15)$$

Очевидно, что якобиан преобразования T равен $\prod_{j=1}^N \sqrt{\alpha_j} \beta_j^{-1}$ и кроме того

$$\mathcal{G}|_{\partial G} = \left(\prod_{j=1}^N \sqrt{\alpha_j} \beta_j^{-1} \right) u \Big|_{\partial \Omega} \quad (16)$$

Лемма 5. Пусть $u_1(x), u_2(x) \in L_2(\Omega)$, тогда для соответствующих функций $\mathcal{G}_1(y), \mathcal{G}_2(y) \in L_2(G)$ справедливо равенство

$$\int_G \mathcal{G}_1(y) \overline{\mathcal{G}_2(y)} dy = \int_\Omega u_1(x) \overline{u_2(x)} dx. (17)$$

Доказательство леммы 5. По определению (14) преобразования T получим

$$\int_\Omega u_1(x) \overline{u_2(x)} dx = \int_G \mathcal{G}_1(Ty) \overline{\mathcal{G}_2(Ty)} \left(\prod_{j=1}^N \alpha_j^{-1} \beta_j^2 \right) dy = \int_G \mathcal{G}_1(y) \overline{\mathcal{G}_2(y)} dy.$$

Лемма 5 доказана.

Доказательство теоремы: Доказательство непосредственно следует из лемм 4 и 5, а также принципа минимакса для собственных значений данных задач (5) и (6).

Теорема доказана.

Литература:

1. А.Р. Халмухамедов. О совпадении спектров двух эллиптических операторов второго порядка. ДАН РУз. 1994, №7, стр. 7-9.
2. Р.Курант, Д.Гильберт. Методы математической физики. т. I-II, М., 1946.

УДК 517.95

О существенной самосопряженности оператора Шредингера с сингулярным коэффициентом

Косбергенова Марина Сайлаубаевна
Национальный Университет Узбекистана им. М. Улугбека

В данной работе рассматривается вопрос о существенной самосопряженности оператора Шредингера с анизотропным потенциалом.

Ключевые слова: существенная самосопряженность, анизотропный потенциал, неравенство Харди, оператор Шредингера.

Summary. On essential self-adjointness of the Schrodinger operator with strong singular potential An essential self-adjointness of the Schrodinger operators with strong singular potentials is established.

Рассмотрим в пространстве $L_2(R^N)$ дифференциальный оператор

$$L = -\Delta - \frac{\alpha \cdot (x, d)}{|x|^3} - \frac{\beta}{|x|^2}, \quad (1)$$

где $N \geq 3$, $0 < \alpha < \frac{(N-2)^2}{4} - 1$, $\beta > 0$, $x, d \in R^N$, и $|d|=1$ соответствующий квадратичной форме вида

$$Q = \int_{R^N} |\nabla u(x)|^2 dx - \alpha \int_{R^N} \frac{(x, d)}{|x|^3} u^2(x) dx - \beta \int_{R^N} \frac{u^2(x)}{|x|^2} dx, \quad (2)$$

с областью определения $D(L) = D^{1,2}(R^N)$, являющейся замыканием $C_0^\infty(R^N)$ по норме

$$\|u\|_{D^{1,2}(R^N)} := \left(\int_{R^N} |\nabla u(x)|^2 dx \right)^{1/2}. \quad (3)$$

Введем следующий класс потенциалов

$$\mathfrak{N} = \left\{ V(x) = \chi_{B(0,R)}(x) \frac{h\left(\frac{x}{|x|}\right)}{|x|^2} + \chi_{R^N \setminus B(0,R)}(x) \frac{h_\infty\left(\frac{x}{|x|}\right)}{|x|^2} + W(x) : R \in R^+ \right. \\ \left. W \in L^{N/2}(R^N) \cap L^\infty(R^N), h, h_\infty \in L^\infty(S^{N-1}), \mu_1(h) > -\frac{(N-2)^2}{4} \right\}$$

здесь $\chi_{B(0,R)}(x)$ - характеристическая функция на множестве $B(0, R)$, S^{N-1} - единичная сфера.

$$\mu_1(h) = \min_{\varphi \in H^1(S^{N-1}) \setminus \{0\}} \frac{\int_{S^{N-1}} |\nabla_{S^{N-1}} \varphi(\theta)|^2 dV(\theta) - \int_{S^{N-1}} h(\theta) \varphi^2(\theta) dV(\theta)}{\int_{S^{N-1}} \varphi^2(\theta) dV(\theta)}.$$

Если $V = \frac{\alpha \cdot (x, d)}{|x|^3} + \frac{\beta}{|x|^2}$, тогда $V \in \mathfrak{S}$ с $h(\theta) = \alpha \cdot (\theta, d) + \beta$ и $h_\infty(\theta) = (\theta, \alpha d) + \beta_\infty$.

Из неравенства Харди и Соболева следует, что для любого $V \in \mathfrak{S}$ первое собственное значение $\mu(V)$ оператора $-\Delta - V$ на $D^{1,2}(R^N)$ конечно, т.е.

$$\mu(V) = \inf_{u \in D^{1,2}(R^N) \setminus \{0\}} \frac{\int_{R^N} (|\nabla u(x)|^2 - V(x)u^2(x)) dx}{\int_{R^N} |\nabla u(x)|^2 dx} > -\infty.$$

Основным результатом данной работы является следующая теорема.

Теорема. Пусть $V \in \mathfrak{S}$. Тогда оператор Шредингера $-\Delta - V$ существенно самосопряжен на $C_0^\infty(R^N \setminus \{0\})$ тогда и только тогда, когда

$$\mu_1(h) \geq 1 - \frac{(N-2)^2}{4}.$$

При доказательстве теоремы существенную роль играет следующая лемма.

Лемма. (Критерий существенной самосопряженности в классе $\mathfrak{S}$) Пусть $V \in \mathfrak{S}$ и $V = \tilde{V} + \tilde{W}$, где $\tilde{W} \in L^{N/2}(R^N) \cap L^\infty(R^N)$ и

$$\tilde{V}(x) = \chi_{B(0,\delta)}(x) \frac{h\left(\frac{x}{|x|}\right)}{|x|^2} + \chi_{R^N \setminus B(0,R_0)}(x) \frac{h_\infty\left(\frac{x}{|x|}\right)}{|x|^2}, \quad \mu(\tilde{V}) > 0. \quad (4)$$

Тогда $-\Delta - V$ существенно самосопряжен на $C_0^\infty(R^N \setminus \{0\})$ тогда и только тогда, когда $\text{Ran}(-\Delta - \tilde{V} + b)$ плотна на $L^2(R^N)$ для некоторого $b \in L^\infty(R^N)$ с $\text{ess inf}_{R^N} b > 0$.

Доказательство леммы. Для любого $b > 0$ мы можем представить оператор $-\Delta - V$ как $(-\Delta - \tilde{V} + b) - (\tilde{W} + b)$, т.е. как ограниченное возмущение положительного оператора $-\Delta - \tilde{V} + b$. В силу теоремы Като-Реллиха [1.Теорема X.12] оператор $-\Delta - \tilde{V} + b$ существенно самосопряжен для некоторого $b > 0$. Тогда из критерия существенной самосопряженности положительного оператора [1.Теорема X.26] вытекает справедливость утверждения леммы.

Лемма доказана.

Доказательство теоремы. Шаг 1. Пусть $\mu(h) \geq 1 - \frac{(N-2)^2}{4}$ и выберем функцию $\phi \in C_0^\infty(R^N)$ такую, которая $\phi \equiv 1$ в $B(0, \delta)$, $\phi \equiv 0$ в $R^N \setminus B(0, 1)$ и $0 \leq \phi \leq 1$ и функцию $\phi_\infty \in C^\infty(R^N)$ такую, которая $\text{supp } \phi_\infty \subset R^N \setminus \{0\}$, $\phi_\infty \equiv 1$ в $R^N \setminus B(0, R_0)$ и $0 \leq \phi_\infty \leq 1$. Если обозначить

$$\bar{V}(x) = \frac{h\left(\frac{x}{|x|}\right)}{|x|^2} \phi(x) + \frac{h_\infty\left(\frac{x}{|x|}\right)}{|x|^2} \phi_\infty(x)$$

то, имеем что $\tilde{V} - \bar{V} \in L^\infty(R^N)$.

Для $\gamma > \max\{0, -\text{ess inf}_{R^N}(\tilde{V} - \bar{V})\}$ и $b(x) = \tilde{V} - \bar{V} + \gamma$, имеем что, $b \in L^\infty(R^N)$ и $\text{ess inf}_{R^N} b > 0$.

Предположим $f \in C_0^\infty(R^N \setminus \{0\})$ фиксирована. Поскольку $C_0^\infty(R^N \setminus \{0\})$ плотна в $L^2(R^N)$ и в силу леммы, для доказательства достаточно найти некоторую функцию $g \in \text{Ran}(-\Delta - \tilde{V} + b) = \text{Ran}(-\Delta - \bar{V} + \gamma)$ такую, что g сходится в средне квадратичном к f в $L^2(R^N)$. Для этого мы фиксируем $\varepsilon > 0$ и потребуем, чтобы существовали $\tilde{h}, \tilde{h}_\infty \in C^\infty(S^{N-1})$ функции и $\rho \in R$ такие, что если обозначить

$$V(x) = \frac{\tilde{h}\left(\frac{x}{|x|}\right) - \rho}{|x|^2} \phi(x) + \frac{\tilde{h}_\infty\left(\frac{x}{|x|}\right)}{|x|^2} \phi_\infty(x),$$

то выполняются следующие оценки

$$\int_{R^N} (|\nabla u|^2 - Vu^2 + \alpha u^2) dx \geq \min \left\{ \frac{1}{2} \mu(\tilde{V}), \operatorname{ess\,inf}_{R^N} b \right\} \|u\|_{H^1(R^N)}^2, \quad u \in H^1(R^N), \quad (5)$$

$$\mu_1(\tilde{h}) + \rho > 1 - \frac{(N-2)^2}{4}, \quad (6)$$

$$\|(V - \bar{V})u\|_{L^2(R^N)} < \varepsilon, \quad (7)$$

и для каждой функции $u \in H^1(R^N)$, который является решением уравнения

$$-\Delta u(x) - V(x)u(x) + \gamma u(x) = f(x). \quad (8)$$

Существование таких функций $\tilde{h}, \tilde{h}_\infty \in C^\infty(S^{N-1})$ доказывается аналогично в работе [3]. Поэтому, согласно теореме Лакс-Мильграма, существует слабое решение $\omega \in H^1(R^N)$ уравнения $-\Delta \omega(x) - V(x)\omega(x) + \gamma \omega(x) = f(x)$. Поскольку V является гладкой вне нуля, то из эллиптичности оператора Шредингера следует, что $\omega \in C^\infty(R^N \setminus \{0\})$. Кроме того, из [4, теорема 1.1] следует асимптотическая оценка для функции ω в нуле

$$\omega(x) \sim |x|^\sigma \psi \left(\frac{x}{|x|} \right), \quad x \rightarrow 0, \quad (9)$$

где $h = \tilde{h} - \rho$ и $\sigma = -\frac{N-2}{2} + \sqrt{\frac{(N-2)^2}{4} + \mu_1(\tilde{h}) + \rho}$. Поэтому функция

$$g(x) = V(x)\omega(x) - \gamma \omega(x) + f(x)$$

удовлетворяет неравенству

$$|g(x)| \leq \operatorname{const} \frac{\psi \left(\frac{x}{|x|} \right)}{|x|^{2-\sigma}} \quad \text{в } B(0, \delta).$$

Так как, из (6) следует $\sigma + \frac{N-2}{2} > 1$ и получим что $g(x) \in L^2(R^N)$. Далее, из формулы Грина следует

$$\nabla \omega(x) = \begin{cases} O(|x|^{\sigma-1}), & \mu_1(h) < N-1, \\ O(|x|^{-1}), & \mu_1(h) \geq N-1. \end{cases} \quad \text{при } x \rightarrow 0, \quad (10)$$

для некоторого $0 < \tau < \frac{N-2}{2}$ см. [2]. Пусть функции $\eta_n \in C_0^\infty(R^N \setminus \{0\})$ такие, что $0 \leq \eta_n \leq 1$ и

$$\eta_n(x) \equiv 0 \quad \text{на } \left(B(0, \frac{1}{2n}) \cup (R^N \setminus B(0, 2n)) \right),$$

$$\eta_n(x) \equiv 1 \quad \text{на } \left(B(0, n) \setminus B(0, \frac{1}{n}) \right),$$

$$|\nabla \eta_n(x)| \leq Cn \quad \text{на } \left(B\left(0, \frac{1}{n}\right) \setminus B\left(0, \frac{1}{2n}\right) \right),$$

$$|\nabla \eta_n(x)| \leq \frac{C}{n} \quad \text{на } (B(0, 2n) \setminus B(0, n)),$$

$$|\Delta \eta_n(x)| \leq Cn^2 \quad \text{на } \left(B\left(0, \frac{1}{n}\right) \setminus B\left(0, \frac{1}{2n}\right) \right),$$

$$|\Delta \eta_n(x)| \leq \frac{C}{n^2} \quad \text{на } (B(0, 2n) \setminus B(0, n)).$$

Пусть $f_n = \eta_n f - 2\nabla \eta_n \cdot \nabla \omega - \omega \Delta \eta_n$. Кроме того, $\eta_n f \rightarrow f$ на $L^2(R^N)$. Тогда из (9) и (10) выводим что,

$$\begin{aligned}
\int_{R^N} |\nabla \eta_n(x)|^2 |\nabla \omega(x)|^2 dx &\leq \text{const} n^2 \int_{B(0, \frac{1}{n}) \setminus B(0, \frac{1}{2n})} |\nabla \omega(x)|^2 dx + \frac{\text{const}}{n^2} \int_{B(0, 2n) \setminus B(0, n)} |\nabla \omega(x)|^2 dx \\
&\leq \text{const} n^2 \left[\int_{B(0, \frac{1}{n})} |x|^{2\sigma-2} dx + \int_{B(0, \frac{1}{n})} |x|^{-2\tau} dx \right] + \frac{\text{const}}{n^2} \|\omega\|_{H^1(R^N)} \\
&\leq \text{const} [n^{-2\sigma+4-N} + n^{2+2\tau-N} + n^{-2}].
\end{aligned}$$

Кроме того,

$$\begin{aligned}
\int_{R^N} |\Delta \eta_n(x)|^2 |\omega(x)|^2 dx &\leq \text{const} n^4 \int_{B(0, \frac{1}{n}) \setminus B(0, \frac{1}{2n})} |\omega(x)|^2 dx + \frac{\text{const}}{n^4} \int_{B(0, 2n) \setminus B(0, n)} |\omega(x)|^2 dx \\
&\leq \text{const} n^4 \int_{B(0, \frac{1}{n})} |x|^{2\sigma} dx + \frac{\text{const}}{n^4} \|\omega\|_{H^1(R^N)} \leq \text{const} [n^{-2\sigma+4-N} + n^{-4}].
\end{aligned}$$

Так как $-2\sigma + 4 - N < 0$, тогда $f_n \rightarrow f$ на $L^2(R^N)$. Поэтому, для достаточно больших n выполняется $\|f_n - f\|_{L^2(R^N)} < \varepsilon$. Функции $\omega_n = \eta_n \omega$ являются решениями уравнений $-\Delta \omega_n(x) - \tilde{V}(x) \omega_n(x) + b \omega_n(x) = g_n(x)$, где $g_n(x) = f_n(x) + (V(x) - \bar{V}(x)) \omega_n(x)$, т.е. $g_n \in \text{Ran}(-\Delta - \tilde{V} + b)$. Кроме того, из (7) и $|\eta_n| \leq 1$ следует что

$$\|g_n - f_n\|_{L^2(R^N)} = \|(V - \bar{V}) \omega_n\|_{L^2(R^N)} \leq \|(V - \bar{V}) \omega\|_{L^2(R^N)} < \varepsilon,$$

Отсюда $\|g_n - f\|_{L^2(R^N)} < 2\varepsilon$ для достаточно большого значения n .

Шаг 2. Пусть $\mu_1(h) < 1 - \frac{(N-2)^2}{4}$ для некоторых $i \in \{1, \dots, k\}$, тогда $-\Delta - V$ не является существенно самосопряженным. Пусть $V \in \mathfrak{S}$, $V = \tilde{V} + \tilde{W}$, $\tilde{W} \in L^{\frac{N}{2}} \cap L^\infty(R^N)$. Пусть фиксировано $\mu_1(h) < 1 - \frac{(N-2)^2}{4}$, и $\alpha < 0$ и рассмотрим решения $\psi \in C^1((-\infty, \ln \delta])$ задачи Коши

$$\begin{cases} \psi''(s) - \omega_h^2 \psi(s) = b e^{2s} \psi(s), \\ \psi(\ln \delta) = 0, \quad \psi'(\ln \delta) = \alpha. \end{cases}$$

где $\omega_h = \sqrt{\left(\frac{N-2}{2}\right)^2 - \mu_1(h)}$ и $\delta > 0$. В силу неравенства Гроунуолла можем оценить ψ следующим образом

$$0 \leq \psi(s) \leq C e^{-\omega_h s} \quad \text{для всех } s \leq \ln \delta, \quad (11)$$

для некоторой положительной константы $C = C(h, \delta, \alpha, b)$. Пусть

$$v(x) = \begin{cases} |x|^{-\frac{N-2}{2}} \psi(\ln |x|) \psi_1^h\left(\frac{x}{|x|}\right), & x \in B(0, \delta) \setminus \{0\}, \\ 0, & x \in R^N \setminus \overline{B(0, \delta)}. \end{cases}$$

Из (11) следует, что

$$0 \leq v(x) \leq C |x|^{-\frac{N-2}{2}} \sqrt{\left(\frac{N-2}{2}\right)^2 - \mu_1(h)} \quad \text{на } B(a, \delta).$$

Тогда $\mu_1(h) < 1 - \frac{(N-2)^2}{4}$ и оценка обеспечивает, что $v \in L^2(R^N)$. Кроме того, v удовлетворяет граничным условиям на $B(0, \delta)$

$$\begin{cases} -\Delta v(x) - \frac{h\left(\frac{x}{|x|}\right)}{|x|^2} v(x) + bv(x) = 0, & \text{в } B(0, \delta), \\ v = 0 \frac{\partial v}{\partial \nu} = \alpha \delta^{-\frac{N}{2}} \psi_1^h\left(\frac{x}{|x|}\right), & \text{на } \partial B(0, \delta). \end{cases}$$

Отсюда заключаем, что распределение $-\Delta v - \tilde{V}v + bv \in D'(R^N \setminus \{0\})$ на множестве основных функций $C_0^\infty(R^N \setminus \{0\})$ действует следующим образом:

$$\langle -\Delta v - \tilde{V}v + bv, \varphi \rangle = \delta^{-\frac{N}{2}} \int_{\partial B(0, \delta)} \psi_1^h\left(\frac{x}{|x|}\right) \varphi(x) ds.$$

Поэтому $h = -\Delta v - \tilde{V}v + bv \in W_2^{-1}(R^N)$ и удовлетворяет условию следствия 6.2 [2]. Отсюда следует, что $-\Delta - V$ не является существенно самосопряженным на $C_0^\infty(R^N \setminus \{0\})$.

Теорема доказана.

Литература:

1. М.Рид, Б.Саймон, Методы современной математической физики: Т.2, Мир, 1982.
2. V.Felli, E.M.Marchini, S.Terracini. On Schrodinger operators with multipolar inverse-square potentials. arXiv:math/0602209, 2006.
3. V.Felli, E.M.Marchini, S.Terracini. On Schrodinger operators with multisingular inverse-square anisotropic potentials. arXiv:math, 2007.
4. V. Felli, E.M. Marchini, S. Terracini. On the behavior of solutions to Schrodinger equations with dipole type potentials near the singularity, Discrete and Continuous Dynamical Systems, to appear.
5. M. Murata, Structure of positive solutions to $-\Delta - V$ in R^N , Duke Math. J. 53 (1986), no. 4, 869-943.

Парадоксы Большого Взрыва и возможность их разрешения

Кудрявцев Юрий Сергеевич, кандидат технических наук

Показано, что космологическая модель «Большого Взрыва», описывающая расширяющуюся Вселенную, построена на метрике стационарной Вселенной. Для устранения противоречия необходимо использование метрики, учитывающей ненулевую величину дифференциала масштабного фактора.

Показано, что выводы построенной на этой метрике модифицированной космологической модели подтверждаются результатами анализа астрономических данных. По результатам анализа рассчитаны основные параметры Вселенной.

Ключевые слова: Большой Взрыв, квазары, микроволновый фон, WMAP.

1. Введение

Теоретическая модель, описывающая развитие Вселенной как результат произошедшего около 13,5 млрд. лет назад катастрофического события («Большого Взрыва») уже более полувека рассматривается в качестве основной теории о развитии Вселенной («стандартной космологической модели»). С точки зрения этой модели интерпретируются получаемые учеными сведения об устройстве Вселенной, Результаты интерпретации определяют направления дальнейших исследований, которые требуют вложения финансовых средств. В результате вопрос о состоятельности этой модели имеет не только академическое, но и немалое экономическое значение.

В основе модели, описывающей однородную изотропную Вселенную, лежит выражение для метрики, соответствующее равномерно искривленному пространству. Впервые оно было получено Эйнштейном в 1917 году [1] путем введения воображаемой 4-й пространственной координаты и ее последующего исключения, выражая через радиус кривизны пространства. Это выражение получено Эйнштейном для стационарной Вселенной, поскольку тогда еще не было астрономических данных о ее расширении. Поэтому при выводе выражения для метрики дифференциал исключаемой 4-й координаты выражен через дифференциалы других пространственных координат, но не через дифференциал радиуса кривизны пространства, который в стационарной Вселенной равен нулю.

В нестационарной Вселенной мы уже не можем считать его равным нулю. Нетрудно показать [2] что в этом случае компонента метрического тензора при переменной времени g_{00} , которая в решении Эйнштейна для стационарной Вселенной равна 1, изменяется и приобретает значение $g_{00} = (1 - a'^2)$, где $a' = da/cdt$, a - радиус кривизны пространства, c - скорость света, t - время.

Но космологическая модель «Большого Взрыва» построена на том же самом метрическом тензоре, который был введен Эйнштейном в 1917 году для стационарной Вселенной с $g_{00} = 1$ [3]. Таким образом, в основе стандартной модели

расширяющейся Вселенной лежит метрика стационарной Вселенной.

Причины возникновения описанной парадоксальной ситуации выходят за рамки данной работы и требуют отдельного анализа. Целью работы является устранение выявленного противоречия и проверка соответствия результатов этого устранения имеющимся астрономическим данным.

2. Устранение противоречия в метрике и основные особенности модифицированной модели

Метрика, лежащая в основе стандартной космологической модели [3], выражается соотношением:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2 [d\chi^2 + \sin^2 \chi (\sin^2 \theta d\varphi^2 + d\theta^2)]; \quad (1)$$

где a - радиус кривизны пространства, χ - координата дальности, θ, φ - угловые координаты, c - скорость света. Соответствующие значения компонентов метрического тензора: $g_{00} = 1$, $g_{11} = -a^2$, $g_{22} = -a^2 \sin^2 \chi$, $g_{33} = -a^2 \sin^2 \chi \sin^2 \theta$.

Поскольку в нестационарной Вселенной дифференциал радиуса кривизны пространства da не равен нулю, получаем [2] выражение для интервала:

$$ds^2 = c^2 dt^2 (1 - a'^2) - a^2 [d\chi^2 + \sin^2 \chi (\sin^2 \theta d\varphi^2 + d\theta^2)]. \quad (2)$$

Общая теория относительности, лежащая в основе всех космологических моделей, базируется на принципе: «Общие законы природы должны быть выражены через уравнения, справедливые во всех координатных системах» [4]. Однако этот принцип отнюдь не означает, что смысл и значения входящих в них переменных во всех координатных системах одинаковы. Метрические тензоры, отличающиеся переопределением координаты времени [5][6], мы можем считать эквивалентными лишь до того момента, когда мы хотим показать динамику развития Вселенной и определить этапы ее развития в конкретных единицах времени, чем и занимается космология. Что такое 13,5 млрд лет? Это возраст Вселенной или какая-то функция от ее возраста? Существование наряду с метрикой (1) метрики (2) ставит перед нами вопрос, в какой из них символ « t » - это время, а в какой - функция от времени.

Решение уравнений Эйнштейна на основе метрики (2) показывает, что изменение временной компоненты метрического тензора существенно изменяет выводы о динамике развития Вселенной и приводит к модифицированной космологической модели [2], которая описывает Вселенную, закрытую при любой плотности материи, не требующую введения дополнительных ненаблюдаемых субстанций (космологической постоянной или темной энергии), бесконечную во времени и расширяющуюся ускоренно, что соответствует астрономическим данным об ее ускоренном расширении [7].

При рассмотрении модели выявляются две временные шкалы - время на поверхности расширяющейся гиперсферы, то есть в системе координат наблюдателя - в нашем трехмерном мире, и время в ее геометрическом центре, лежащем за пределами трехмерного пространства. Нас, естественно, интересует временная шкала в системе координат наблюдателя t_{obs} .

Основные параметры полученной модели [2] задаются выражениями:

$$a'_{\text{obs}} = da / dt_{\text{obs}} = \alpha (1 - \alpha^2)^{1/2}; \quad (3)$$

где, a - масштабный фактор (радиус гиперсферы), α - относительная величина масштабного фактора $\alpha = a/2a_0$, $a_0 = \text{const} = 2GM/3\pi c^2$.

$$dt_{\text{obs}} = (2a_0/c) d\alpha / [\alpha (1 - \alpha^2)^{1/2}]; \quad (4)$$

$$\alpha(\tau_{\text{obs}}) = 1 / \text{ch}(\tau_{\text{obs}}); \quad (5)$$

где

$$\tau_{\text{obs}} \equiv (c/2a_0)t_{\text{obs}}. \quad (6)$$

Отсчет τ_{obs} производится от момента максимального расширения ($\alpha = 1$).

Параметры Вселенной в модифицированной модели связаны с относительной плотностью материи Ω и постоянной Хаббла H выражениями:

$$\alpha(\Omega) = \Omega^{1/2} (\Omega + 1)^{-1/2}; \quad (7)$$

$$a_0 = (c/2H) (1 - \alpha^2)^{1/2} = (c/2H) (\Omega + 1)^{-1/2}; \quad (8)$$

$$a = 2a_0 \alpha = (c/H) \Omega^{1/2} (\Omega + 1)^{-1}; \quad (9)$$

$$\chi(Z) = [((Z+1)/\alpha)^2 - 1]^{1/2} - [((1/\alpha)^2 - 1)^{1/2}]; \quad (10)$$

где $\chi(Z)$ - угловая координата дальности, соответствующая положению наблюдаемого объекта с красным смещением Z .

Расширение Вселенной, в отличие от стандартной модели, происходит медленно, что позволяет исключить проблемы, лежащие в основании сценария раздувающейся Вселенной [8] и другие проблемы астрономии и астрофизики, связанные с нехваткой времени.

Динамика расширения графически показана на Рис.1. На кривой $\alpha(\tau_{\text{obs}})$ отмечены положения сегодняшнего состояния Вселенной при $\Omega = 0,03$ (светлый кружок) и при $\Omega = 0,4$ (темный кружок). Крестом отмечена точка перегиба.

Недавно обнаруженная симметрия неоднородностей реликтового микроволнового фона интерпретируется в стандартной модели как возможное свидетельство нарушения основополагающего требования изотропии пространства («Ось Зла») [9]. В модифицированной модели она интерпретируется как естественное явление, вытекающее из более медленной динамики развития и не связанное с нарушением принципов теории относительности. Время, прошедшее с момента излучения сигнала удаленным источником, например, неоднородностью материи в период рекомбинации водорода, оказывается достаточным для того, чтобы излучение источника, распространяющееся во всех направлениях, достигло наблюдателя не только по малой, но и по большой дуге вокруг всей закрытой Вселенной, то есть с противоположной стороны, что воспринимается наблюдателем как явление центральной симметрии - возможность наблюдения одного и того же источника в двух противоположных (центрально-симметричных) точках небесной сферы.

Рассмотрим свет, излученный в период рекомбинации. Если в какой-то точке небесной сферы мы видим повышение температуры микроволнового фона, вызванное движением материи (скорость излучившего его вещества направлена к нам - по этой дуге оно приближается), то одновременно мы увидим эту же неоднородность в противоположной точке

небесной сферы (сигнал, пришедший по другому отрезку круга, то есть «сзади»), но уже соответствующую понижению температуры (по этой дуге оно удаляется). Это центральная симметрия отрицательного знака - «антисимметрия».

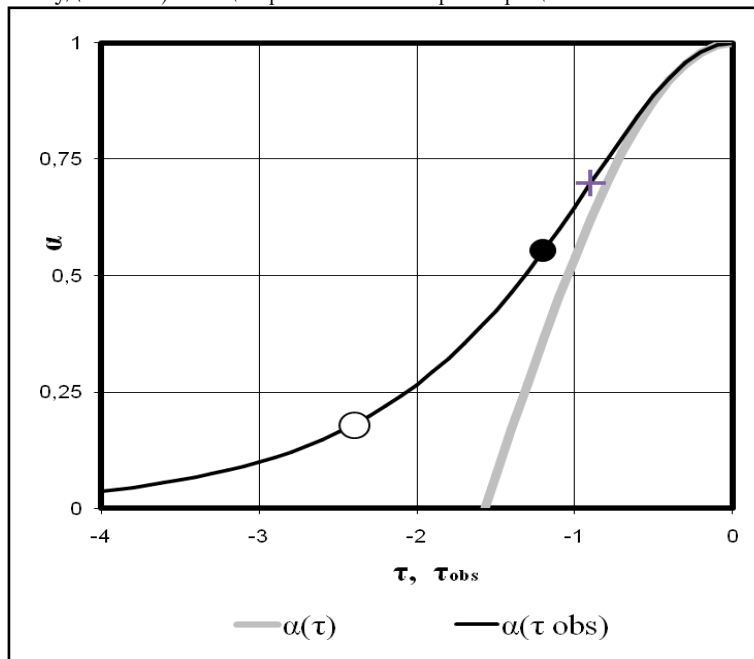


Рис. 1. Динамика расширения закрытой Вселенной в модифицированной модели в системах отсчета наблюдателя (τ_{obs}) и центра гиперсферы (τ)

3. «Ось Зла» и центральная симметрия микроволнового фона

Одновременно можно предполагать наличие центральной симметрии и положительного знака, которая может иметь место для неоднородностей, причиной которых явилось не движение материи, а неоднородность ее температуры или плотности.

В работе [10] показано, что имеют место оба вида центральной симметрии, как положительного, так и отрицательного знака, причем вклад в общую картину антисимметричной компоненты на 4% больше, чем симметричной. Выявленные элементы антисимметрии на противоположных полушариях небесной сферы в азимутальной проекции Ламберта показаны на Рис. 2.



Рис. 2. Выявленные элементы центральной антисимметрии [10]

4. Проявление центральной симметрии в распределении квазаров

Явление центральной симметрии небесной сферы подтверждается и существованием центрально-симметричных пар квазаров с идентичными профилями магнитуд светимости в диапазонах (u,g,i,z) [11], которые могут интерпретироваться как пары изображений одного и того же объекта.

Проверка зависимости количества пар противоположащих квазаров с высокой корреляцией профилей светимости от нарушения симметрии показала, что процент пар противоположащих квазаров с коэффициентами корреляции $R_{xy} > 0.98$ при нарушении симметрии снижается. Вероятность того, что это результат случайного отклонения от средних значений, не превышает 10^9 , что исключает возможность случайного характера и подтверждает существование пар противоположащих квазаров с идентичными характеристиками светимости, которые могут являться парами изображений одного объекта.

5. Зависимость магнитуд квазаров и галактик от красного смещения

В работе [12] рассмотрены зависимости от красного смещения средних значений звездных величин («магнитуд») квазаров и галактик. Показано, что зависимости средних значений магнитуд от Z как квазаров, так и галактик близки по

абсолютным величинам и форме и имеют характер затухающих колебаний с участками отрицательного наклона вблизи $Z \approx 1$ и $Z \approx 2$.

Парадокс - на этих участках видимая светимость объектов не уменьшается, а растет с увеличением расстояния до них.

Расчет из этих магнитуд мощностей излучения по формулам стандартной космологической модели также дает парадоксальный результат - средние мощности излучения галактик и квазаров быстро увеличиваются с увеличением красного смещения. Возрастание мощности при увеличении Z от 0,02 до 2 достигает 7 тысяч раз, что представляется невозможным и приводит к предположению, что это связано не с реальным изменением мощности излучения, а с методикой ее расчета в стандартной космологической модели.

В [12] показано, что в модифицированной модели, построенной на метрике (2), возможно появление закономерностей, отсутствующих в стандартной модели, в том числе эффект увеличения видимой светимости источников с увеличением расстояния. Получена расчетная зависимость для источника постоянной светимости ($L = \text{const}(Z) \approx 3 \cdot 10^{10} L_{\text{sun}}$), практически совпадающая с зависимостью, полученной из наблюдательных данных. Рис.3.

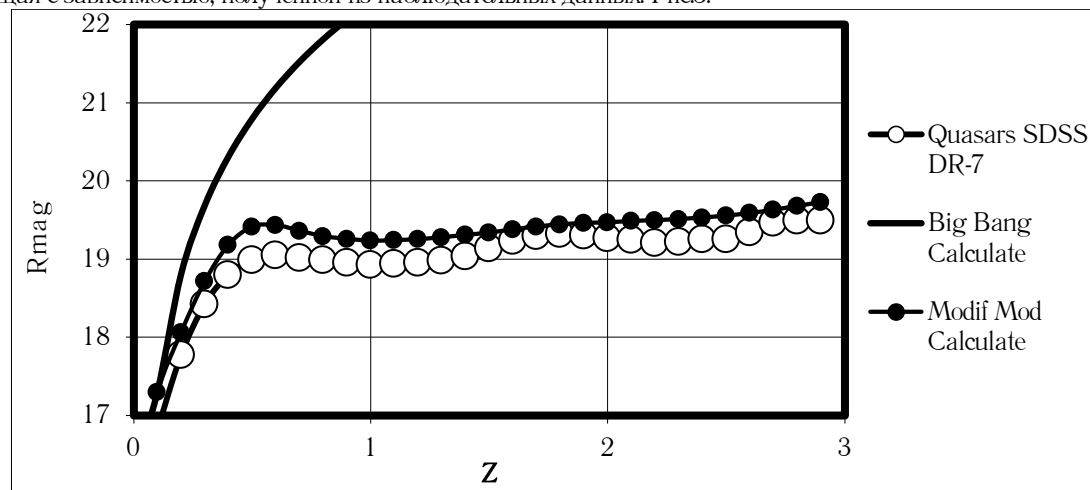


Рис. 3. Сравнение зависимостей средних магнитуд квазаров от красного смещения с расчетными зависимостями в модели Большого Взрыва и в модифицированной космологической модели [12]

6. Корреляция антисимметричной компоненты микроволнового фона и красных смещений квазаров

В работе [13] в рамках модифицированной космологической модели показано, что антисимметричная компонента девиации температуры микроволнового фона пропорциональна лучевой скорости движения протоматерии в этой области. В направлениях, где $t_{\text{асимм}} > 0$, исходные массы материи в эпоху просветления двигались преимущественно в нашу сторону. Это могло привести к тому, что сформировавшиеся впоследствии из этой материи наблюдаемые объекты находятся в среднем на меньших расстояниях от нас, чем объекты, находящиеся в тех направлениях, для которых $t_{\text{асимм}} < 0$, и исходные массы материи двигались преимущественно от нас. Из этого следует, что распределение по небесной сфере антисимметричной компоненты девиации температуры микроволнового фона может коррелировать с угловым распределением средних значений красных смещений квазаров.

В рамках стандартной космологической модели Большого Взрыва такое предположение также относится к числу парадоксальных.

Полученные в [13] результаты подтверждают справедливость этого предположения. Обнаружена положительная корреляция распределений антисимметричной компоненты девиации температуры микроволнового фона с угловыми распределениями средних значений красного смещения квазаров каталога SDSS-DR7 на участках небесной сферы протяженностью до 120 градусов с коэффициентами корреляции Пирсона до +0.75.

Также обнаружена вытекающая из этих результатов отрицательная корреляция угловых распределений средних значений красного смещения квазаров на противоположных друг другу участках небесной сферы.

Некоторые примеры полученных в [13] результатов сопоставления графиков распределения антисимметричной компоненты микроволнового фона и средних значений красного смещения квазаров по осям Glon и Glat галактической системы координат показаны на Рис. 4.

7. Заключение

Представленные в данной работе результаты расчетов и простейшего анализа общедоступных наблюдательных данных, на наш взгляд, эквивалентны доказательству полной несостоятельности модели «Большого Взрыва» и необходимости ее пересмотра, начиная с лежащего в ее основе источника противоречий. Этим первичным источником является метрический тензор стационарной Вселенной, положенный в основу нестационарной модели.

Попытка построения модифицированной модели на основе метрического тензора, учитывающего ненулевое значение дифференциала кривизны пространства в нестационарной Вселенной, приводит к модели, которая описывает Вселенную, закрытую при любой плотности материи, не требующую введения дополнительных ненаблюдаемых субстанций (космологической постоянной или темной энергии), бесконечную во времени и расширяющуюся ускоренно. Расширение Вселенной, в отличие от стандартной модели, происходит медленно, что позволяет исключить проблемы, лежащие в основании сценария раздувающейся Вселенной и другие проблемы астрономии и астрофизики, связанные с нехваткой времени.

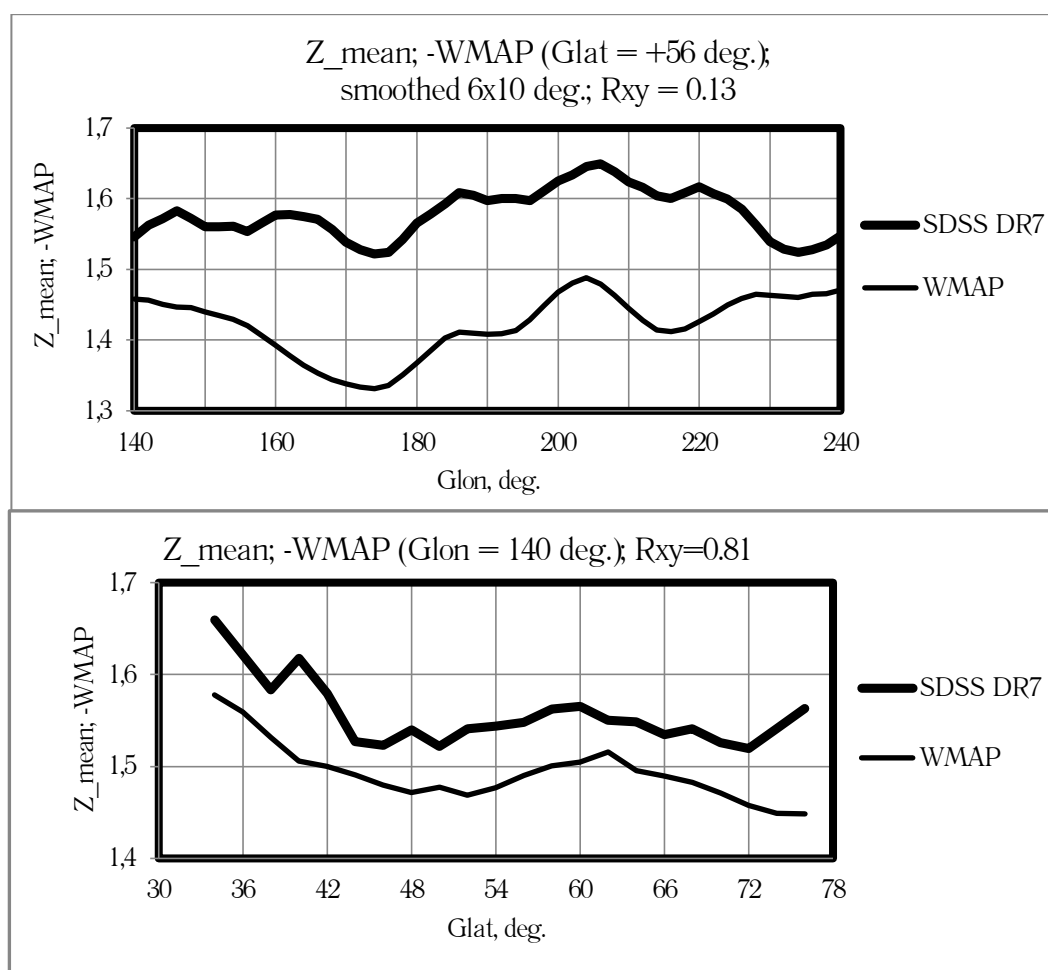


Рис. 4. Примеры сопоставления графиков распределения антисимметричной компоненты микроволнового фона и средних значений Z квазаров [13]

Модифицированная модель естественным образом описывает парадоксальные с точки зрения модели «Большого Взрыва» явления, обнаруженные нами при анализе наблюдательных данных:

- явление центральной симметрии небесной сферы,
- зависимость средних магнитуд квазаров и галактик от красного смещения,
- корреляцию антисимметричной компоненты микроволнового фона и красных смещений квазаров,
- отрицательную корреляцию средних величин красных смещений на противоположных участках небесной сферы.

Из анализа зависимостей светимости квазаров и галактик от красного смещения следует, что полному обороту светового сигнала вокруг Вселенной (т.е. $\chi=2\pi$) соответствует значение $Z \approx 2$. Отсюда по приведенным выше формулам модифицированной модели получим основные параметры Вселенной для настоящего момента времени: $\alpha \approx 0,33$; $\Omega \approx 0,12$; $a \approx 4,3$ млрд. светл.; линейное ускорение расширения Вселенной $d^2a/dt^2 \approx 1,8 \cdot 10^{10}$ м/с²; время, через которое будет достигнуто наибольшее расширение в будущем $t_{\text{об}} \approx 23,4$ млрд. лет; объем пространства закрытой Вселенной $V = 2\pi^2 a^3 \approx 1,32 \cdot 10^{78}$ м³; средняя плотность $\rho \approx 1,12 \cdot 10^{27}$ кг/м³; оценка полной массы материи во Вселенной: $M_{\text{м}} \approx 1,5 \cdot 10^{51}$ кг.

8. Благодарности

Мне приятно выразить глубокую благодарность Дмитрию Семенову за помощь в получении и обработке исходных данных о девиации микроволнового фона из `wmap_ill_7yr_v4.fits`, необходимых для сравнительного анализа с распределениями квазаров и галактик.

Литература:

1. А. Эйнштейн. Вопросы космологии и общая теория относительности. В кн. А. Эйнштейн, собрание научных трудов, т.1, "Наука", М., 1965, С. 601-612. (*Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Sitzungsber preuss. Akad. Wiss., 1917, I, 142-152*)
2. Iurii Kudriavtsev. On inner contradiction in the metric tensor of the standard cosmological model. / Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting. Moscow, 4-7 July 2011 / Ed. By M.C. Duffy, V.O. Gladyshev, A.N. Morozov, P. Rowlands. - Moscow: BMSTU, 2012. p.178-185.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т. II. Теория поля. - 8-е изд., стереот. - М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2003. - 536 с. (*Landau L.D., Lifshitz E.M. Course of Theoretical Physics: The Classical Theory of Fields. Vol.2.*)
4. А. Эйнштейн. Основы общей теории относительности. В кн. А. Эйнштейн, собрание научных трудов, т.1, "Наука", М., 1965, С. 452-504. (*Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. Ann. Phys., 1916, 49, 769-822*)

5. А.А. Фридман. О кривизне пространства. с. 229-237. В кн. «Александр Александрович Фридман. Избранные труды». — М., «Наука», 1966., 462с. (*A. Friedmann. Ueber die Krümmung des Raumes. Z. Phys., 1922, 10, 377-386.*)
6. А.А. Фридман. О возможности мира с постоянной отрицательной кривизной. с. 238-244. В кн. «Александр Александрович Фридман. Избранные труды». — М., «Наука», 1966., 462с. (*A. Friedmann. Ueber möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes. Z. Phys., 1924, 21, 326-332.*)
7. Riess A G et al. Astron. J 116 1009 (1998); Perlmutter S et al. Astrophys. J 517 565 (1999).
8. А.Д. Линде. Раздувающаяся Вселенная, УФН, т. 144, № 2, октябрь 1984 г., с.177-214.
9. K. Land, J. Magueijo. Examination of Evidence for a Preferred Axis in the Cosmic Radiation Anisotropy. Phys. Rev. Lett. 95, 071301 (2005).
10. Iurii Kudriavtcev, Dmitry A. Semenov. Central symmetry and antisymmetry of the microwave background inhomogeneities on Wilkinson Microwave Anisotropy Probe maps. arXiv:1008.4085
11. Iurii Kudriavtcev. Manifestation of central symmetry of the celestial sphere in the mutual disposition and luminosity of the Quasars. arXiv: 1009.4424
12. Iurii Kudriavtcev. Specific features of the average magnitudes and luminosities of quasars and galaxies as a function of redshift and their interpretation in the modified cosmological model. arXiv:1109.3630
13. Kudriavtcev Iu. Correlation of the angular distributions of the antisymmetrical component of the microwave backgrounds temperature deviation and the redshifts of quasars // Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting. Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 29 June–02 July, 2015. — Moscow : BMSTU, 2015. Pp 248-265. (<http://www.pirt.info/scopus/all-issues/2015/articles/Kudriavtcev1.pdf>).

Модификация уравнения Клейна-Гордона

Львов Олег Сергеевич
г. Пенза

С целью более корректного теоретического описания свободных заряженных частиц и античастиц предлагается разложение уравнения Клейна-Гордона второго порядка на два уравнения первого порядка по времени, решения которых характеризуются противоположным знаком частот спектральных составляющих. Определяются динамические показатели частиц.

Предложенные уравнения обобщаются на случай взаимодействующих частиц. Рассматриваются методы решений полученных уравнений.

Введение

Квантомеханическое уравнение второго порядка, известное под названием уравнение Клейна-Гордона(-Фока) (УКГ), впервые было записано Э. Шредингером. Однако он предпочел ему более простое уравнение первого порядка, поскольку уравнение второго порядка первое время казалось неприемлемым ввиду трудности получения положительных значений плотности вероятности обнаружения микрочастицы и ее энергии. Впоследствии эти трудности были обойдены путем введения понятия попятного движения античастиц во времени.

Автор не согласен с подобной трактовкой решений уравнения Клейна-Гордона и предлагает трактовку положительно-частотных решений уравнения, как описание поведения основных частиц, а отрицательно-частотных решений - как описание поведения античастиц. Для отдельного описания электрически заряженных частиц и античастиц предлагается разделение рассматриваемого уравнения второго порядка на два уравнения первого порядка по времени. В краткой форме о таком варианте модификации УКГ уже сообщалось в рамках настоящей конференции [1]. Здесь же приведено более подробное описание.

Строго говоря, скалярное релятивистское УКГ пригодно для описания бесспиновых микрочастиц, например π -мезонов. Однако и в случае частиц с ненулевым спином оно пригодно для описания поведения свободных или взаимодействующих частиц, когда их спиновым взаимодействием можно пренебречь.

Константы c и $\hbar$ в данной статье считаются равными 1. По повторяющимся индексам $k = (1, 2, 3)$ и $\nu = (0, 1, 2, 3)$ подразумевается суммирование. Символ $x = \{x^1, x^2, x^3\}$ обозначает совокупность пространственных координат, а символ $x = \{x^0, x^1, x^2, x^3\}$ - совокупность координат 4-пространства, $x^0 = t$.

Получение УКГ с производными первого порядка по времени

Скалярное уравнение Клейна-Гордона для свободной заряженной частицы [2], описываемой комплексной волновой функцией ψ , имеет следующий вид:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^{k^2}} + m^2 \psi = 0, \text{ где } k = (1, 2, 3), \quad (1)$$

В то же время, благодаря единому знаку частот осцилляции спектральных составляющих, волновая функция (ВФ) частиц удовлетворяет одному из двух уравнений первого порядка по временной координате

$$i \frac{\partial \psi}{\partial t} \pm \sqrt{m^2 - \frac{\partial^2}{\partial x_k^2}} \psi = 0, \quad (2)$$

где знак "+" отвечает основной частице, а знак "-" античастице.

Заданный формально линейный радикал-оператор в правой части уравнения (2) $\hat{O} = \sqrt{m^2 - \frac{\partial^2}{\partial x_k^2}}$ может быть представлен в виде прямого и обратного Фурье-преобразования ($\mathcal{F}$) ВФ с промежуточным умножением на радикал-функцию от импульсов спектральных составляющих $\hat{O} = \mathcal{F}_x^{-1}(\sqrt{m^2 + \mathbf{p}^2} \mathcal{F}_p)$.

Справедливость уравнений (2) при указанном определении оператора следует из того факта, что при подстановке в них спектральных составляющих волновой функции вида $\psi = b \exp(i\epsilon t - i\mathbf{p}\mathbf{x})$ получается известное релятивистское соотношение для компонент волнового вектора $\epsilon = \pm\sqrt{m^2 + \mathbf{p}^2}$.

Покажем, что волновые функции частиц, отвечающие уравнениям первого порядка (2), удовлетворяют также основному уравнению Клейна-Гордона (1). Действительно, при записи уравнения (2) в форме

$$i \frac{\partial \psi}{\partial t} = \mp \mathcal{F}_x^{-1}(\sqrt{m^2 + \mathbf{p}^2} \mathcal{F}_p) \psi \quad (3)$$

можно понять, что функции левой и правой части уравнения, будучи равны между собой $\psi_l = \psi_p = \psi_1$, характеризуются тем же набором спектральных составляющих ψ_n с тем же знаком частот, что и изначальные волновые функции ψ . В результате применения операторов левой и правой части рассматриваемые составляющие ψ_n лишь умножаются на одинаковые множители $\epsilon_n = \pm\sqrt{m^2 + \mathbf{p}_n^2}$. При вторичном применении рассматриваемых операторов к левой и правой частям уравнения (3) повторное умножение спектральных составляющих левой и правой частей уравнения на те же самые равные множители не нарушает справедливости уравнения. В то же время в результате последней операции, получается следующее новое уравнение

$$-\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \mathcal{F}_x^{-1}(m^2 + \mathbf{p}^2) \mathcal{F}_p \psi = m^2 \psi - \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}, \quad (4)$$

которое после смены знаков всех его членов и переноса их в левую сторону сводится к УКГ (1). При получении выражения (4) использованы соотношения $\mathcal{F}_p \mathcal{F}_x^{-1} = 1$, $\mathcal{F}_x^{-1} m^2 \mathcal{F}_p = m^2$ и $\mathcal{F}_x^{-1} \mathbf{p}^2 \mathcal{F}_p = -\frac{\partial^2}{\partial x^2}$. (4a)

Лагранжиан модифицированного уравнения (2) выбирается, исходя из известного лагранжиана УКГ (1) $L_1 = \frac{1}{2m} \left(\frac{\partial \psi^*}{\partial t} \frac{\partial \psi}{\partial t} - \frac{\partial \psi^*}{\partial x^k} \frac{\partial \psi}{\partial x^k} - m^2 \psi^* \psi \right)$. При этом вместо производных по времени в указанный лагранжиан подставляются их значения из первого или второго уравнения (2). Поскольку при вариации координат такие подстановки оставляют неизменным лагранжиан только для одного из двух уравнений группы (2), то новый лагранжиан отвечает лишь тому уравнению, которое введено в его состав. Для возможности получения из нового лагранжиана основного и комплексно-сопряженного уравнения производится замена производных $\frac{\partial \psi}{\partial x^t}$ и $\frac{\partial \psi^*}{\partial x^t}$ в двух последовательных членах исходного лагранжиана. При этом лагранжианы уравнений (2) получают вид

$$L_{2\pm} = \frac{1}{2m} \left(\pm \frac{i}{2} \frac{\partial \psi^*}{\partial t} \sqrt{m^2 - \frac{\partial^2}{\partial x_k^2}} \psi \mp \frac{i}{2} \sqrt{m^2 - \frac{\partial^2}{\partial x_k^2}} \psi^* \frac{\partial \psi}{\partial t} - \frac{\partial \psi^*}{\partial x_k} \frac{\partial \psi}{\partial x_k} - m^2 \psi^* \psi \right). \quad (5)$$

Памятуя о неоднозначности выбора лагранжианов уравнений, заметим, что о правильности выбора лагранжианов (5) свидетельствует сохранение вида тензоров плотностей электромеханических показателей поля, справедливых для уравнения (1). Так вектор плотности электрического заряда-тока и тензор энергии-импульса, получаемые из лагранжиана (5) имеют известный вид:

$$J_i = \frac{-ie}{2m} \left(\psi^* \frac{\partial \psi}{\partial x^i} - \frac{\partial \psi^*}{\partial x^i} \psi \right), i, j = \{0, 1, 2, 3\}, \quad (6)$$

$$T_{ij} = \frac{1}{2m} \left(\frac{\partial \psi^*}{\partial x^i} \frac{\partial \psi}{\partial x^j} + \frac{\partial \psi^*}{\partial x^j} \frac{\partial \psi}{\partial x^i} \right) - \frac{g_{ij}}{2m} \left(-\frac{\partial \psi^*}{\partial x^v} \frac{\partial \psi}{\partial x^v} + m^2 \psi^* \psi \right), v = (0, 1, 2, 3). \quad (7)$$

Анализ приведенных выражений (6, 7) показывает, что знак плотности заряда частицы определяется знаком частоты осцилляции волновой функции, а знак плотности энергии всегда положителен.

В прямом виде формула (6) не пригодна для определения плотности вероятности обнаружения частицы. Очевидно, что последняя величина должна определяться модулем выражения (6) при исключении множителя e .

Использование решений УКГ с постоянным знаком частоты спектральных составляющих дает возможность введения операторов динамических показателей микрочастиц, упрощающих вычисление их интегральных показателей. Названные операторы $\hat{T}_i$ определяются на основе тождественного выражения показателя частицы T_i через временную компоненту T_{i0} тензора его плотности распределения и искомый оператор

$$T_i = \int T_{i0} d^3x = \frac{-i}{m} \int \frac{\partial \psi^*}{\partial t} \hat{T}_i \psi d^3x, \quad (8)$$

Приведенное выражение (8) справедливо для скалярных (индекс i исключается) и векторных показателей частицы.

Покажем способ преобразования тензорного интеграла к операторному на примере оператора заряда частицы:

$$Q = \int J_0 d^3x = \frac{-ie}{2m} \int \left(\psi^* \frac{\partial \psi}{\partial x^0} - \frac{\partial \psi^*}{\partial x^0} \psi \right) d^3x = \frac{-i}{m} \int \left(\frac{\partial \psi^*}{\partial x^0} \hat{Q} \psi \right) d^3x. \quad (9)$$

Сначала займемся первым членом $\psi^* \frac{\partial \psi}{\partial x^0}$ во втором подынтегральном выражении. Выполняя Фурье-преобразование сомножителей, далее, производя изменение порядка интегрирования и используя свойства δ -функции, возникающей после интегрирования по x^3 , получим следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \frac{-ie}{2m} \int \psi^* \frac{\partial \psi}{\partial x^0} d^3x &= \frac{e}{2m} \int \left(\int a_{p1}^* \exp(-i\epsilon_1 t + i\mathbf{p}_1 \mathbf{x}) d^3p_1 \int \omega_{p2} a_{p2} \exp(i\epsilon_2 t - i\mathbf{p}_2 \mathbf{x}) d^3p_2 \right) d^3x = \\ &= \frac{e}{2m} \int \int \int a_{p1}^* \epsilon_{p2} a_{p2} \exp(i(\epsilon_2 - \epsilon_1)t + i(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2) \mathbf{x}) d^3x d^3p_1 d^3p_2 = \\ &= \frac{4\pi^3 e}{m} \int \int a_{p1}^* \epsilon_{p2} a_{p2} \exp(i(\epsilon_2 - \epsilon_1)t) \delta(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2) d^3p_1 d^3p_2 = \frac{4\pi^3 e}{m} \int \epsilon_{p1} a_{p1}^* a_{p2} d^3p_1. \end{aligned}$$

Здесь учтено, что ввиду единого знака частоты осцилляции при $\mathbf{p}_1 = \mathbf{p}_2$ $\epsilon_2 = \epsilon_1$, и экспонента в последнем интеграле

исчезает. Аналогично доказывается нижеприводимое равенство для интеграла от второго парного члена в (9)

$$\frac{ie}{2m} \int \frac{\partial \psi^*}{\partial x^0} \psi d^3x = \frac{4\pi^3 e}{m} \int \varepsilon_{p1} a_{p1}^* a_{p1} d^3p_1.$$

Из полученных соотношений следует, что вклады от первого и второго членов подынтегрального выражения равны между собой, и окончательная формула может быть записана в виде

$$Q = \frac{ie}{m} \int \frac{\partial \psi^*}{\partial x^0} \psi d^3x. \quad (10)$$

Сравнивая (8) и (10), получим оператор заряда частицы $\hat{Q} = -e$.

При вычислении операторов других показателей можно использовать тот же метод Фурье-дельта-преобразования, заменяя волновые функции и их производные Фурье-представлением, и упрощая подынтегральные выражения при использовании δ -функции, возникающей после интегрирования по x^3 . Можно показать, что при определении оператора вектора энергии-импульса вклады от первого и второго членов в выражении (7) равны между собой, а вклад от последующих членов равен нулю. Таким образом, интегральная формула для вектора энергии-импульса и соответствующие операторы имеют вид

$$P_i = \frac{1}{m} \int \frac{\partial \psi^*}{\partial x^0} \frac{\partial \psi}{\partial x^i} d^3x, \quad \hat{P}_i = -i \frac{\partial}{\partial x^i}, \quad \text{где } \hat{P}_0 = -i \frac{\partial}{\partial x^0} = \hat{E}. \quad (11)$$

При наличии электромагнитного поля с помощью известных подстановок

$$\frac{\partial \psi}{\partial x^i} \rightarrow \frac{\partial \psi}{\partial x^i} - ieA_i \psi \quad \text{и} \quad \frac{\partial \psi^*}{\partial x^i} \rightarrow \frac{\partial \psi^*}{\partial x^i} + ieA_i \psi^* \quad (12)$$

уравнения (1) и (2) приводятся к следующему виду:

$$\left(\frac{\partial}{\partial x^v} - ieA_v \right) \left(\frac{\partial \psi}{\partial x^v} - ieA^v \psi \right) + m^2 \psi = 0, \quad \text{где } v = (0, 1, 2, 3), \quad (13)$$

$$\left[i \frac{\partial}{\partial x^0} + eA_0 \pm \sqrt{m^2 - \left(\frac{\partial}{\partial x^k} - ieA_k \right) \left(\frac{\partial}{\partial x^k} - ieA_k \right)} \right] \psi = 0, \quad k = (1, 2, 3). \quad (14)$$

В соответствии с указанными подстановками (12) изменяются также динамические показатели микрочастицы. Например, вектор плотности электрического заряда-тока и тензор энергии-импульса приобретают следующий вид:

$$J_i = \frac{-ie}{2m} \left(\psi^* \frac{\partial \psi}{\partial x^i} - \frac{\partial \psi^*}{\partial x^i} \psi - 2ieA_i \psi^* \psi \right). \quad (15)$$

$$T_{ij} = \frac{1}{2m} \left[\left(\frac{\partial \psi^*}{\partial x^i} + ieA_i \psi^* \right) \left(\frac{\partial \psi}{\partial x^j} - ieA_j \psi \right) + \left(\frac{\partial \psi^*}{\partial x^j} + ieA_j \psi^* \right) \left(\frac{\partial \psi}{\partial x^i} - ieA_i \psi \right) \right] - \frac{g_{ij}}{2m} \left[\left(\frac{\partial \psi^*}{\partial x^v} + ieA_v \psi^* \right) \left(\frac{\partial \psi}{\partial x^v} - ieA^v \psi \right) - m^2 \psi^* \psi \right]. \quad (16)$$

Уравнение взаимодействующей частицы (14) записано в формальном виде. Для конкретизации линейного радикал-оператора $\hat{Q}$ в левой части уравнения, как и в случае свободной частицы, используются Фурье-преобразования:

$$\hat{Q} = \mathcal{F}_x^{-1} \left(\sqrt{m^2 + (p_k - eA_k(x))(p_k - eA_k(x))} \mathcal{F}_p \right). \quad (17)$$

Характерная особенность радикал-оператора (17) взаимодействующей частицы - сохранение координатного представления вектора-потенциала $\mathbf{A}(x)$ ввиду взаимодействия каждой спектральной составляющей волновой функции $\psi(\mathbf{p})$ со всеми составляющими вектора-потенциала магнитного поля.

Можно показать, что волновые функции уравнений первого порядка (14) удовлетворяют УКГ взаимодействующей частицы (13). С этой целью волновое уравнение взаимодействующей частицы (14) записывается в виде

$$\left(i \frac{\partial}{\partial x^0} + eA_0 \right) \psi = \mp \mathcal{F}_x^{-1} \left(\sqrt{m^2 + (p_k - eA_k(x))(p_k - eA_k(x))} \mathcal{F}_p \right) \psi, \quad (18)$$

и производится повторное применение операторов левой и правой части уравнения к промежуточному значению волновой функции ψ_1 .

Здесь доказательство повторяет ранее рассмотренное доказательство для свободной частицы. ВФ ψ по-прежнему представляется в виде суммы спектральных составляющих $\psi_n = b_n \exp(i\varepsilon_n t - i\mathbf{p}_n \mathbf{x})$, являющихся собственными функциями левой и правой частей уравнения (18) при выполнении условия

$$\varepsilon_n - eA_0(x) = \pm \sqrt{m^2 + (p_{kn} - eA_k(x))(p_{kn} - eA_k(x))}. \quad (19)$$

В результате вышеуказанных манипуляций при постоянстве знака левой части выражения (19) $\text{sgn}(\varepsilon_n - eA_0) = \text{sgn} \varepsilon_n$ для любых ε_n и x уравнение (18) преобразуется в УКГ для взаимодействующей частицы в следующей форме:

$$-\left(\frac{\partial}{\partial x^0} - ieA_0 \right) \left(\frac{\partial}{\partial x^0} - ieA_0 \right) \psi = \left[m^2 - \left(\frac{\partial}{\partial x^k} - ieA_k \right) \left(\frac{\partial}{\partial x^k} - ieA_k \right) \right] \psi, \quad (20)$$

которая может быть преобразована к виду (13).

При преобразовании выражения (18) к форме (20) помимо соотношений (4а), использовались следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \mathcal{F}_x^{-1}(A_k(x)p_k \mathcal{F}_p) \psi &= -i A_k(x) \frac{\partial \psi}{\partial x^k}, \\ \mathcal{F}_x^{-1}(p_k A_k(x) \mathcal{F}_p) \psi &= -i \frac{\partial A_k(x)}{\partial x^k} \psi - i A_k(x) \frac{\partial \psi}{\partial x^k}, \quad \mathcal{F}_x^{-1}(A_k(x) A_k(x) \mathcal{F}_p) \psi = A_k^2(x) \psi. \end{aligned}$$

Следует отметить, что уравнение Клейна-Гордона взаимодействующей частицы (как и уравнение Дирака) имеет физический смысл лишь в том случае, когда потенциальная энергия частицы eA_0 не превышает ее основную энергию, определяемую частотой осцилляции волновой функции ε . В противном случае из названных уравнений следуют эффекты, известные под названием "парадокс Клейна", противоречащие физическим законам сохранения. Пример парадокса Клейна для УКГ - свободное прохождение частицы с относительно малой кинетической энергией $\varepsilon_k = (\varepsilon - m) < m$

через заграждающей барьер с высоким энергетическим уровнем $eA_0 = 2m + 2\varepsilon_k$. В квантовой теории поля парадокс Клейна без убедительного обоснования связывается с переходом частицы в античастицу при прохождении через высокий потенциальный барьер [3].

Решение модифицированных УКТ

Поскольку волновые функции, отвечающие модифицированным уравнениям (2, 14), одновременно являются решениями уравнения (1, 13), то в большинстве случаев для определения решений прикладных квантомеханических задач удобно использовать базовые уравнения второго порядка (1, 13), памятуя, что их решения должны характеризоваться единым известным знаком частот осцилляции спектральных составляющих волновой функции. В этом отношении показательны решения стационарных задач, где волновые функции характеризуются единой частотой осцилляции. Здесь $\frac{\partial \psi}{\partial t} = i\varepsilon\psi$ и $\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = -\varepsilon^2\psi$.

Как в случае уравнений первого порядка по времени (2), так и в случае уравнения второго порядка (1) при решении квантомеханических задач в качестве исходных данных достаточно задания начального значения функции. Задания же ее первой производной по времени в рассматриваемом случае не требуется, поскольку каждая пространственная спектральная составляющая начального значения ВФ определяет частоту осцилляции $\varepsilon_n = \pm\sqrt{m^2 + \mathbf{p}_n^2}$ соответствующей составляющей ВФ решения, а вместе с тем и начальную скорость изменения этой составляющей $\partial \psi_n / \partial t = i b_n \varepsilon_n \exp(i\varepsilon_n t_0 - i\mathbf{p}_n \mathbf{x})$. Аналогичная ситуация имеет место и в случае взаимодействующей частицы (13, 14).

Рассмотрим далее проблему решения модифицированных уравнений (2, 14) в общем случае. Поскольку математический аппарат для решения указанных уравнений не представлен в известной литературе, то памятуя, что искомые решения уравнения (2) одновременно являются решениями уравнения (1), предлагается воспользоваться формулами квантовой теории поля [2].

Из анализа сингулярных решений уравнения (1), можно понять, что базовыми сингулярными функциями G_1 (функциями Грина) уравнений (2) являются знаковые компоненты базовой запаздывающей функции уравнения Клейна-Гордона (1) $\Delta_{R+}(x)$ и $\Delta_{R-}(x)$, для которых при $t > 0$ справедливо выражение

$$G_{1\pm}(x) = \frac{\delta(t-r)}{4\pi r} - \frac{\Theta(x^2)m \left[J_1(m\sqrt{x^2}) \pm iY_1(m\sqrt{x^2}) \right]}{8\pi\sqrt{x^2}} \mp \frac{\Theta(-x^2)m K_1(m\sqrt{-x^2})}{4\pi^2\sqrt{-x^2}}. \quad (21)$$

Здесь $x^2 = t^2 - \mathbf{x}^2$, $\Theta(x^2)$ – единичная ступенчатая функция, $J_1(x)$, $Y_1(x)$ и $K_1(x)$ – функции Бесселя, Неймана и Макдональда первого порядка.

Сингулярные функции (21) могут быть использованы для решения уравнений Клейна-Гордона (1) с источниками, указываемыми в правой части уравнения. Спектральное представление функций $G_{1\pm}(x)$ имеет вид

$$G_{1\pm}(x) = \frac{-1}{(2\pi)^4} \iint \frac{e^{ipx}}{i\varepsilon \mp \sqrt{m^2 + \mathbf{p}^2}} d\varepsilon d^3p. \quad (22)$$

Спектральное и явное представления функций Грина $G_{2\pm}(x)$ для решения задачи Коши в случае уравнений (1, 2) имеют следующий вид:

$$G_{2\pm}(x) = \frac{\partial}{\partial t} (G_{1\pm}(x)) = \frac{-1}{(2\pi)^4} \iint \frac{i\varepsilon e^{ipx}}{i\varepsilon \mp \sqrt{m^2 + \mathbf{p}^2}} d\varepsilon d^3p = \frac{\partial \delta(t-r)/\partial t}{4\pi r} - \frac{\Theta(x^2)m^2 t \left[J_2(m\sqrt{x^2}) \pm iY_2(m\sqrt{x^2}) \right]}{8\pi x^2} \mp \frac{\Theta(-x^2)m^2 K_2(m\sqrt{-x^2})}{4\pi^2 x^2}. \quad (23)$$

С помощью функций Грина $G_{1\pm}(x)$ (21) или $G_{2\pm}(x)$ (23) искомые волновые функции уравнения свободной частицы (2) могут быть выражены через свои начальные значения по формуле

$$\psi_{\pm}(x) = \int G_{2\pm}(x - x_0) \psi_0(x_0) d^3x_0 = \frac{\partial}{\partial t} \int G_{1\pm}(x - x_0) \psi_0(x_0) d^3x_0, \quad (24)$$

где $\psi_0(x_0)$ – функция начальных условий.

Для решения уравнений (2) с правой частью $\Phi(x)$, отличной от нуля, используется та же функция Грина $G_{2\pm}(x)$, однако теперь применяется формула

$$\psi_{\pm}(x) = \int G_{2\pm}(x - x_1) \Phi(x_1) d^4x_1, \quad (25)$$

где x_1 – координата 4-пространства определения функции $\Phi(x)$, характеризующейся единым знаком частот осцилляции ее спектральных составляющих.

Если начальное значение волновой функции или правой части уравнения (2) характеризуются известным спектральным составом, то более удобно использование функции Грина в относительно простом спектральном представлении. При этом вышеприведенные формулы (24, 25) принимают вид

$$\psi_{\pm}(x) = \int \psi_0(\mathbf{p}) e^{i(\varepsilon(t-t_0) - \mathbf{p}\mathbf{x})} d^3p, \text{ где } \varepsilon = \pm\sqrt{m^2 + \mathbf{p}^2}, \quad (24a)$$

$$\psi_{\pm}(x) = \frac{-1}{(2\pi)^4} \int \frac{i\varepsilon e^{i(\varepsilon t - \mathbf{p}\mathbf{x})}}{i\varepsilon \mp \sqrt{m^2 + \mathbf{p}^2}} \Phi(\mathbf{p}) d^4p, \text{ где } \varepsilon = p_0. \quad (25a)$$

В случае взаимодействующей частицы решение соответствующего уравнения (14) может производиться методом последовательных приближений при использовании функции Грина $G_{2\pm}(x)$ (23) свободной частицы. Относительно простой вариант этого метода при отсутствии магнитного поля ($A_k = 0, A_0 \neq 0$) описан в монографии [4]. Нулевое приближение волновой функции здесь определяется через начальные условия ψ_0 с помощью функции Грина свободной частицы без учета электрического поля по ранее приведенной формуле (24)

$$\psi_{0\pm}(x) = \int G_{2\pm}(x - x_0) \psi_0(x_0) d^3x_0$$

Поправки первого и n -го порядков вычисляются по формулам

$$\Delta\psi_{1\pm}(x) = -ie \int G_{2\pm}(x - x_1) A_0(x_1) \psi_{0\pm}(x_1) d^4x_1, \quad (26)$$

$$\Delta\psi_{n\pm}(x) = (-ie)^n \int \dots \int G_{2\pm}(x, n) A_0(n) \dots G_{2\pm}(3, 2) A_0(2) G_{2\pm}(2, 1) A_0(1) \psi_{0\pm}(1) d^4x_1 d^4x_2 \dots d^4x_n, \quad (27)$$

В последней формуле для сокращения записи многочисленных семейств 4-координат их символы в скобках заменены номерами соответствующих индексов, например вместо семейства 4-координат x_n пишется n .

Пространственные интегралы здесь берутся по всей области существования ψ — функций, а временные интегралы вычисляются в пределах от t_0 до значений t_i , образующих последовательность $t \geq t_n \geq t_{n-1} \geq \dots t_2 \geq t_1 > t_0$.

Величина $eA_0(x)$ в формулах (26, 27) представляет собой добавку к гамильтониану свободного поля. При наличии магнитного поля с потенциалом $A_k(x)$ точный расчет добавки к гамильтониану для уравнения (14) затруднителен. Однако в случае относительно слабых магнитных полей, представив радикал-оператор уравнения (14) в виде степенного ряда, мы можем записать в первом приближении искомую добавку к гамильтониану в виде $\Delta H = eA_0(x) \mp \frac{ieA^k}{E} \frac{\partial}{\partial x^k}$, где E — энергия частицы $E = \left| \frac{-i}{\psi} \frac{\partial \psi}{\partial t} \right|$.

В заключение отметим, что метод последовательных приближений удобно использовать при спектральном представлении волновых функций и функций Грина, как это принято в квантовой теории поля.

Литература:

1. Львов О.С. Волновые уравнения квантовой механики. Сборник статей конференции ЕНО, апрель 2015. URL: <http://esa-conference.ru/journal/iv-mezhdunarodnaya-nauchnaya-konferentsiya-eno/>
2. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Введение в теорию квантованных полей. М. «Наука», 1984, 34-43с., 149-153с.
3. Парадокс Клейна. Википедия.
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Парадокс_Клейна
4. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики. Т2. М.; "Наука", 1971. 104 - 109 с., 232 — 233 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Товароведная характеристика новых сортов пшеничного хлеба

Агапкин Александр Матвеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Калинина Ольга Михайловна, студент
РЭУ им. Г.В. Плеханова (г. Москва)

Аннотация. Приводится методика и результаты исследований по оценке качества новых сортов пшеничного хлеба из муки высшего сорта, взятого из розничной торговли магазинов ООО «МЕТРО Кэш энд Керри». Показано, что все образцы хлеба соответствуют требованиям существующих нормативных документов.

Ключевые слова. Органолептические и физико-химические показатели, качество, влажность, кислотность, пористость, маркировка, балльная оценка, хлеб, багет.

Исследования проводились в 2015 году в лаборатории кафедры товароведения и товарной экспертизы РЭУ им. Г.В. Плеханова. В качестве объектов исследования были выбраны 3 варианта новых сорта пшеничного хлеба из муки высшего сорта (багет классический «Парижский», багет с травами, французский батон с чесночной начинкой) и батон нарезной (контроль). Характеристика образцов представлена в табл. 1, 2. Образцы отбирались из розничной сети магазинов ООО «МЕТРО Кэш энд Керри». Качество оценивалось по органолептическим и физико-химическим показателям в день покупки и после 36 часов хранения [1-3]. Хлеб хранился при комнатной температуре +20-22 градуса. Определяли органолептические показатели: внешний вид (форма, поверхность, цвет) состояние мякиша, запах и вкус. Для определения органолептических показателей (кроме формы, поверхности и цвета), а также контроля наличия посторонних включений, хруста от минеральной примеси, наличия признаков плесени и болезней отбирали выборку из 5 единиц хлебобулочных изделий. Экспертизу начинали с изучения маркировки и имеющейся на ней информации, дате выработки и сроке хранения. Затем осмотром всего изделия определяли внешний вид образца, правильность формы, состояние поверхности, наличие крупных трещин и подрывов, окраску корки хлеба, ее толщину. Окраска корки оценивалась по степени ее интенсивности: бледная, золотисто-желтая, светло-коричневая, коричневая, темно-коричневая. Отмечали также наличие подгорелостей — частичного обугливания поверхности, связанного с ее карамелизацией, что может вызывать горький вкус. Состояние мякиша хлеба и его пропеченность проверяли, прикасаясь кончиками пальцев к поверхности мякиша в центре изделия, определяя, сухой мякиш или влажный, прилипающий к пальцам. Изучали также величину и равномерность распределения пор по всему срезу мякиша, наличие пустот и уплотнений, толщину стенок, наличие комочков и непромеса. Эластичность мякиша определяли по способности мякиша быстро восстанавливать свою первоначальную форму при легком нажатии. Для определения вкуса от каждого изделия отрезали ломтики с мякишем и коркой массой 1-2 г и разжевывали в течение нескольких секунд, устанавливая характерность для данной рецептуры изделия, наличие посторонних привкусов, несвойственных качеству изделия и наличия хруста на зубах. Запах определяли, вдыхая воздух с поверхности хлеба и затем после его разрезания. По завершении органолептической оценки полученные ре-

зультаты сравнивали с требованиями стандарта [4-5]. Для проведения органолептической оценки качества хлебобулочных изделий была создана экспертная комиссия в количестве 5 человек и разработана балльная шкала.

Каждый показатель оценивался по 5 балльной шкале: 1 — неудовлетворительное качество 2 — недостаточно удовлетворительное качество; 3 — удовлетворительное качество; 4 — хорошее качество; 5 — отличное качество. Шкала балльной оценки дана в таблице 1.

Для определения значимости каждого показателя при органолептической оценке определены коэффициенты весомости, сумма которых равна 15.

Расчет производится путем суммирования произведений показателей качества в баллах на коэффициенты весомости по математической модели:

$$k_0 = \sum_{i=1}^{i=n} m_i \cdot x_i,$$

где k_0 — комплексная оценка качества хлебобулочного изделия, баллы;

m_i — коэффициент весомости каждого показателя;

x_i — оценка каждого показателя по пятибалльной шкале, баллы;

i — показатели качества хлебобулочного изделия;

n — количество показателей.

Наивысшей оценке соответствует 75 баллов — отличное качество, хорошее качество — 60 баллов, удовлетворительное — 45 баллов, плохое — 30 баллов, очень плохое — 15 баллов.

Определение массы отдельного изделия проводили взвешиванием с точностью до 5 г без упаковки в соответствии с ГОСТом 5667-65. Отклонение массы изделия не должны превышать значений, допускаемых нормативных документов ($\pm 2,5-3,0\%$). Определение пористости мякиша хлеба по ГОСТу 5669-96. Определение кислотности хлеба по ГОСТу 5670-96

Определение влажности мякиша хлеба по ГОСТу 21094-75 [4-6].

Данные проведенной идентификации по маркировке представлены в таблице 2.

В результате, проведенной идентификации установлено, что на маркировке всех исследуемых образцов на русском языке нанесены все сведения, предусмотренные требованиями ТР ТС 022/2011.

Результаты балльной органолептической оценки представлены на рис 1.

Таблица 1. Шкала бальной оценки органолептических показателей качества

Показатели	Баллы	Характеристика показателей
Форма и поверхность	5	Правильная, симметричная, поверхность гладкая
	4	Достаточно симметричная, поверхность относительно гладкая
	3	Незначительно несимметричная, на поверхности наличие слегка заметных трещин
	2	Несимметричная, распылчатая, на поверхности наличие небольших трещин
	1	Неправильная, не соответствующая виду изделия, распылчатая, на поверхности наличие крупных трещин
Цвет	5	От золотистого до светло-коричневого, равномерный
	4	Светло-золотистый или коричневый, достаточно равномерный
	3	Желтый или интенсивно темно-коричневый, недостаточно равномерный
	2	Светло-желтый или от желтого до коричневого, но сильно неравномерный
	1	Бледный или горелый
Состояние мякиша	5	Хорошо пропечен, мягкий, эластичный
	4	Достаточно хорошо пропечен, мягкий, эластичный
	3	Удовлетворительно пропечен, удовлетворительно мягкий и эластичный
	2	Уплотненный, крошковатый
	1	Плохо пропечен, влажный, прилипающий к пальцам
Вкус	5	Интенсивный, свойственный данному виду изделия, без постороннего вкуса
	4	Выраженный, свойственный данному виду изделия, без постороннего вкуса
	3	Слабовыраженный, свойственный данному виду изделия
	2	Слегка кислый, пресноватый
	1	Посторонний вкус, резко кислый
Запах	5	Интенсивно выраженный, свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха
	4	Достаточно выраженный, свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха
	3	Слабовыраженный, свойственный данному виду изделия
	2	Невыраженный, посторонний
	1	Кислый, посторонний и неприятный

Таблица 2. Анализ маркировки образцов хлебобулочных изделий

Элементы маркировки по ТР ТС 022/2011	Содержание маркировки образцов товаров			
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
1	2	3	4	5
Наименование продукта	Батон нарезной	Багет классический «Парижский»	Багет с травами	Французский батон с чесночной начинкой
Состав продукта, пищевые добавки	Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, вода питьевая, сахар, масло подсолнечное, дрожжи хлебопекарные, соль поваренная пищевая	Мука пшеничная высшего сорта, вода, соль, дрожжи прес-сованные, масло растительное	Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, вода питьевая, дрожжи хлебопекарные, соль поваренная пищевая, пшеничная солодовая мука, виноградный сахар, клейковина пшеничная, молочная сыворотка, чесночное масло с травами (масло сливочное, лук, травы (петрушка, укроп, розмарин), чеснок, соль поваренная пищевая, регулятор кислотности лимонная кислота)	Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, вода, масло сливочное, молоко, пахта, молочнокислые бактерии, вода, краситель 160a, стабилизаторы (E471, E440), желатин пищевой, консерванты (E200, E210, E331), маргарин (раф. дез. растительное масло), вода, эмульгаторы (E471, E475), антиокислитель E320, E321, E310, E330, краситель E160b, масло оливковое, дрожжи прессованные, соль, чеснок конц., укроп суш., петрушка суш.

1	2	3	4	5
Масса, нетто, г	380	300	150	220
Дата изготовления	01.12.2015	01.12.2015	01.12.2015	01.12.2015
Срок хранения, условия	36 ч при температуре от +6 С до 25° С включительно	24 часа В сухом месте при температуре 18±3° С	24 часа В сухом месте при температуре не ниже +6° С	24 часа В сухом месте при температуре 18±3° С
Наименования предприятия-изготовителя, его местонахождения и товарного знака	Россия, Москва ЗАО «Хлебозавод №28», Зеленоград, проспект Генерала Алексеева, д. 44, стр. 1	Россия, Мытищи ООО «Восход-Центр», ул. Силикатная, д. 51, корпус 3	Россия, Лобня ООО «Трианон-Сервис», улица Гагарина, дом 9	Россия, Мытищи ООО «Восход-Центр», ул. Силикатная, д. 51, корпус 3
Пищевая и энергетическая ценность 100 г продукта	Белки – 8,0; жиры – 3,0; углеводы – 51,0 260 ккал	Белки – 9,3; жиры – 1,9; углеводы – 57,6 292 ккал	Белки – 6,5; жиры – 10,4; углеводы – 45,1 300 ккал	Белки – 8,5; жиры – 13,2; углеводы – 47,6 347 ккал
Обозначение стандарта и информации о подтверждении соответствия	ГОСТ 27844-88 ТУ 9115-414-36530682-2007 с изменением №1	ТУ 9110-001-75284943-08	ТУ 9110-005-18285486-10	ТУ 9110-001-75284943-08
Наличие единого знака обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза (ЕАС)	Имеется	Имеется	Имеется	Имеется

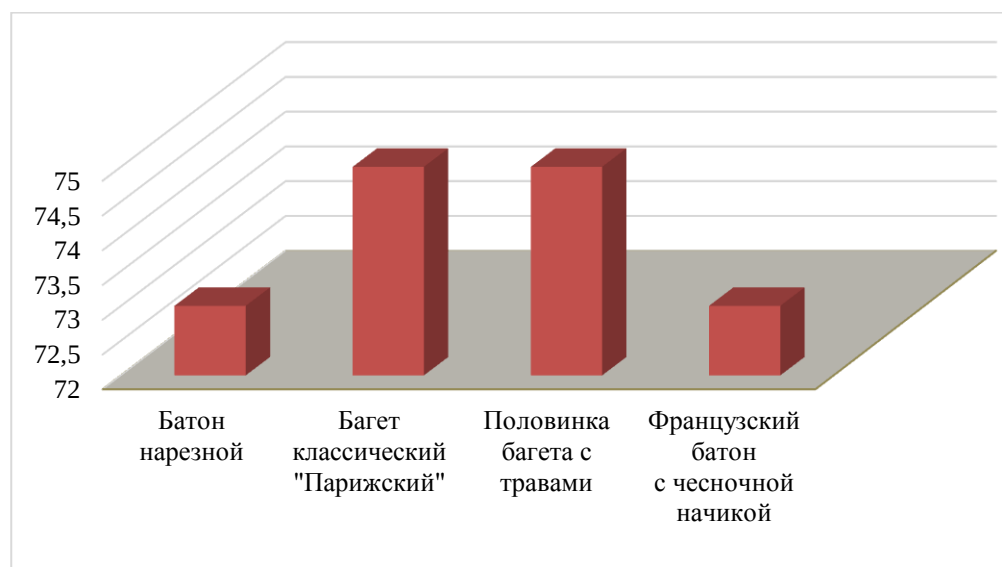


Рис. 1. Диаграмма балльной оценки органолептических показателей образцов хлеба

Наиболее высокие показатели по балльной оценке получили образцы под номерами 2 (багет классический «Парижский») и 3 (половинка багета с травами), у которых хорошо пропечённый мякиш, ароматный запах и вкус, соответствующий данным изделиям. Образцы под номерами 1 (батон нарезной) и 4 (французский батон с чесночной начинкой) получили 73 балла по форме и поверхности, так как имеют форму достаточно симметричную и поверхность относительно гладкую, что соответствует 4 баллам по шкале балльной оценки.

Все образцы соответствуют требованиям ГОСТ 31805-2012, что свидетельствует о реализации качественной продукции.

Результаты определения массы изделий представлены в таблице 4.

Оценка показала, что отклонение массы штучного хлебного изделия составляет от 1,0 до 2,4%, что соответствует пределу допускаемых отрицательных отклонений содержимого нетто по ГОСТ 8.579-2002.

Результаты определения пористости образцов представлены на рисунке 2

Результаты исследований пористости показали, что наиболее высокая пористость свежего хлеба у батона нарезного (82,1%), наименьшая — у половинки багета с травами. В процессе хранения пористость увеличилась у всех образцов. Через 36 часов самая высокая пористость у батона нарезного (82,8%), наименее высокая у багета классического «Парижского» (79%).

На рисунке 3 представлены данные по определению влажности исследуемых образцов.

Таблица 4. Результаты определения массы изделий

Образцы исследования	Масса нетто заявленная, г	Масса фактическая, г	$\bar{X} \pm \Delta \bar{X}$	Отклонение, %, $\Delta \bar{X}$
Батон нарезной	380	384	+4	1,1
Багет классический «Парижский»	300	297	-3	1,0
Половинка багета с травами	150	153,6	+3,6	2,4
Французский батон с чесночной начинкой	220	222,4	+2,4	1,1

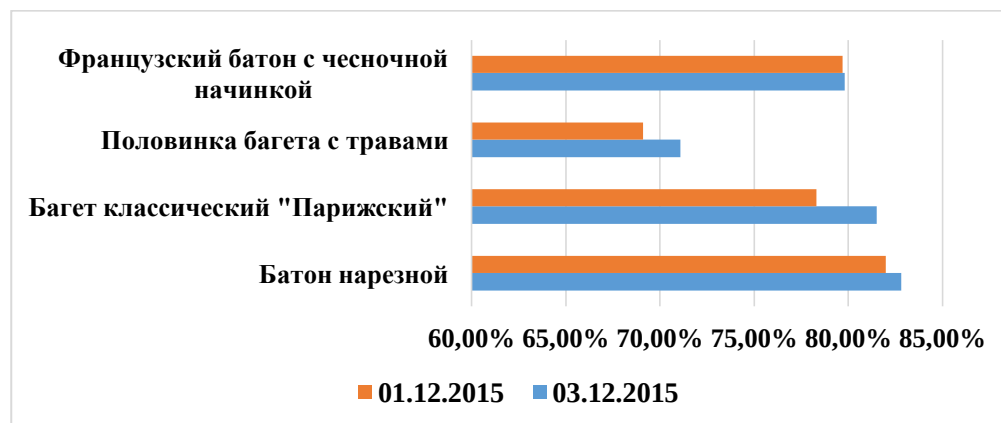


Рис. 2. Диаграмма изменения показателей пористости выбранных образцов в процессе хранения, в %

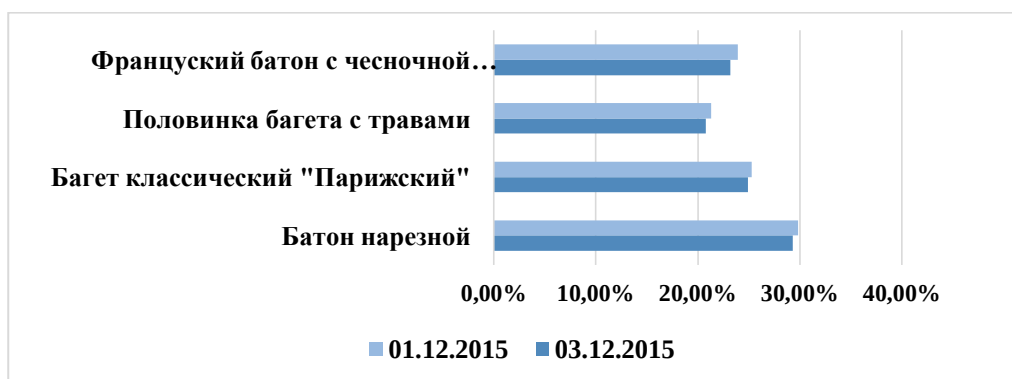


Рис. 3. Диаграмма изменения показателей влажности выбранных образцов в процессе хранения, в %

Видно, что наиболее высокий показатель влажности у батона нарезного (29,8%), наименее низкий - половинки багета с травами (20,8%). Новые образцы хлебобулочных изделий, произведенные из замороженных полуфабрикатов, имеют влажность значительно ниже традиционного батона нарезного. При повторном определении влажности

количество влаги снизилось у всех образцов за счет того, что происходит испарение. По истечении 36 часов хранения наименьшую влажность также продемонстрировала половинка багета с травами, лидером остался батон нарезной.

Результаты определения кислотности представлены на рис. 4.

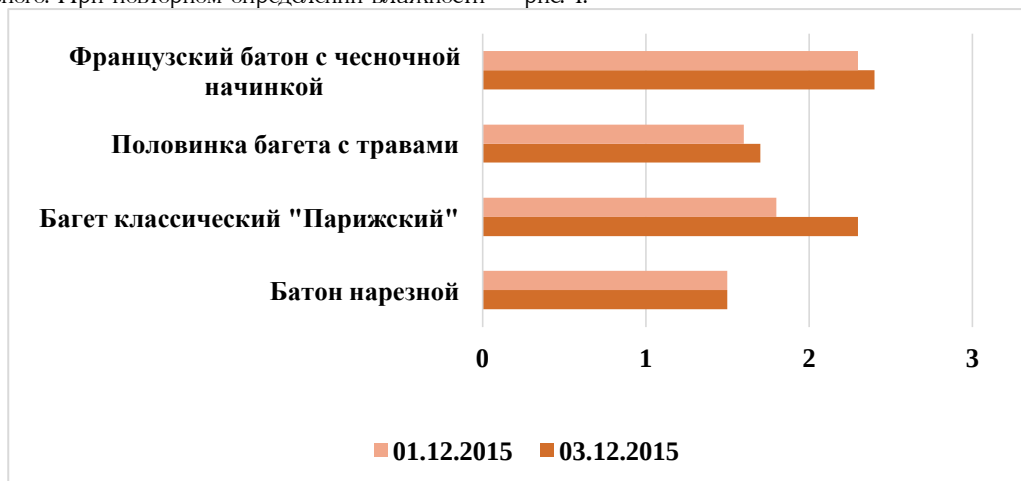


Рис. 4. Диаграмма изменения показателей кислотности выбранных образцов в процессе хранения, в град.

Проведенное исследование кислотности показало, что у батона нарезного по истечении 36 часов она не изменилась, в то время как у всех новых сортов пшеничного хлеба показатель кислотности вырос, наиболее значительно у багета классического «Парижского», меньше у французского батона с чесночной начинкой и багета классического «Парижского».

Литература:

1. ГОСТ 5667-65. Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических.
2. ГОСТ Р 51074-2003. Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования.
3. ГОСТ 31805-2012. Изделия хлебобулочные из пшеничной муки.
4. Агапкин А.М. Нормирование качества и хранения зерномучных продуктов (мука, крупа, макаронные и хлебобулочные изделия) в рамках государственной системы стандартизации. Современные концепции научных исследований. // Сборник научных работ XIV Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, февраль 2016). — Москва : ЕНО, с.19-22.
5. Агапкин А.М., Андрющенко А.В. Краткая характеристика рынка зерномучных товаров. Современные концепции научных исследований. // Сборник научных работ XIV Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, февраль 2016). — Москва : ЕНО, с.40-41.
6. Андрющенко А.В., Агапкин А.М. Товароведная характеристика и анализ реализации хлебцев в гастрономе «Седьмой континент». Сборник научных работ XIII Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения. Наука и современность. М, 2016. - 39-41 с.

УДК 622.271.5

Параметры системы с грунтозаборным устройством для добычи железомарганцевых конкреций морского дна

Александров Виктор Иванович, д.т.н., проф., зав. каф. Горных транспортных машин;
Сержан Сергей Леонидович, к.т.н., ассистент каф. Горных транспортных машин
Санкт-Петербургский горный университет

Существующие темпы развития промышленности влекут за собой увеличение потребления минерально-сырьевых ресурсов. В настоящее время остро возник вопрос об обеспечении российской металлургической промышленности марганцевым сырьем, поскольку, с одной стороны, основные источники марганцевой руды отошли к Украине, Грузии и Казахстану (значительная доля запасов окисленных марганцевых руд СССР) а с другой, - потребителями марганца являются все предприятия черной металлургии и машиностроения. Скорейшее освоение залежей железомарганцевых конкреций (ЖМК) морских и океанических месторождений позволит в значительной степени устранить импортную зависимость по марганцевому стратегическому сырью.

Для эффективной разработки морских месторождений ЖМК, особенно на больших глубинах, необходимы надежные средства механизации гидроподъема горной массы, обладающие достаточной производительностью. Известные в настоящее время устройства для добычи твердых полезных ископаемых из морских месторождений не достаточно эффективны и не отвечают современным требованиям по безопасности, производительности, энергоемкости и экологичности. Не достаточно изученными остаются вопросы о влиянии гидростатического давления, определяемого глубиной расположения капсулы, на эксплуатационные и энергетические характеристики добычного оборудования и зависимости производительности системы от вида грунтозаборного устройства и его параметров. В настоящей работе приведены результаты по изучению закономерностей влияния гидростатического давления, определяемого глубиной погружения промежуточной капсулы, на энергоемкость процесса добычи с обоснованием параметров грунтозаборного устройства с гидравлическим приводом.

Ключевые слова: гидроподъем, железомарганцевые конкреции, промежуточная капсула, грунтозаборное устройство, гидропривод.

The parameters of system with soil intake apparatus for mining ferromanganese nodules from sea bed

Victor I. Alexandrov, professor, Head of Department Mining Transport Machines;
Sergei L. Sergan, Ph.D, assistant, Department Mining Transport Machines
Saint-Petersburg Mining University

The current rates of industrial development require an increase in the consumption of mineral resources. At the present time acutely raised the question of ensuring the Russian metallurgical industry manganese raw materials, because, on the one hand, the main sources of manganese ore moved to the Ukraine, Georgia and Kazakhstan, and on the other

of consumers manganese are the all steel industry and mechanical engineering. The speedy development of deposits of ferromanganese nodules (FMN) of marine and ocean deposits will significantly eliminate the dependence on imported manganese strategic raw materials. For effective development of offshore fields FMN, especially in deep water, need reliable means of mechanization hydraulic hoisting rock mass with sufficient capacity. Presently known devices for mining of solid minerals from offshore fields is not effective enough and do not meet modern requirements for security, performance, energy consumption and environmental friendliness. Insufficiently studied questions remain about the influence of hydrostatic pressure determined by the depth of the capsule on performance and power characteristics of the mining equipment and depending on the type of system performance dredge device and its parameters. This paper presents the results of studies of the effect of the laws of hydrostatic pressure, determines the depth of immersion of the intermediate buffer on the energy consumption of the mining process with a substantiation parameters of soil intake devices with hydraulic drive.

Keywords: hydraulic hoist, ferromanganese nodules, intermediate buffer, soil intake device, hydraulic drive.

Рассматривается добычный комплекс (рисунок 1) включающий придонное оборудование, в состав которого входит грунтозаборное устройство (ГЗУ) и тележка с приводным двигателем, промежуточная капсула (буфер) с поддерживаемым атмосферным давлением, надводное плавсредство (рудосборник) и трубопроводы, состоящие из нижней секции длиной L_1 и верхней секции длиной L_2 .

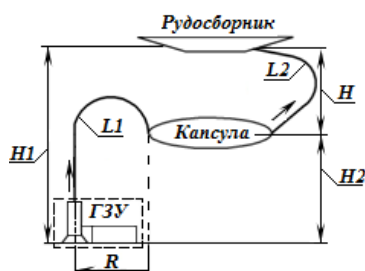


Рис. 1. Схема глубоководного добычного комплекса

Процесс добычи ЖМК включает в себя подготовку конкреций к транспортировке и двухступенчатый гидроподъем с глубины акватории H_1 до морской поверхности: подъем от дна до капсулы на высоту H_2 , осуществляемый за счет сработавшего гидростатического напора, определяемого глубиной погружения капсулы, и транспортировка из капсулы на рудосборник на высоту H , производимая грунтовыми насосами, установленными в капсуле.

При определении эффективного режима эксплуатации системы за основные параметры были выбраны следующие: глубина акватории H_1 , радиус обработки поля R , длина трубопровода L_1 и L_2 ; конструкция трубопровода, связанная с потерями энергии, плотность твердого и морской воды $\rho_{тв}$ и ρ_0 , плотность гидросмеси $\rho_{см}$, удельный расход q , пористость конкреций m , объемная концентрация $C_{об}$, скорость потока $v_{см}$, критическая скорость гидросмеси $v_{кр}$.

Необходимым условием при эффективной работе системы является постоянство производительности, достигаемой ГЗУ – $G_{тв} = const$.

Для устойчивого процесса гидроподъема конкреций от дна до капсулы должно выполняться условие:

$$v_{см} \geq 1,1v_{кр}, \quad (1)$$

где $v_{см}$ – средняя скорость потока; $v_{кр}$ – критическая скорость потока. Таким образом, необходимым и достаточным условием функционирования системы гидроподъема по трубопроводу нижней секции является превышение скорости потока критического значения, определяемого крупностью частиц конкреций. Скорость потока в нижней части трубопровода определяется как функция относительной глубины погружения капсулы $\bar{H} = \frac{H}{H_1}$, с учетом потерь напора на сопротивления в трубопроводе:

$$v_{см} = \frac{\sqrt{2gH_1}}{\sqrt{L_1} \sqrt{\frac{\lambda}{D} + \frac{\xi_{ш}}{l}}} \sqrt{H}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления; $\xi_{ш}$ – коэффициент местных сопротивлений шарового шарнира; D – внутренний диаметр трубопровода; l – длина звена составного трубопровода положительной плавучести, L_1 – длина нижней секции трубопровода, определяемая как $L_1 = \sigma H_1 \sqrt{1 + \left(\frac{R}{H_1}\right)^2}$ с учетом радиуса окружности обрабатываемого поля R и коэффициента безопасности σ .

Критическая скорость потока определяется по формуле:

$$v_{кр} = 4,9 \frac{\sqrt{gD}}{\sqrt[4]{C}} c_{об}^{0,36} = K_1 c_{об}^{0,36}, \quad (3)$$

где — коэффициент лобового сопротивления конкреций, S_v — объемная концентрация гидросмеси; $K_4 = 4,9 \frac{\sqrt{gD}}{\sqrt[4]{C}}$ — размерный коэффициент. Объемная концентрация и плотность гидросмеси определяются по формулам:

$$c_{об} = \frac{\rho_{см} - \rho_0}{\rho_{мс} - \rho_0} = \frac{K_2 K_3 \sqrt{H} \rho_0 + \rho_{мс} K_4}{K_2 K_3 \sqrt{H} + K_4}, \quad (4)$$

$$\rho_{см} = \frac{q \rho_0 + \rho_{мс} (1 - m)}{q + (1 - m)} = \frac{K_4}{K_2 K_3 \sqrt{H} + K_4}. \quad (5)$$

где $\rho_{мс}$ — плотность твердой составляющей потока, ρ_0 — плотность воды, q — удельный расход пульпы (отношение объемного расхода жидкой фазы Q_0 к объемному расходу твердой фазы $Q_{мс}$); m — пористость твердых частиц. При этом объемный расход по твердому материалу есть функция производительности ГЗУ, а значит, и морского добычного комплекса $Q_{мс} = \frac{G_m}{\rho_{nd}}$, $K_2 = \sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{\lambda}{D} + \frac{\xi_{ui}}{l}\right) \cdot \sigma \sqrt{1 + \left(\frac{R}{H_1}\right)^2}}}$, $K_3 = F \frac{\rho_{мс}}{G_m}$, $K_4 = 1 - m$ — размерные и безразмерные коэффициенты.

При подстановке коэффициентов $K_1 \dots K_4$ в формулы (2) — (5) условие (1) с учетом некоторых допущений и преобразований (замене $\sqrt{H} = z$, $a = \frac{K_4}{K_2 K_3}$, $b = \alpha K_1^3 \frac{K_4}{K_2^4 K_3}$) принимает следующий вид:

$$z^4 + az^3 - b = 0. \quad (6)$$

Решением уравнения (6) будут четыре корня. Единственным неотрицательным действительным будет $z^2 = \bar{H}$:

$$\bar{H} = \left[\frac{a}{4} - \frac{\sqrt{\frac{16a^3N + 9a^4 - 256\left(\frac{b}{3M} + \frac{a^2}{16} - M\right)^2}{16a^2 - \frac{128b}{3M} + 128M}}} + \frac{4a^2 - \frac{32b}{3M} + 32M}{32N} \right]^2, \quad (7)$$

где обозначено: $M = \left(\sqrt{\frac{a^4 b^2}{256} + \frac{b^3}{27} - \frac{a^2 b}{16}} \right)^{0,33}$, $N = \sqrt{\frac{a^2}{4} - \frac{2b}{3M} + 3M}$.

Формула (7) определяет относительную высоту погружения капсулы под водную поверхность, обеспечивающую устойчивый гидродъем твердых частиц ЖМК заданной крупности с морского дна. На рисунке 2 условие (1) выполняется в точке А, где пересекаются кривые скорости потока и критической скорости.



Рис. 2. Области эксплуатации добычного комплекса

Общая энергоемкость процесса добычи комплексом складывается из энергоемкости процесса гидродъема ЖМК из

капсулы на рудосборник

$$\mathcal{E}_{en} = \frac{N_n}{\eta_n \eta_\varepsilon G_m}$$

и зависит от мощности грунтового насоса N_n и энергоёмкости процесса отделения конкреций от донной поверхности

$$\mathcal{E}_{om\partial} = \frac{\Sigma N_{no}}{\eta_{mn} \eta_{mp} \eta_{\partial m2} \eta_{np} \eta_{\varepsilon p} G_m},$$

определяемую через потребляемую мощность придонного оборудования и ГЗУ в частности ΣN_{no} :

$$\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E} + \mathcal{E}_{раз} \quad (8)$$

где: G_m – производительность комплекса; η_n , η_ε , η_{mn} – КПД насоса, электродвигателя и масляного насоса; η_{mp} – КПД трансмиссии; $\eta_{\partial m2}$ – КПД приводного двигателя маслостанции (водяного объемного); η_{np} – КПД питающего водяного насоса, расположенного на рудосборнике; $\eta_{\varepsilon p}$ – КПД электродвигателя, приводящего насос.

Мощность грунтового насоса будет увеличиваться с ростом $\bar{H}$. Мощность придонного оборудования не зависит от величины $\bar{H}$ и определяется суммарной мощностью двигателя ΣN_{no} :

$$\Sigma N_{no} = \frac{N_{\varepsilon \phi. \partial m1}}{\eta_{\partial m1}} + \frac{N_{\varepsilon \phi. n\partial}}{\eta_{n\partial}},$$

где $N_{\varepsilon \phi. \partial m1}$ – мощность, затрачиваемая на вращение двигателя придонного оборудования, $\eta_{\partial m1}$ – КПД двигателя маслоснасоса; $N_{\varepsilon \phi. n\partial}$ – мощность, расходуемая в придонном двигателе; $\eta_{n\partial}$ – КПД придонного двигателя.

Подвод рабочей жидкости (воды) к придонному двигателю осуществляется насосом, расположенным на рудосборнике. Мощность грунтового насоса, установленного в погружной капсуле, определяется следующим уравнением:

$$N_n = \rho_{cm} \bar{H} H_1 \left[1 + \beta \left(\frac{\lambda}{D} + \frac{\xi}{l} \right) \frac{8}{g \pi^2 D^4} \left(\frac{G_m}{\rho_{me}} \right)^2 \left(K_4 + K_2 K_3 \sqrt{\bar{H}} \right)^2 + \frac{0,022}{\left(K_2 K_3 \sqrt{\bar{H}} \right)^{0,52}} \right] \times \\ \times \left[\frac{G_m}{\rho_{me}} \left(K_4 + K_2 K_3 \sqrt{\bar{H}} \right) \right]. \quad (9)$$

Мощность насоса на рудосборнике равна

$$N_{np} = \rho_0 g H_{np} Q_{np}, \quad (10)$$

где Q_{np} – расход насоса на рудосборнике, H_{np} – напор, создаваемый насосом на рудосборнике:

$$H_{np} = Q_{np}^2 \left[\left(\lambda \frac{\beta H_1}{D_p} + \Sigma \xi_p \right) \frac{8}{g \pi^2 D_p^4} + \frac{K^2}{2g(2\mu_{o.pac} S)^2} \right] + H_{\partial m2}, \quad D_p - \text{диаметр гибкого трубопровода, } \xi_p -$$

коэффициент местных сопротивлений по длине трубопровода; β – коэффициент запаса; $H_{\partial m2}$ – сработанный в гидродвигателе напор на создание движущего момента и преодоление гидромеханических сопротивлений; K – коэффициент сброса (учитывающий влияние сопротивления принимающей среды той же плотности на величину напора, выталкивающего воду).

Вытеснение отработавшей воды из приводного двигателя маслостанции осуществляется непосредственно в воду, что определяет дополнительные потери, характеризуемые коэффициентом K . Для определения значения K были выполнены специальные эксперименты. Величина коэффициента K определялась как отношение коэффициентов расхода при сливе в атмосферу μ_0 и в воду μ_ε при переменном напоре, т.е.

$$K = \frac{\mu_0}{\mu_\varepsilon} \quad (11)$$

где $\mu_0 = \frac{2S}{t_0 s \sqrt{2g}} (\sqrt{H - \delta} - \sqrt{H_1 - \delta})$, $\mu_\varepsilon = \frac{2S}{t_\varepsilon s \sqrt{2g}} (\sqrt{H - \delta} - \sqrt{H_1 - \delta})$; S – площадь бачка, из кото-

рого исткала жидкость, s – площадь отверстия во вкладыше струеформирующего устройства, H и H_1 – соответственно начальный и конечный напор, t_0 и t_ε – соответственно время истечения воды в атмосферу и в воду. Результаты испытаний (рисунок 3) показали, что при истечении в воду имеют место дополнительные сопротивления, что оказывает влияние на мощность насоса, питающего придонное оборудование. Коэффициент K влияет на энергоёмкость процесса пригото-

ния и, следовательно на общую энергоёмкость процесса добычи. Величина коэффициента с учетом погрешностей составила:

$$K = 1,06 \pm 0,016.$$

По формулам (9) и (10) строится график зависимости $N_n(\bar{H})$ и $N_{np}(\bar{H})$, а по (8) график энергоёмкости процесса добычи, как функции относительной глубины погружения $\mathcal{E}(\bar{H})$, (рисунок 4). Аппроксимация кривой $\mathcal{E} = f(\bar{H})$ дает параболическую зависимость с коэффициентом корреляции $R^2 = 1$.

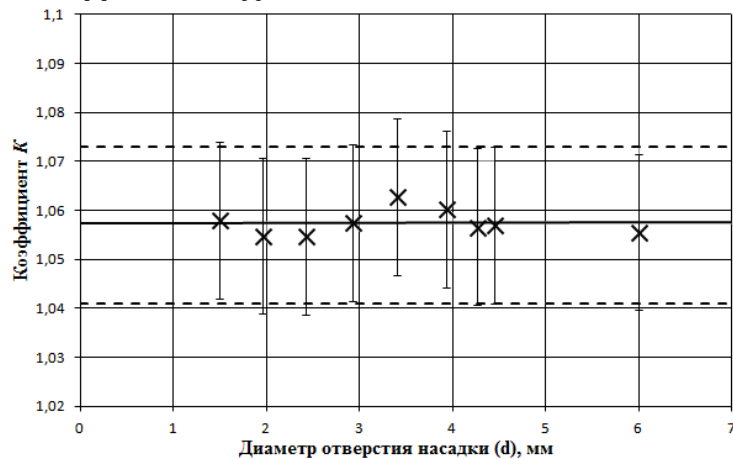


Рис. 3. Результаты испытаний истечения жидкости в воду (затопленное истечение)

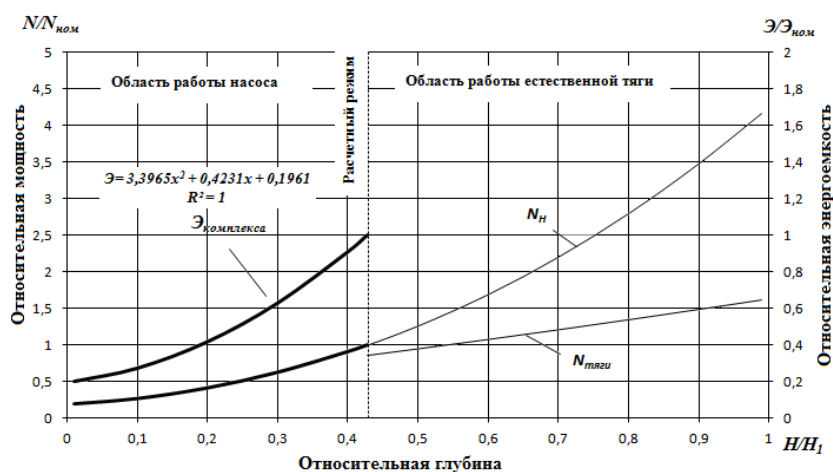


Рис. 4. Зависимость энергоёмкости процесса добычи и мощности оборудования от $\bar{H}$

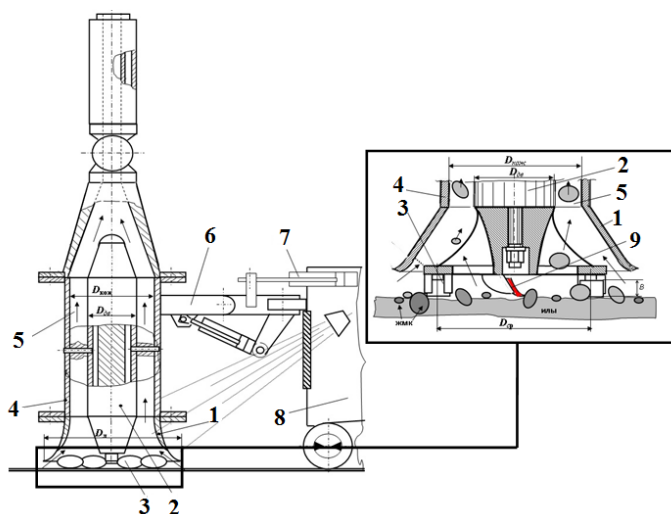


Рис. 5. Грунтозаборное устройство для добычи конкреций:

1 — ловитель, 2 — двигатель рабочего органа, 3 — рабочий орган, 4 — кожух, 5 — кольцевой канал, 6 — стрела, 7 — поворотный гидродвигатель, 8 — тележка, 9 — режущие пластины

Мощность так же описывается параболической кривой, причем разбивается на два участка: первый — работа грунтового насоса, мощность, которого определяется по (9); работа естественной тяги, зависящая от $\overline{H} = \frac{H}{H_1}$ (отношение глубины погружения капсулы к глубине месторождения ЖМК).

Таким образом, энергоёмкость процесса добычи конкреций есть функция относительной глубины, описываемая по параболическому закону, зависящая от коэффициента сброса K . Эффективный режим системы с грунтозаборным устройством, определяется по математической модели, с учетом комплекса варьируемых параметров.

Для обеспечения заданного уровня производительности комплекса применяется грунтозаборного устройства оригинальной конструкции (рисунок 5), особенностью которого является вертикальная ось вращения, высокомоментного гидродвигателя исполнительного органа, а так же использование ловителя, накрывающего зону разрушения забоя.

При использовании грунтозаборного устройства с горизонтальной осью вращения с ловителем, не обеспечивающим покрытие зоны разрушения, могут возникнуть проблемы с обеспечением заданной производительности. Имеется в виду, что не все отделенные от дна конкреции попадут в трубопроводную систему, т.е. КПД такого грунтозаборного устройства будет значительно ниже единицы, что приводит к потере производительности при добыче ЖМК. Кроме этого, отсутствие ловителя над зоной разрушения приводит к загрязнению акватории.

Конструкция ГЗУ (рисунок 5) имеет вертикальную ось вращения приводного двигателя 2, который концентрично установлен в защитный кожух 5, переходящий в ловитель 1, образуя кольцевой транспортирующий канал 5. Такое решение позволяет увеличить КПД грунтозаборного устройства. Отделенные рабочим органом 3 конкреции в полном объеме попадают в кольцевой канал за счет естественной тяги $H = H_1 - H_2$ (рисунок 1), обусловленной наличием погруженной капсулы с атмосферным давлением. Скорость потока воды в зоне отделения конкреций меньше, чем в кольцевом канале, поэтому для поднятия ЖМК со дна должно выполняться следующее условие:

$$P_{вк} + P_{вв} + P_A > G_k + P_{тр}, \quad (12)$$

где $P_{вк}$ - сила воздействия на конкрецию наклонной плоскости рыхлителя ($P_{вк} = 0,5S\rho_{тв}v_k^2$); v_k - скорость конкреции от воздействия на неё наклонной под углом α плоскости рыхлителя; $P_{вв}$ - подъёмная сила от восходящего потока воды ($P_{вв} = 0,5S\rho_0v_0^2$); S - поперечное сечение конкреции (миделево); v_0 - скорость воды в зоне рыхления ЖМК; P_A - подъёмная сила (Архимедова); G_k - сила тяжести конкреции условно шарообразной формы. Разность суммы «подъёмных» сил и «сопротивляющихся» подъёму, равна

$$\Delta P = S\rho_{тв} \frac{(\omega R_{cp} \operatorname{tg} \alpha)^2}{2} - CS\rho_0 \frac{\left(\frac{S_{кк}}{S_{лов}} v_{кк} + \omega R_{cp} \operatorname{tg} \alpha \right)^2}{2} + S\rho_0 \frac{\left(\frac{S_{кк}}{S_{лов}} v_{кк} \right)^2}{2} - (\rho_{тв} - \rho_0)V, \quad (13)$$

где ω - угловая скорость рабочего органа; R_{cp} - радиус планшайбы рабочего органа; $v_{кк}$ - скорость потока в кольцевом канале; $S_{лов}$, $S_{кк}$ - площадь входных сечений, соответственно, ловителя и кольцевого канала; V - объём конкреции.

Управлять процессом подъёма конкреций со дна можно, в частности, изменением скорости вращения планшайбы ω для достижения эффекта попадания конкреций в кольцевой канал и обеспечения максимального КПД грунтозаборного устройства.

Геометрические размеры кольцевого канала (его внутренний и внешний диаметры) должны обеспечивать прохождение конкреций заданной крупности, и удовлетворять условию устойчивого гидродохода, т.е. скорость в кольцевом канале должна превышать критическую скорость, аналогично условию (1)

$$v_\phi = \frac{D_{mp}^2}{4k\delta_k(D_{кpn} + \delta)} \geq 1,1v_{кр}, \quad (14)$$

Где v_ϕ - фактическая скорость потока в нижнем трубопроводе, δ_k - максимальная крупность конкреций, D_{mp} - диаметр трубопровода, $D_{кpn}$ - диаметр корпуса гидродвигателя, k - коэффициент стеснения канала крепежными ребрами.

Отделение частиц конкреций от донной поверхности производится рабочим органом (рыхлитель или коническая коронка), вращение которого осуществляется объемным высокомоментным гидродвигателем. Подача исполнительного органа (качания ГЗУ в горизонтальной плоскости) производится неполноповоротным гидродвигателем. Учитывая специфику компоновки ГЗУ, гидродвигатель рабочего органа должен быть достаточно компактным и обеспечивать необходимую мощность резания, которая находится по формуле:

$$N_{эф} = M\omega = Zpb\delta \frac{R_{cm} - R_{pom}}{2} \omega \quad (15)$$

где M - момент резания на рабочем органе ($M = P_{рез} \frac{D_{cp}}{2}$), $P_{рез}$ - сила резания, D_{cp} - средний диаметр рабочего органа, ω - угловая скорость, Z - количество рабочих камер в гидродвигателе, p - давление в рабочей камере, b - длина

рабочей части ротора, δ - радиальная высота рабочей камеры, R_{cm} - радиус статора, R_{rom} - радиус ротора.

Устойчивый процесс гидроподъема в кольцевом канале осуществляется при определенной площади его сечения, на величину которой влияет радиус статора, который должен определяться для выполнения условия (14) следующим образом:

$$R_{cm} = 0,5(D_{кр} - 2h), \quad (16)$$

где h - толщина стенки корпуса, определяемая из прочностных соображений.

Остальные конструктивные параметры двигателя определяются машинным способом с помощью программы *EngineC*.

Обеспечение заданного уровня производительности достигается применением ГЗУ с вертикальным осью вращения двигателя и образованием кольцевого канала, по которому происходит устойчивый процесс гидроподъема конкреций заданной крупности. Параметры двигателя рассчитываются для соответствия по критерию мощности при отделении ЖМК.

ВЫВОДЫ

1. Энергоемкость процесса добычи железомарганцевых конкреций с шельфа системой с грунтозаборным устройством, имеющей режим эффективной работы, описывается параболической функцией относительной глубины погружения промежуточной капсулы.

2. Эффективный режим работы морского добычного комплекса на шельфе, характеризуемый глубиной погружения промежуточной капсулы, определяемой математической моделью с учетом комплекса варьируемых параметров.

3. Рациональные параметры грунтозаборного устройства, характеризующиеся производительностью системы по горной массе и мощностью, обеспечиваются вертикальной и концентричной установкой гидродвигателя исполнительного органа во всасывающем трубопроводе и ловителя, накрывающего зону добычи с образованием кольцевого канала, формирующего направленный поток гидросмеси железомарганцевых конкреций заданной крупности.

4. Механические характеристики гидродвигателя для привода грунтозаборного устройства и местные сопротивления на выходе из приводного двигателя при сливе рабочей жидкости в окружающую среду (морскую воду) зависят от коэффициента сброса K в водную среду, величина которого равна 1,06.

Литература:

1. Сержан С.Л., Александров В.И. Грунтозаборное устройство. Патент РФ № 2517288 / Оpubл. 27.05.2014, Бюл. №15. 2014 - 10с.
2. Сержан. С.Л. Оснащение грунтозаборного устройства рабочим органом с объемным гидродвигателем / Горное оборудование и электромеханика. — 2013. - №10. — С. 39-42.
3. Нурок Г.А., Бруякин Ю.В., Бубис Ю.В. Технология добычи полезных ископаемых со дна озер, морей и океанов. М., 1979. — 381с.
4. Ялтанец И.М., Егоров В.К. Гидромеханизация. Справочный материал. — М.: Издательство МГГУ, 1999. — 338с.
5. Юнгмейстер Д.А., Смирнов Д.В., Соколова Г.В. Обоснование параметров и компоновок придонных агрегатов для сбора железомарганцевых конкреций/Горное оборудование и электромеханика, №8, 2010.
6. Алиев Н.А., Акопов С.Г., Джангиров В.А., Шулико В.П. Гидроподъем полезных ископаемых со дна морей и океанов посредством корпусно-секционных турбомашин/Теория и практика металлургии, №5, 2009, с. 111-119.
7. Грейнер Л. Гидродинамика и энергетика подводных аппаратов/Пер. с англ. — Л.: Судостроение, 1978. — 384с.
8. Герхард Хаукс. Подводная техника. Пер. с нем. — Л.: Судостроение, 1979, 288 с.
9. Кириченко Е.А., Гоман О.Г., Кириченко В.Е., Романюков А.В. Моделирование динамических процессов в глубоководных пневмогидротранспортных системах. Монография. — Днепрпетровск: изд. НГУ, 2012. — 266с.
10. Антонов Я.К., Козыряцкий Л.Н., Малашкина В.А. Гидроподъем полезных ископаемых. — М.: Недра, 1995, 173с.

References:

1. Sergan S.L., Aleksandrov V.I. Gruntozabornoe ustroystvo. Patent RF № 2517288 / Bul. Invention № 15. 27.05.2014. 10 c.
2. Sergan S.L. Osnachenie gruntozabornogo ustroystva rabochim organom s objmnyim girdrodvigatelem / Gornoe oborudovanie I elektromekhhanika. — 2013. - №10. — p. 39-42.
3. Nurok G.A., Bruiakin U.V. Tehnlogia dobychi poleznyh iskopaemyh so dna ozer, morei I okeanov. M., 1979. — 381 p.
4. Jaltanec I.M., Egorov V.K. Gidromehanizacia. Spravoxnyj material. — m.: Izdatelstvo MGGU, 1979. — 338 p.
5. Ujngmeister D.A., Smirnov D.V., Sokolova G.V. Obosnovanie parametrov I komponovok pridonnyh agregatov dlja sbora zelezomargancevyh konkrecij / Gornoe oborudovanie I elektromekhhanika. — 2010. - №8.
6. Aliev N.A., Akopov S.G., Dgangirop V.A., Shuliko V.P. Gidropodem poleznyh iskopaemyh so dna morei I okeanov posredstvom korpusno-sekcionnyh turbomashin / Teoria I praktika metallurgii. - № 5, 2009. — p. 111-119.
7. Geiner L. Gidrodinamika I energetika podvodnyh apparatov. Per. s angl. — L.: Sudostroenie, 1978. — 384 p.
8. Gerhard Hauks. Podvodnaia tehnika. Per. s nem. — L.: Sudostroenie, 1979. — 288 p.
9. Kirichenko E.A., Goman O.G., Kirichenko V.E. Romanujkov A.V. Modelirovanie dinamicheskikh processov v glubokovodnyh pnevmogidravlicheskih sistemah. Monografia. - Dnepropetrovsk: izd. NGU, 2012. — 266 p.
10. Antonov J.K. Kozyriackij L.N/, Malashkina V.A. Gidropodem poleznyh iskopaemyh — M.: Nedra, 1975, 173 p.

О возможности применения глубоко подкритического СВЧ-разряда для стабилизации сверхзвукового горения

Михаил Павлович Булат, аспирант
Университет ИТМО (г. Санкт-Петербург)

В работе рассматривается проблема организации устойчивого горения в сверхзвуковом потоке. В настоящее время, на современных летательных аппаратах даже на сверхзвуковых скоростях потока воздух тормозится в воздухозаборнике до дозвуковых скоростей. Смещение топлива производится уже с дозвуковым потоком. Однако, начиная с некоторой скорости полета, потери полного давления на торможение воздуха до дозвуковых скоростей приводят к снижению КПД до неприемлемых величин. Выход видится в организации сжигания топлива в детонационных волнах, либо организации медленного горения в сверхзвуковом потоке. В настоящей работе рассмотрены различные способы стабилизации горения в сверхзвуковом потоке. Сделан вывод, что перспективным является применение присоединенного глубоко подкритического СВЧ разряда.

Ключевые слова: газовая динамика, квазиоптическое СВЧ излучение, холодная неравновесная плазма, сверхзвуковое горение.

В работе приведены результаты экспериментов по розжигу факелов в пропан-воздушной смеси, распространяющейся со сверхзвуковой скоростью. Известно, что способность потока принимать тепло при внешнем его подводе нелинейно зависит от числа Маха потока (число Маха M - отношение скорости потока к местной скорости звука), причем при $M=1$ эта способность минимальна. Если зафиксировать термодинамический КПД двигателя, то оптимальная скорость горения будет зависеть от скорости полета. Например, при скорости полета $M=6$, скорость горения должна составлять не менее $M=1.8$ [1].

Известно, что скорость распространения фронта диффузионного горения составляет несколько метров в секунду, поэтому даже при скорости горючей смеси порядка десятков м/с может произойти срыв пламени. Для стабилизации горения при достаточно больших дозвуковых скоростях горючей смеси, например, в форсажных камерах двухконтурных воздушно-реактивных двигателей, обычно применяются плохо обтекаемые тела. Они сильно турбулизируют поток и создают застойные зоны с рециркуляционным течением. В этих зонах реагирующая смесь находится в течение достаточно длительного времени, что и приводит к стабилизации горения.

В некоторых работах предлагается использовать аналогичную схему и в сверхзвуковых потоках [2]. Однако, из других работ [3,4] известно, что обтекание обратного уступа сверхзвуковым потоком сопровождается на некоторых режимах сильными колебаниями давления и ударно-волновой структуры. Перспективным является переход на больших скоростях к сжиганию топлива в детонационной волне, которая представляет собой газодинамический разрыв [5] поджигающий реагирующую смесь [6]. Такое горение представляется наиболее перспективным, но до сих пор создать реальный детонационный двигатель с непрерывной детонацией никому не удалось. Видимо, это объясняется сложным характером перестроек ударно-волновых структур [7], связанных с детонационным горением, сопровождающих изменение параметров полета.

В работах [8-10] рассматривается поджигание топливной смеси СВЧ - разрядом и поддержание горения в высокоскоростном потоке.

Известно, что появление в потоке свободных электронов и возбуждение колебательных энергетических уровней атомов кислорода уменьшает время индукции. Следовательно, уменьшается и расстояние, на которое сносится потоком фронт пламени (время образования активных свободных радикалов). Для обеспечения таких условий необходимо осуществить электрический или оптический пробой газа. Энергия, при которой происходит пробой, называется критической энергией пробоя. Эта энергия в широком диапазоне давлений линейно зависит от давления и может достигать при нормальных условиях порядка десятков кВ/см. Столь высокие энергии пробоя делают прямые методы инициирования горения энергетически затратными, поэтому они и не применяются. Однако, в работе [8] был предложен способ создания пробоя воздуха с помощью резонатора. Энергия поля пробоя при этом уменьшалась примерно в 500-600 раз. Авторами был получен устойчивый присоединенный разряд, который длительное время поддерживался в сверхзвуковом потоке квазиоптическим СВЧ-излучением.

Ниже исследуется возможность поджигания резонатором смеси пропана с воздухом на скорости потока $M=2$. Топливная смесь в ходе эксперимента подавалась через трубку в резонаторе, а разряд поджигался на донном срезе (рис.1).

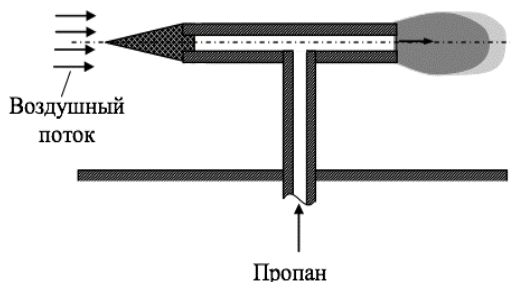


Рис. 1. Схема электромагнитного резонатора, через который в сверхзвуковой поток подавался пропан

Для получения сверхзвукового потока газа использовалась аэродинамическая труба вакуумного типа. Схема экспериментальной установки представлена на рис.2. Рабочая область соединялась с ресивером, из которого откачивался воздух. Вакуумированный объем соединялся с окружающей средой плоским соплом с геометрическим числом Маха $M=2$. Размеры выходного сечения сопла - 100x10 мм. Опыт проводился с одиночным резонатором, который помещался в сверхзвуковой поток воздуха с температурой торможения T_0 около 100К. В данном случае сопло просто соединялось с окружающей средой. Поджиг резонансного разряда осуществлялся за счет помещения резонатора в фокус зеркала, фокусирующего квазиоптическое СВЧ-излучение. Напряженность поля в этой точке составляла $E_0=140$ В/см. Длина волны $\lambda=12.5$ см. Регулируя клапан на входе в сопло, скорость потока воздуха можно было изменять от 12 м/с до 500 м/с (примерно, $M=2$). Пропан подавался просто через трубку, т.е. его скорость, по определению, не могла превышать $M=1$. Даже при самой большой скорости воздуха фронт пламени не сдувался и срыва горения не происходило (рис.3). Таким образом, исследованный метод может применяться для стабилизации сверхзвукового горения на гиперзвуковых летательных аппаратах, по крайней мере, до скорости полета, соответствующей $M=6$.

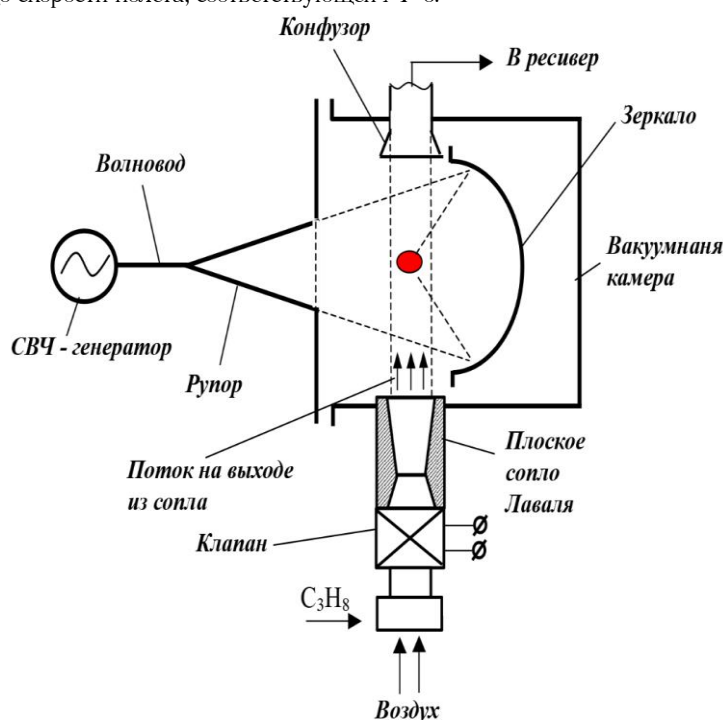


Рис. 2. Схема установки для изучения возможности стабилизации сверхзвукового горения при помощи глубоко подкритического СВЧ-разряда, созданного электромагнитным резонатором, через который в сверхзвуковой поток подавался пропан

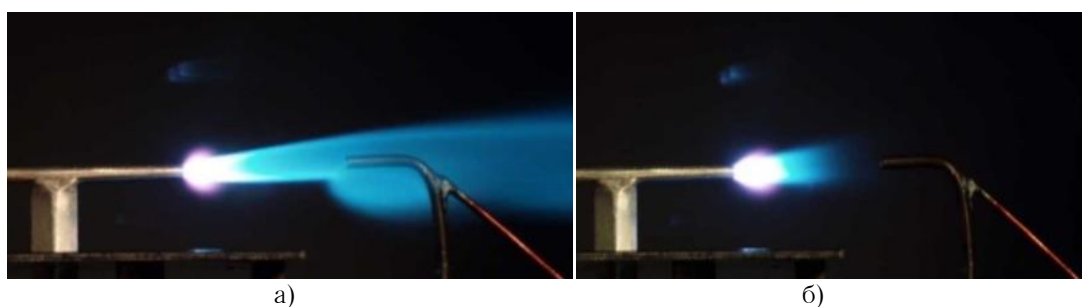


Рис. 3. Горение пропана, зажженного СВЧ разрядом воздуха, при скорости потока 18 м/с (а) и 500 м/с (б)

Исследованная схема напрямую неприменима в двигателях гиперзвуковых летательных аппаратов, т.к. при большом расходе топлива сечение подводящего трубопровода будет также большим, следовательно необходимо применять дополнительные меры по перемешиванию топлива с воздухом. Донная область больших размеров может послужить источником сильных колебаний давления.

Привлекательны представляется организация плоской топливно-воздушной струи, которая в настоящее время, рассматривается в большинстве проектов гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей. Для исследования возможности стабилизации горения в плоских сверхзвуковых потоках была собрана часть экспериментальной установки (рис.4), состоящая из семи резонаторов, установленных с шагом в 10 мм на алюминиевом экране размером 15x15 см. Сверху эта конструкция была накрыта листом из оргстекла толщиной 1 мм.

Между рупором, установленным от экрана на расстоянии $H_1=95$ мм, и самим экраном могли размещаться два стеклотекстолитовых поглотителей сигнала (на расстоянии $H_2=43$ мм и $H_3=34$ мм). Мощность импульса $P_{\text{gen}} = 1$ кВт за время $\tau=0.4$ с. Зазор между экраном и листом оргстекла непосредственно соединялся с выходным сечением плоского сопла. В сопло поступала предварительно перемешанная смесь пропана с воздухом под атмосферным давлением.

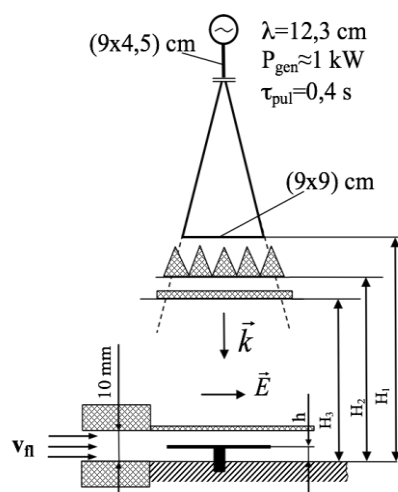


Рис. 4. Схема установки для исследования стабилизации горения плоского факела в сверхзвуковом потоке

В результате проведенного эксперимента получено устойчивое горение смеси пропана с воздухом при $M=2$ (рис.5). Нормальная скорость распространения диффузионного фронта пламени для пропана - 1-3 м/с. Наличие плоского тонкого зазора исключает возможность интенсивной турбулизации фронта горения и ускорение фронта пламени. Следовательно, механизм теплопроводности в данном случае является для формирования фронта горения второстепенным. Основные механизмы, по видимому, это передача энергии вниз по течению с возбуждением атомов жестким ультрафиолетовым излучением, образующимся при горении СВЧ разряда, а также появляющихся под его воздействием свободных электронов, которые могут распространяться со сверхзвуковой скоростью.

Таким образом, исследован перспективный метод стабилизации горения в сверхзвуковом потоке, который при минимальной подводимой мощности обеспечивает устойчивое горение смеси пропана с воздухом. Условия проведения эксперимента были ограничены возможностями экспериментальной установки. Так, давление в области горения составляло около 1/7 бар. В реальной же проточной камере сгорания давление должно находиться в диапазоне 3-10 бар. С другой стороны, свойства СВЧ разряда определяются, в основном, плотностью среды, т.е. сочетанием температуры и давления в области горения. Оценки показывают, что результаты экспериментов, проведенных в подобных условиях, но при давлении на выходе из сопла 2 бар, будут вполне релевантными.



Рис. 5. Устойчивое горение пропана в сверхзвуковом потоке (а). Фронт горения (б) совпадает с линиями распространения возмущений в сверхзвуковом потоке с $M=2$

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Соглашение №14.575.21.0057, уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57514X0057).

Литература:

1. Кюхеман Д. Аэродинамическое проектирование самолетов. М: Машиностроение, 1983г. 623 стр. Перевод с английского Н. А. Благосветенского и Г. И. Майкапара. Под редакцией Г. И. Майкапара.
2. Старов А.В. Определение пределов устойчивого горения при высоких сверхзвуковых скоростях потока в канале. Вестник НГУ. Серии: Физика. 2008. Том 3, выпуск 2. с.47 - 60.
3. Булат П.В., Продан Н.В. О низкочастотных расходных колебаниях донного давления. Фундаментальные исследования. 2013. № 4-3. С. 545-549.
4. Засухин О.Н., Булат П.В., Продан Н. В. История экспериментальных исследований донного давления. // Фундаментальные исследования. — 2011 — №12, Ч.3 — 670–74 С.
http://www.rae.ru/is/?section=content&op=show_article&article_id=7981793
5. Bulat P.V., Uskov V.N., Arkhipova L. P. Gas-dynamic discontinuity conception. // Research Journal of Applied Sciences. — 2014 — 8, 22 — 2255–59 С. <http://www.maxwellsci.com/print/rjaset/v8-2255-2259.pdf>
6. Bulat P.V., Uskov V. N. Shock and detonation wave in terms of view of the theory of interaction gasdynamic disconti-

nunities. // Life Science Journal. – 2014 – 11, 8s – 307–10 C.

http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life1108s/068_24921life1108s14_307_310.pdf

7. Bulat P.V., Uskov V.N., Arkhipova L. P. Classification of gas-dynamic discontinuities and their interference problems. // Research Journal of Applied Sciences. – 2014 – 8, 22 – 2248–54 C. <http://maxwellsci.com/print/rjaset/v8-2248-2254.pdf>

8. Бычков Д.В., Грачев Л.П., Есаков И.И. Возбуждаемый полем квазиоптического электромагнитного пучка глубоко подкритический СВЧ-разряд в сверхзвуковой струе воздуха //ЖТФ. 2009. том 79. Вып.3. С.39-45.

9. Александров К.В., Грачев Л.П., Есаков И.И., Федоров В.В., Ходатаев К.В. Области реализации различных типов СВЧ-разряда в квазиоптических электромагнитных пучках //ЖТФ. 2006. Т.76. Вып.11. С.52-60.

10. Khodataev K.V. The Nature of Surface MW Discharges //48th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibition. 4-8 January 2010, Orlando, Florida. Paper AIAA 2010-1378.

Применение Марковской цепи для моделирования функционирования мобильной операционной системы (ОС), типа Android с учетом воздействия вредоносных программ

Жернаков Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор;

Гаврилов Григорий Николаевич, аспирант

Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа)

В данной работе разработана модель работы мобильной ОС с учетом воздействия вредоносных программ на основе Марковской цепи, а также полученные количественные и качественные показатели. Согласно полученным результатам существует необходимость в исследованиях по направлению защиты информации в данной области.

Ключевые слова: Android, мобильная операционная система, Марковская цепь, вредоносная программа, стационарное состояние.

Мобильная ОС типа Android в настоящее время получила широкое применение, а также функциональные возможности, что сказалось на появлении большого количества вредоносных программ. Вследствие большого темпа роста популярности разработчикам данной ОС необходимо в короткие сроки расширять функциональные возможности путем добавления различных нововведений с выпуском новых версий ОС. С таким темпом работы уделить внимание сфере защиты информации мобильной ОС становится проблематично как финансово так с точки зрения временных затрат на проработку данного вопроса. Таким образом, одной из основных проблем является проблема безопасности мобильной ОС. Наличие множества типов и способов совершения вредоносных действий дает повод проводить исследования в данном направлении, касательное области защиты информации [6, 7, 8, 9].

В своем большинстве вредоносные программы выполняют действия в фоновом режиме, то есть пользователь данной ОС ничего не подразумевает. Следовательно, в процессе работы вредоносная программа расходует большое количество ресурсов системы, парализует ее или выводит из строя. Применение Марковской цепи позволит оценить воздействие вредоносных программ на работоспособность мобильной ОС, а также получить количественные показатели. Марковская цепь широко используется для прогнозирования и моделирования, а также она может быть включена в систему поддержки принятия решений с целью описания процесса функционирования. В данной работе опишем процесс работы мобильной ОС типа Android с учетом воздействия вредоносных программ [1].

Рассматриваемая мобильная ОС – S, имеет 13 возможных состояний. Опишем дискретные состояния, в которых она пребывает в процессе функционирования: S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13. В таблице 1 описаны все состояния, перечисленные выше.

Таблица 1. Возможные состояния мобильной ОС типа Android.

Состояние	Описание
S1	Стабильный рабочий режим системы.
S2	Загрузка программы из известного или неизвестного источника.
S3	Программа выполняет запрос разрешений согласно функционалу.
S4	Исполняется код программы.
S5	Программа выполняет вредоносные действия.
S6	Программа находится в состоянии покоя (ожидания).
S7	Средства защиты (встроенные, антивирусная программа).
S8	База сигнатур антивирусной программы.
S9	Детектор вредоносных программ.
S10	Ремонт, восстановление.
S11	Отказ, нерабочее состояние мобильного устройства.
S12	Вредоносная программа активируется.
S13	Вредоносная программа пересылает смс, получает контроль и выполняет прочие вредоносные действия.

Для Марковской цепи при достаточно большом времени функционирования при $t \rightarrow \infty$ наступает стационарный режим, при котором вероятности P_i состояний системы не зависят от времени и не зависят от распределения вероятностей в начальный момент времени, т.е. $P_i = \text{const}$.

Каждая компонента P_i вектора таких стационарных вероятностей характеризует среднюю долю времени, в течение которого система находится в рассматриваемом состоянии S_i за время наблюдения, измеряемое k шагами.

Для определения стационарных вероятностей P_i нахождения системы в состоянии S_i ($i=1, \dots, n$) нужно составить систему n линейных однородных алгебраических уравнений с n неизвестными.

$$P_i = \sum_{j=1}^n P_j P_{ji}, (i = 1, \dots, n) \quad (3)$$

Причем, искомые вероятности должны удовлетворять нормировочному условию.

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1 \quad (4)$$

Таким образом, при $t \rightarrow \infty$ в мобильной ОС S устанавливается предельный стационарный режим, то есть мобильная ОС случайным образом изменяет состояния, но вероятность каждого состояния не зависит от времени: каждое состояние выполняется с определенной постоянной вероятностью. Данная вероятность представляет собой среднее относительное время пребывания системы в каком-либо определенном состоянии [4, 5].

Систему линейных алгебраических уравнение удобно составлять по размеченному графу состояний. При этом в левой части уравнения записывается вероятность состояний, соответствующего рассматриваемой вершине графа, а в правой части — сумма произведений. Число слагаемых соответствует числу дуг графа, входящих в рассматриваемое состояние. Каждое слагаемое представляет произведение вероятности того состояния, из которого выходит дуга графа, на переходную вероятность, которой помечена соответствующая дуга графа.

На основании матрицы переходных состояний и графа состояний, а также нормировочным условием составим для стационарного режима систему линейных алгебраических уравнений и решим уравнения методом Крамера.

$$\begin{cases} p_1 = 0.5p_1 + 0.2p_2 + 0.3p_{10} + 0.2p_{11} \\ p_2 = 0.2p_1 + 0.2p_2 + 0.1p_3 \\ p_3 = 0.4p_2 + 0.1p_3 \\ p_4 = 0.6p_3 + 0.1p_4 \\ p_5 = 0.6p_4 + 0.4p_5 + 0.3p_6 + 0.2p_{11} + 0.4p_{12} + 0.3p_{13} \\ p_6 = 0.2p_4 + 0.1p_5 + 0.4p_6 + 0.2p_{12} \\ p_7 = 0.1p_5 + 0.1p_6 + 0.2p_7 + 0.5p_8 + 0.3p_{10} \\ p_8 = 0.3p_7 + 0.1p_8 + 0.7p_9 \\ p_9 = 0.2p_2 + 0.3p_3 + 0.1p_4 + 0.2p_7 + 0.4p_8 + 0.3p_9 \\ p_{10} = 0.2p_1 + 0.3p_7 + 0.2p_{10} + 0.4p_{11} \\ p_{11} = 0.1p_1 + 0.3p_5 + 0.2p_{10} + 0.4p_{11} \\ p_{12} = 0.1p_5 + 0.2p_6 + 0.4p_{12} + 0.1p_{13} \\ p_{13} = 0.1p_5 + 0.6p_{13} \end{cases}$$

Путем математических преобразований упростим систему алгебраических уравнений. В результате чего в левой части останутся нули и единицы, а в правой неизвестные. Решим полученные уравнения методом Крамера.

Таким образом, рассчитаны предельные вероятности, они равны: $P_1 = 0.108$; $P_2 = 0.028$; $P_3 = 0.013$; $P_4 = 0.008$; $P_5 = 0.067$; $P_6 = 0.021$; $P_7 = 0.17$; $P_8 = 0.19$; $P_9 = 0.17$; $P_{10} = 0.11$; $P_{11} = 0.077$; $P_{12} = 0.021$; $P_{13} = 0.017$.

Каждая компонента P_i вектора стационарных вероятностей характеризует среднюю долю времени, в течение которого мобильная ОС находится в рассматриваемом состоянии S_i . Можно посчитать сколько, в общем, наша система находится в рабочем и нерабочем состояниях. Анализируя каждое состояние, выделим из множества состояний те, которые относятся к рабочему состоянию мобильной ОС: $S_p = S_1, S_2, S_3, S_4, S_7, S_8, S_9$.

$$(1 - S_n) \times 100 = S_p, (5)$$

где S_n — множество нерабочих состояний мобильной ОС,

S_p — множество рабочих состояний мобильной ОС.

Состояния $S_n = S_5, S_6, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}$ относятся к нерабочему состоянию.

$$(1 - S_p) \times 100 = S_n (6)$$

Таким образом, можно сделать вывод, что система находится в рабочем состоянии 68,7% времени, остальное время находится под воздействием вредоносных программ. Достаточно большой процент времени система находится в нерабочем состоянии, что свидетельствует о том, что 31,3% ресурсов мобильная ОС расходует на пребывание не в рабочем состоянии. Большое количество ресурсов расходует на пребывание в нерабочем состоянии, что оказывает значительное влияние на производительность, качество работы и безопасность мобильной ОС. Проведенный эксперимент свидетельствует о необходимости исследований по разработке системы обнаружения вредоносных программ в области защиты информации, так как данное решение поможет сократить время пребывания ОС в нерабочем состоянии и увеличить производительность, освободить дополнительные ресурсы, что в целом положительно повлияет на безопасность устройства в целом.

Литература:

1. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. — М.: МЦНМО, 2009. — 209 с.
2. Портенко Н.И., Скороход А.В., Шуренков В.М. Марковские процессы. — ВИНТИ, 1989. — 178 с.
3. Стратонович Р.Л. Условные марковские процессы и их применение к теории оптимального управления. — М.: МГУ, 1966. — 25 с.
4. Таганов Қ.В., Овчаров Л.А., Тырышкин А.Н. Аналитические методы исследования систем. — М.: Советское радио, 1974. — 32 с.
5. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений: научно-практич. издание. Серия: Информатизация России на пороге XXI века. — М.: СИНТЕГ, 1998. — 376 с.
6. Уязвимости платформы Android. Настоящее и будущее [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/drweb/blog/142993/> (дата обращения: 28.11.2014).
7. Android. (n.d.). *Introduction to Android*. Retrieved 1 23, 2014, from Android Developers [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://developer.android.com/guide/index.html> (дата обращения: 23.01.2015)
8. Sheran Gunasekera. *Android Apps Security*. Apress, 2012. 3 p.
9. Arp D., Spreitzenbarth M., Hubner M., Gascon H., Rieck K. DREBIN: Effective and Explainable Detection of Android Malware in Your Pocket. NDSS Symposium 2014, Switzerland, 2014, vol. 4, no. 1 Available at: <https://user.informatik.uni-goettingen.de/~kriek/docs/2014-ndss.pdf>

Повышение надежности силовых установок для наземного применения

Ерзиков Александр Михайлович, магистр по направлению
энергетическое машиностроение, доцент;

Такмовцев Владимир Викторович, кандидат технических наук, доцент;

Ильющкин Никита Александрович, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ
(г. Казань)

Аннотация. На газоперекачивающих станциях в качестве привода широко используются конвертированные авиационные двигатели. Поскольку в авиационных двигателях опорами являются подшипники качения, актуальной задачей становится повышение надежности работы опорных узлов при наземной эксплуатации. Совершенствование опорных узлов, осуществляемое конструктивными, технологическими и эксплуатационными способами приводит к повышению долговечности (L_h) роторных подшипников качения (ПК). В данной работе рассматривается способ совершенствования конструкции задней опоры ротора свободной турбины (СТ) двигателя НК-16 СТ основанный на применении разгружающего устройства, работающего по принципу упорного гидростатического подшипника (ГСП). Изменение конструкции задней опоры СТ базового двигателя обеспечивает автоматическую регулировку осевой силы F_a , действующей на заднюю опору ротора СТ двигателя НК-16 СТ.

Из более чем 4000 газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на сегодняшний день применяемых в ОАО «Газпром» больше 30% используют в качестве привода конвертированные авиационные двигатели. Порядка 45% из общего числа отказов приходится именно на такие ГПА, их наработка на отказ составляет примерно 5000 часов. В работе [1] представлен анализ статистики отказов роторных подшипников 68 двигателей НК-12 СТ за период с 2005 по 2009 год. По представленным в этом работе данным дефекты роторных подшипников качения составляют практически четверть от общего числа дефектов появляющихся во время эксплуатации данных двигателей. Данные по отказам происходящим при эксплуатации двигателей НК-16 СТ попадают в аналогичный интервал.

Улучшение рабочих характеристик данных установок зависит от увеличения быстроходности роторов газогенератора и СТ. Для этого необходимо повысить окружную скорость вращения ротора, что в результате повлечет за собой появление дефектов опор не только в газогенераторе, но и в СТ. Так, например, по данным ОАО КПП «Авиамотор» г. Казань на пяти двигателях НК-16 СТ с наработкой $\tau = 8424.42592$ часов было зафиксировано разрушение роликового подшипника (РП) задней опоры СТ. Следова-

тельно, актуальной задачей является повышение надежности роторных подшипников современных конвертированных авиационных двигателей.

Одним из вариантов решения этой задачи может являться применение смещенных опор (СОП) для совершенствования конструкции опорных узлов роторных подшипников.

«Анализ известных конструкций СОП показал, что необходимость в их использовании возникает тогда, когда ни один из применяемых типов подшипников не способен в полной мере удовлетворить техническим требованиям, предъявляемым к опорным узлам быстроходных турбомашин» [2, с. 6].

Преимущества СОП заключаются в том, что в одном опорном узле объединяются полезные свойства подшипников различного типа или используется комбинация подшипника с конструктивным элементом двигателя (демпфирующее, упругое, разгружающее устройства). При проектировании СОП последовательно выполняются следующие этапы: выбор функционального назначения СОП; выбор элементов СОП; выбор смазывающей среды; выбор способа создания несущей способности элементов СОП при работе в системе двигателя. [2, с. 7]

Основной недостаток СОП — усложнение конструкции опорного узла. Однако этот недостаток значительно перекрывается преимуществами от использования СОП.

Разработка конструкции задней опоры ротора турбины НК-16 СТ с регулированием F_a на различных режимах работы

Классическая конструкция СОП, применяемая во многих авиационных двигателях, — комбинация ПК с масляным демпфером. Данный тип конструкции опоры позволяет снизить уровень вибрации роторов и устранить резонансные колебания. Рассматривая опоры роторов конвертированных авиационных двигателей семейства «НК» отметим, что все они относятся к СОП. Два роликовых подшипника (РП): межвальный и турбинный образуют СОП с последовательной передачей F_r . Остальные опоры упругодемпферные. В данной работе основное внимание уделено модернизации базовой конструкции задней опоры СТ двигателя НК-16 СТ, силовая схема которой показана на рис. 1.

Эта опора состоит из роликового подшипника РП2 (56-2672934Р5У), компенсирующего F_r , и шарикового подшипника ШП (А1176734Б1Т1), воспринимающего только F_a . Эксплуатация двигателей НК-16СТ показала, что надежность СОП данной конструкции существенно зависит от перекадки, т.е. изменения направления действия F_a . «Отличительной особенностью применяемой СОП является

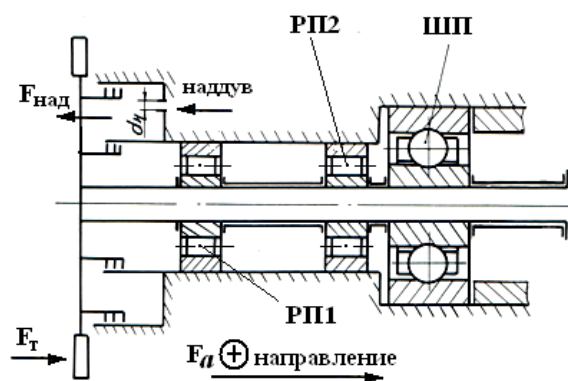


Рис. 1. Силовая схема СТ серийного двигателя НК-16СТ

Более сложный вариант регулирования, позволяющий на всех режимах работы СТ обеспечивать условие $F_a \cong \text{const}$, реализуется в предлагаемой модернизированной конструкции СОП (рис. 3). Её отличие от задней опоры базовой СТ заключается в том, что к РП2, воспринимающему только F_r и радиально-упорному ШП, воспринимающему только F_a в опорном узле добавляется разгружающее устройство, работающее по принципу упорного гидростатического подшипника (ГСП) на рабочей поверхности которого выполнены камеры, равномерно расположенные по окружности на радиусе R_ϕ и пакет пружин, которые обеспечивают гарантированный осевой зазор между подпятником, посаженным на вал и пятой — корпусом.

С увеличением частоты вращения вала СТ, происходит увеличение F_T , которое приводит к росту F_a . В определенный момент F_a превышает усилия пружин $F_{\text{пр}}$, направленное в противоположную сторону, и ротор СТ, смещается в сторону выходного устройства, при этом подпятник сдвигается к пяте, и зазор между ними уменьшается при-

ся то, что ШП не центрируется по наружному диаметру в корпусе опоры. В этом случае не возникает перекаса колец ШП, вызванного деформацией статора СТ в процессе эксплуатации.» [2, с. 25]

«Анализ дефектов задней опоры СТ показал, что основной причиной их возникновения является перекадка F_a , действующей на ШП (рис. 1). Это происходит, когда сила, возникающая в разгрузочной полости за турбиной $F_{\text{вкл}}$ превышает газодинамическую силу, действующую на лопатки турбины F_T . Таким образом для того, чтобы отсутствовала перекадка F_a в рабочем диапазоне оборотов ($4900 \leq n \leq 5100$ об/мин) СТ должно выполняться условие

$$F_a = F_T - F_{\text{вкл}} > 0. \quad (1)$$

где: F_a — осевое усилие, действующее на подшипник; F_T — газодинамическая сила, действующая на лопатки турбины; $F_{\text{вкл}}$ — сила, возникающая в разгрузочной полости за турбиной.

Одним из наиболее простых вариантов регулирования F_a внедренным в производство на АО КПП «Авиамотор» (г. Казань), является использование дроссельных шайб (диафрагм), установленных в два трубопровода, подводящих воздух от компрессора к разгрузочной полости СТ. Экспериментальным путем установлено, что при диаметре диафрагмы $d_H = 18$ мм, условие (1) выполняется во всем рабочем диапазоне оборотов СТ (рис. 2).» [2, с. 26]

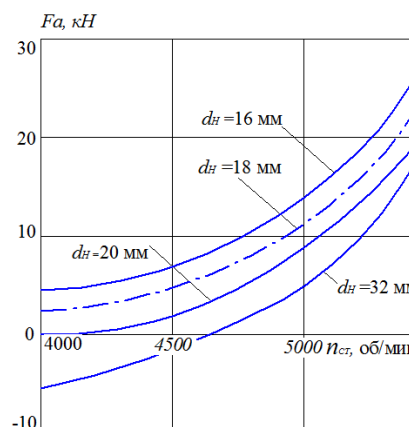


Рис. 2. Зависимость F_a от $n_{\text{СТ}}$

водя в результате к увеличению гидростатической силы $F_{\text{ГСП}}$ в упорном ГСП.

В данном случае до момента, когда F_a станет больше усилия пружин $F_{\text{пр}}$ ГСП, за счет подачи масла под давлением в камеры, обеспечивается постоянная несущая способность. Затем в результате смещения ротора и уменьшения зазора между подпятником и пятой произойдет уменьшение расхода масла в ГСП, что приведет к увеличению давления в его камерах, и как следствие увеличению гидростатической силы $F_{\text{ГСП}}$, которая разгружает ШП от действия F_a . С уменьшением F_a ротор перемещается в сторону своего начального положения, тем самым увеличивая зазоры между подпятником и пятой, следовательно, увеличивая расход масла через ГСП и приводя к снижению гидростатической силы $F_{\text{ГСП}}$. Таким образом, силы, действующие на подшипники входящие в СОП, приходят в состояние динамического равновесия, разгружая и автоматически регулируя F_a , действующую на ШП.

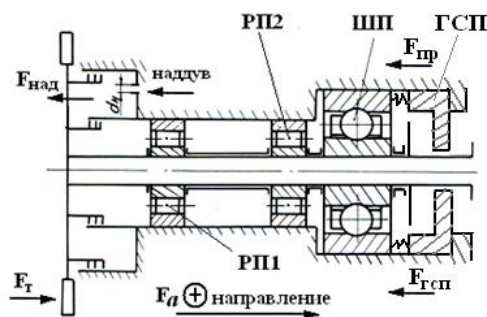


Рис. 3. Силевая схема СТ серийного двигателя НК-16СТ с модернизированной задней опорой

Для определения оптимальной геометрии гидравлического тракта ГСП и усилий, действующих в СОП, был выполнен расчетный эксперимент результаты которого представлены в работе [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование модернизированной конструкции СОП с гидростатической разгрузкой ШП и регулированием F_a

в качестве задней опоры СТ двигателя НК-16 СТ приводит к повышению долговечности ШП до 30% и позволяет поддерживать $F_a \approx \text{const}$ во всем рабочем диапазоне оборотов. Применение СОП позволяет значительно повысить надежность и живучесть опор ротора СТ, снижает энергетические затраты на их привод.

Литература:

1. Величко Е.И. Совершенствование методов диагностики промышленного оборудования, обеспечивающих сокращение потерь скважинной продукции, с целью повышения его эффективности: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Е.И. Величко; ГОУ ВПО Кубанский гос. технолог-й ун-т (КубГТУ). – Краснодар, 2010. – 23 с.
2. Горюнов Л. В., Ржавин Ю.А., Такмовцев В. В. Формирование конструктивного облика опор роторов быстроходных турбомашин // Изв. вузов. Авиационная техника. 1998. № 3. С. 106 – 109.
3. Понькин В.Н., Горюнов Л.В., Такмовцев В.В. совмещенные опоры быстроходных турбомашин, принципы конструирования и экспериментальное исследование. Казань, 2003. 62 С.(Препринт / Изд-во Казан. гос. техн. ун-та; Казань, 03П15).

Товароведная характеристика и ассортимент сухарных изделий в г. Электросталь Московской области

Истомина Анна Анатольевна, студент
РЭУ им. Г.В Плеханова (г. Москва);

Аннотация. Дана общая характеристика сухарных изделий, их пищевая ценность, требования к качеству и маркировке. Приводятся результаты анализа ассортимента сухарей в розничной торговле г. Электросталь Московской области.

Ключевые слова: г. Электросталь, сухари, сухарные изделия, ассортимент, классификация, рецептура, маркировка, стандарт, качество.

В рацион питания человека входят продукты животного, растительного и минерального происхождения. Одним из таких полезных продуктов являются сухари [1, с.85]. Сухари - это подсушенный хлеб, приготовленный, как правило, из сдобного теста. С давних времён сухари являются довольно распространённым лакомством. Сухари содержат клетчатку, микроэлементы (магний, калий, йод, железо, молибден) и витамины Е, В, А, РР. При заболеваниях желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) врачи рекомендуют заменить обычный хлеб на сухари. Сухари употребляют при интоксикации организма для восстановления работы желудка и поддержки иммунитета.

В зависимости от особенностей рецептуры и технологии производства сухарные изделия делят на следующие виды: простые сухари, сдобные сухари, сухари-гренки, сухари панировочные, сухарные брикеты, хрустящие хлебцы, диетические сухарные изделия [2, с.69, 10-12]. Технологический процесс производства сухарей включает в себя прием, хранение и подготовку сырья, приготовление и разделку теста, выпечку сухарных плит, выдержку сухарных

плит, их резку на ломти, сушку и охлаждение сухарей [3, с.62].

Существует легенда о том, что сушить сухари стали по воле случая. В середине XIX века в Московии выдалась особенно жаркая пора на Пасху и многие куличи, которые хранились на солнце, безнадежно засохли. Поскольку в традициях христиан освященные куличи нужно съедать до последней крошки, сухари и в ту Пасху употребили в течение недели. При этом было сделано одно важное открытие - размоченный в воде сухой кулич становился вкусным. Так, учитывая это обстоятельство предприимчивые люди стали сушить сухари впрок [13].

В зависимости от рецептуры и особенностей изготовления различают сухари сдобные, армейские, гренки и панировочные. Сдобные сухари вырабатывают их из пшеничной муки высшего, 1-го и 2-го сортов с добавлением сахара, жиров и яиц. В продажу поступают сдобные сухари, различающиеся сортом муки, рецептурой, формой, размером, отделкой поверхности. Сухари армейские представляют собой высушенные ломти простого ржаного, ржано-

пшеничного или пшеничного хлеба. Их используют в основном для снабжения экспедиций и в армии. Сухари-гренки это высушенные ломти пшеничного хлеба и булочных изделий. Гренки имеют вкус, свойственный сухарям. Гренками называют также поджаренные ломтики хлеба, обычно пшеничного, подаваемые к супам и бульонам. Сухари панировочные готовят из муки 1 и 2-го сортов. Они представляют собой измельченные сухари, предназначенные для обваливания перед жареньем котлет, мяса, рыбы, а также для обсыпки форм и противней при запекании рулетов, пудингов и других изделий.

К новым видам сухарных изделий относятся сухарные брикеты, вырабатываемые прессованием сухарной крошки, смешанной с патокой.

Качество сухарных изделий оценивают по органолептическим и физико-химическим показателям. Определяют вкус, запах, цвет и форму (в зависимости от особенностей рецептуры) [2, с. 80]. По физико-химическим показателям определяют влажность, кислотность, набухаемость (изменение массы продукта до и после помещения в воду). Устанавливают также хрупкость, разламывая не менее двух сухарей от средней пробы на специальном приборе. Кроме того, устанавливают твердость сухарных брикетов [5, с. 127].

Маркировка сухарных изделий предназначена для идентификации товаров или отдельных его свойств, доведения до потребителя информации об изготовителях (исполнителях) и основополагающих характеристиках товара. Красочно оформленная маркировка сухарных изделий имеет наличие поясняющих текстов, применение общепринятых символов которые вызывают у потребителя положительные эмоции и становятся мотивацией для принятия решения о покупке товара. Сухарные изделия маркируют в соответствии с ГОСТ Р 54645-2011 «Изделия хлебобулочные сухарные. Общие технические условия» с указанием следующих данных:

- наименование и местонахождение изготовителя, упаковщика, экспортера, импортера (юридический адрес, включая страну),
- наименование продукта,
- товарный знак изготовителя (при наличии),
- масса брутто,
- масса нетто,
- состав продукта,
- количество упаковочных единиц (для фасованной продукции),
- дату выработки и срок хранения,
- обозначение настоящего стандарта,
- информационных сведений об энергетической ценности, содержании белка, жира и углеводов в 100 г изделий.
- информация о подтверждении соответствия (при наличии);
- штрихового идентификационного кода [4, с. 8].

Маркировку наносят путем наклеивания ярлыка или нанесения четкого оттиска трафаретом или штампом. Экетки наносят типографским или иным способом на упаковку. Они отличаются значительной информационной емкостью. Из всех носителей маркировки сведения на этикетках наиболее полные и обширные. Основными требованиями при разработке этикеток сухарных изделий являются: четкость текста, наглядность, однозначность текста, соответствие его потребительским свойствам товара, достоверность сведений относительно качества товара, его изготовителя, страны происхождения.

С чего именно начинается история моего города Элек-

тросталь? Она начинается с вокзала, с которого беспрерывно слышен гул поездов и улиц, которые и идут к этому вокзалу. Благодаря этой железнодорожной ветке и короткому расстоянию от Москвы началось строительство первого электрометаллургического завода в России. **Уже к концу лета 1916 года был заложен фундамент завода Электросталь.** Далее постепенно начали возвышаться стены, и в скором времени появилась первая сталь Советского Союза. Производство росло, а вместе с ним благоустраивался и поселок Затишье. Вскоре, к 1928 году, поселок получил название Электросталь, а спустя 10 лет ему присвоили статус города, и он перешел в подчинение области. Во время войны 1941-45 годов, на фронтах сражалось около 11 тысяч жителей, из них приблизительно 4 тысячи погибло, 13 бойцов получили звание Герой Советского Союза. В это время вся рабочая сила города была направлена на фронт. Город производил около 82 видов боеприпасов, в том числе снаряды для «Катюш». Активно участвовали заводские работники и в организации атомной промышленности. Завод Электросталь, начиная с 1945 года, стал первым из числа вошедших в атомную сферу по разработкам атомных, а спустя некоторое время и водородных бомб. После войны город Электросталь стал быстро развиваться. Начали возводиться новые многоэтажки, улицы, проспекты и дворцы культуры, старые постройки и бараки начали сносить. **На сегодняшний день город Электросталь является одним из самых крупных промышленных городов Подмосковья** [14].

В настоящее время ОАО "Электросталь Хлеб" представляет собой объединение трех предприятий отрасли, каждое из которых имеет свою историю, свои традиции. ОАО "Электросталь Хлеб" был открыт в 1941 году, когда страна остро нуждалась в хлебобулочной продукции для фронта и тыла. В то время, при круглосуточной работе, выпускались батоны, хлеб и мелкоштучные изделия объемом до 40 тонн в сутки. В настоящее время завод является головным производством объединения. Механизированная пекарня расположена на ул. Горького, д.13, основана в 1939 году она является старейшим предприятием отрасли, родоначальником хлебопекарного производства в городе, а затем и основой созданного в 1992 году АООТ, преобразованного в ОАО в 1996 году, объединения "Электросталь Хлеб". В начале в пекарне выпекали только хлеб. Это были "французские булки" весом 200 гр. и булочки - 100 гр. Они выпекались подовым способом на двух жаровых кирпичных печах с подачей в них формованного теста 3,5-метровыми деревянными лопатами. В конце 60-х годов старые, жаровые печи, заменили на более современные - ФТЛ-2 и стали выпекать батоны весом 300 и 500 гр. В начале 70-х годов на пекарне наладили производство кондитерских изделий, которые стали пользоваться повышенным спросом у населения. Это были кексы "Столичные", бисквитные пирожные и торты.

Весной 2016 года было изучено состояние розничной торговли сухарными изделиями в г. Электросталь. Обследовано 19 магазинов города, которые осуществляют продажу сухарных изделий. Поставку этой продукции осуществляют 8 производителей. Весь ассортимент сухарей составляет 11 наименований (Веснушка, Дюймовочка, Сахарные, Антошка, Ванильные, Горчишные, Сливочные, Маковые, Орешек, Посольские и Осенние, Крошка Тимашка). Примерно 80% всех сухарных изделий составляют сахарные, ванильные, веснушка, горчишные.

Изучены так же ассортимент и торговые марки сухарей на примере одного из крупных гипермаркетов города

Электросталь "Globus". В этот гипермаркет привозят свою продукцию 4 фирмы-производителя и ассортимент насчитывает 5 наименований («ОГО» с изюмом, ванильные; «Ваш выбор» с маком, ванильные; «Электросталь Хлеб» с маком, ванильные, веснушка; «Золотой Колос» сахарные, с изюмом). **Продукция в основном упаковывается массой 0,3 кг. В среднем цена 1 упаковки колеблется от 45 рублей**

(сухари «Ванильные») до 80 рублей (сухари «Орешек»).

Кроме того проведена органолептическая оценка двух торговых марок сухарей ванильных «ОГО» и «Электросталь Хлеб», которые были приобретены в гипермаркете "Globus", результаты этого анализа представлены в таблице.

Таблица. Сравнительная характеристика сухарей ванильных торговых марок «ОГО» и «Электросталь Хлеб» со стандартом (ГОСТ 8494-96 «Сухари сдобные пшеничные. Технические условия»)[15]

Наименование показателя	Характеристика по ГОСТ 8494-96	Характеристика сухарей ванильных торговой марки «ОГО»	Характеристика сухарей ванильных торговой марки «Электросталь Хлеб»
Внешний вид: Форма	Полуовальная	Полуовальная	Полуовальная
Поверхность	Без сквозных трещин и пустот, с достаточно развитой пористостью, без следов непомеса. Верхняя корка глянцевитая, матовая; в зависимости от способа разделки и формовки сухарей - гладкая или с рельефами, допускаются наколы.	Без сквозных трещин и пустот, с достаточно развитой пористостью, без следов непомеса, без надколов углов.	Без сквозных трещин и пустот, с достаточно развитой пористостью, без следов непомеса, но с небольшими надколами углов.
Цвет	От светло-коричневого до коричневого	Светло-коричневый	Темно-коричневый
Вкус	Сладковатый, свойственный данному сорту сухарей, с привкусом ароматических и вкусовых добавок, без постороннего привкуса.	Сладковатый, свойственный данному сорту сухарей, с привкусом ароматических и вкусовых добавок, без постороннего привкуса. Приятное послевкусие.	Сладковатый, свойственный данному сорту сухарей, без постороннего привкуса.
Запах	Свойственный данному сорту сухарей - ванилина.	Свойственный данному сорту сухарей - ванилина, без постороннего запаха.	Свойственный данному сорту сухарей - ванилина, без постороннего запаха.
Хрупкость	Изделия должны быть хрупкими.	Хрупкие, ломаются с небольшим усилием.	Хрупкие, легко ломаются.

Из таблицы видно, что по органолептическим показателям сухари ванильные торговых марок «ОГО» и «Электросталь Хлеб» соответствуют требованиям ГОСТ 8494-96. Анализ качества упаковки, маркировки, сроков хранения соответствуют действующим нормативным документам. Результаты органолептических показателей (внешний вид,

форма, поверхность, цвет, запах, вкус, хрупкость) также соответствовали Гост. Тем не менее предпочтение было отдано торговой марке «ОГО» поскольку они имеют более привлекательный товарный вид. Поверхность у этих сухарей более ровная и гладкая.

Литература:

1. Болтухов А.К. Товароведение. - М., 2009г- 315с.
2. Товароведение товаров. Общий курс: Учеб. Пособие / Н.М. Ильин, В.В. Карачун, Ю.И. Марьин и др.; Под ред. Н.М. Ильина. — Мн.: БГЭУ, 2004. — 69 с., 80с.
3. Лораков В. Л., Елизарова В. Ф., Лойко Д. Товароведение продовольственных товаров: /Учеб. пособие для торг. вузов/— 2-е изд., перераб. — М.: Экономика, 2008.- 62с.
4. ГОСТ Р 54645-2011 «Изделия хлебобулочные сахарные. Общие технические условия».
5. Ильин Н.М., Карачун В.В., Марьин Ю.И. и др. Товароведение товаров. Общий курс : Учеб. Пособие ; Под общ. Ред. Проф. Н.М. Ильина. —Мн.: БГЭУ, 2008г. -127с.
6. Шепелева А.Ф. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров 2001г.
7. Товароведение продовольственных товаров: Учеб. Пособие для торг. Вузов / Агбаши В.Л., Елизарова В.Ф. и др.- 2-е изд., - М.: Экономика, 2006г.
8. Журнал «Хлебопек». №5 2003 г.
9. Иванова Т.Н. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров 2004г.
10. Агапкин А.М. Краткая характеристика рынка зерномучных товаров. Современные концепции научных исследований. Сборник научных работ XIV Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения. М, 2016- 40-41 с.
11. Агапкин А.М. Нормирование качества и хранения зерномучных продуктов (мука, крупа, макаронные и хлебобулочные изделия) в рамках государственной системы стандартизации. Современные концепции научных исследований. Сборник научных работ XIV Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения. М, 2016.-

19-22 с.

12. Андриющенко А.В., Агапкин А.М. Товароведная характеристика и анализ реализации хлебцев в гастрономе «Седьмой континент». Сборник научных работ XIII Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения. Наука и современность. М, 2016. - 39-41 с.

13. www.symbolizm.ru

14. www.electrostal.info

15. ГОСТ 8494-96 «Сухари сдобные пшеничные. Технические условия».

Совершенствование профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов по профилю водоснабжение и водоотведение

Каюмов Ирик Абдулхаирович, кандидат технических наук, доцент;

Егина Анна Андреевна, студент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедрой водоснабжение и водоотведение (ВиВ) Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) осуществляется подготовка бакалавров (направление 08.03.01 "Строительство", профиль водоснабжение и водоотведение). Профессиональная переподготовка и повышение квалификации по профилю водоснабжение и водоотведение осуществляются по соответствующим программам [1; 6; 8; 10; 12-14; 16] разработанным коллективом кафедры ВиВ КГАСУ. В вышеперечисленные рабочие программы профилирующих дисциплин включены результаты:

- работы I-VI Международных специализированных выставок и конгрессов «Чистая вода. Казань»;

- конкурса «Пятьдесят лучших инновационных идей для Республики Татарстан» [14];

- разработки и производственный опыт Датского концерна «Grundfos», Швейцарской компании «Geberit», Австрийской компании «E.HAWLE Armaturenwerke GmbH», Российских компаний «Standartpark» и «Союзприбор», а так же Холдинга «Полимерные трубопроводные системы» [3;13; 14;21].

Ежегодно (2010- 2015 г.г.) профессорско-преподавательский состав (ППС) кафедры ВиВ КГАСУ совместно студентами профиля водоснабжение и водоотведение принимали активное участие в работе I, II, III, IV, V и VI Международных специализированных выставках и конгрессах «Чистая вода. Казань». Для этого были сформированы, изготовлены и представлены более 40 выставочных экспозиции, которые отражают достижения отечественной науки в процессе реализации Федеральной целевой программы (ФЦП) «Чистая вода», долговременной целевой программы «Улучшение обеспеченности населения Республики Татарстан услугами водоснабжения и теплоснабжения на период 2014 — 2020годы», а также передовой производственный опыт, обеспечивающий решение задач поставленные перечисленными программами.

ППС кафедры ВиВ, совместно студентами, выступали своими многочисленными (более 80) докладами на пленарных и секционных заседаниях, а также на тематических круглых столах организованные в рамках реализации программ выставок и конгрессов «Чистая вода. Казань» [1;2;6;8;12-14;16;17]. Учитывая актуальность и глубину проработок экспозиций и представленных докладов, большинство (68 статей) последних были опубликованы в сборниках трудов указанных выше, Международных специализированных конгрессах [1;6-9;14;15]. Это дало возможность изучить и использовать результаты работы коллектива кафедры ВиВ заинтересованными специалистами, осу-

ществляющие архитектурно-строительное проектирование, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства и эксплуатацию систем водоснабжения и водоотведения, в процессе выполнения возложенных на них производственных функций.

В период 2010 -2015г.г. ППС кафедры ВиВ и студенты профиля «Водоснабжение и водоотведение», по результатам представленных работ, были поощрены 9-ю дипломами, 5-ю почетными грамотами Международных выставок конгрессов «Чистая вода. Казань» (Министерство экологии и природных ресурсов и Министерство строительства архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан) и 7-ю благодарственными письмами (Министра строительства, архитектуры и ЖКХ Республики Татарстан и Генерального директора ОАО Выставочный центр «Казанская ярмарка»). В 2014 году по результатам конкурса «Лучший продукт выставки», организованный Министерством экологии и природных ресурсов Республики Татарстан и ОАО «Казанская ярмарка» в рамках V Специализированной выставки «Чистая вода. Казань», номинации «Инвестиционные и инновационные проекты» коллектив кафедры ВиВ КГАСУ был награжден дипломом I степени за инновационный подход в сфере очистки нефтесодержащих стоков.

В 2015 году по результатам конкурса «Лучший продукт выставки» - организованный ОАО Выставочным центром «Казанская ярмарка» в рамках VI специализированной выставки «Чистая вода. Казань», номинации «Современные технологии водохозяйственной деятельности» дипломом первой степени награждены: к.т.н., доцент Каюмов И.А., и студент пятого курса профиля ВиВ Соколова Е.С., за представленную технологию «Способ водопонижения в подвальных помещениях зданий». В этом же году по результатам конкурса «Лучший продукт выставки» организованный Выставочным центром «Казанская ярмарка» рамках VI специализированной выставки «Чистая вода. Казань» номинации инженерные сети: Водо-, тепло-, газо-, электроснабжение были награждены дипломом II степени: к.т.н., доцент Каюмов И.А., доцент Нуруллин Ж.С., и студент 5-го курса профиля ВиВ Назимов П.А., за представленную трехмерную графическую модель генплана главного здания водопроводной очистной станции по получению питьевой воды с применением реагентов по схеме двухступенчатого фильтрования на контактных префильтрах и скорых фильтрах (в формате 3D проиллюстрированы конструкции микрофильтров, контактных камер смесителей, контактных префильтров, скорых фильтров и реагентного хозяйства).

В 2015 году доцент Каюмов И.А. и студент пятого курса профиля ВиВ КГАСУ Соколова Е. С. были признаны победителями и награждены дипломом и поощрены денежной премией XI Республиканского конкурса «Пятьдесят лучших инновационных идей для Республики Татарстан» в номинации «Социально значимые инновации» по представленному проекту: «Удаление воды и поддержание в сухом состоянии подвальных помещений жилых административных и производственных зданий, указанный конкурс организовали:

- ОАО «Российская венчурная компания»;
- ОАО «Роснано»;
- Ассоциация инновационных регионов России;
- Фонд Содействия Развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере;
- Кабинет Министров Республики Татарстан;
- Академия наук Республики Татарстан;
- Министерство образования и науки Республики Татарстан;
- Торгово-промышленная палата Республики Татарстан;
- ОАО «Татнефтекиминвест - холдинг»;
- ОАО «Связьинвестнефтехим»;
- ОАО «Ак Барс» Банк»;
- некоммерческая организация «Инвестиционно-венчурный фонд Республики Татарстан»;
- технопарк «Идея»;
- ОАО «Химград».

ППС кафедры ВиВ, во время бизнес встречи «Час руководителя» с руководителями Муниципальных унитарных предприятий (МУП) горводоканал г. Казань, Альметьевск и холдинга «Полимерные трубопроводные системы», организованный ОАО Выставочный центр «Казанская ярмарка», наметили мероприятия и реализовали их на основе составленных договоров о творческом сотрудничестве, что позволило в дальнейшем обеспечить деловой, продуктивный контакт. Во время бизнес встречи с первым заместителем директора МУП «Водоканал» города Казани, организованный IV Международным специализированным конгрессом «Чистая вода. Казань», были заключены договора о целевой профессиональной переподготовке специалистов по профилю «водоснабжение и водоотведение» (802 часа) и повышению квалификации инженерно-технических работников (ИТР) и руководителей подразделений (72 часа) по программе «Архитектурно-строительное проектирование, строительство и эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения». В 2014 году успешно прошли повышение квалификации 22 специалиста и руководителя подразделений МУП «Водоканал» города Казани. По результатам сдачи экзаменов и профессиональной аттестации они получили удостоверение о повышении квалификации и квалификационный аттестат специали-

ста, занимающий соответствующую должность в структуре МУП «Водоканал» г. Казани.

В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 г. за № 273 [20] и Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.07.2013 г. за № 499 [18], ППС кафедры ВиВ, с учетом содержания трудовой деятельности слушателей, разработал учебный план (табл.1) и календарный график, рабочие программы 12 дисциплин, предусмотренные первым, установил приемлемые формы аттестации, оценочные материалы, состав и содержание итоговой аттестационной работы (ИАР) профессиональной переподготовки по профилю ВиВ. Все выше перечисленные документы согласованы заказчиками, рассмотрены методической комиссией университета и утверждены проректором по интеграции с производством и дополнительному образованию КГАСУ.

Учебным планом профессиональной переподготовки по профилю ВиВ [10,13] определен перечень двенадцати дисциплин, трудоемкость, последовательность, форма аттестации слушателей (табл.1). По каждой дисциплине, приведенной в учебном плане, разработаны рабочие программы, которые согласованы с заказчиком, рассмотрены учебно-методической комиссией и утверждены проректором по интеграции с производством и дополнительному образованию КГАСУ. В 2015г. 11 ИТР в соответствии с заключенными договором об образовании с физическими и юридическими лицами, прошли обучение, выполнили учебную программу, разработали, успешно защитили ИАР и стали обладателями дипломов, дающие им право осуществлять инженерно-техническую и организационно-управленческую деятельность по архитектурно-строительному проектированию, строительству, реконструкции и капитальному ремонту отдельных гидротехнических сооружений и систем водоснабжения и водоотведения в целом.

В рамках реализации заключенных договоров о творческом содружестве кафедры ВиВ с Датским концерном «Grundfos», Швейцарской компанией В «Geberit», Австрийской компанией «E. HAWLE Armaturenwerke GmbH» и Российскими компаниями «Standartpark», «Союзприбор» и холдингом «Полимерные трубопроводные системы», к проведению занятий привлекались, кроме ППС КГАСУ, ведущие специалисты вышеперечисленных организаций. Они являются мировыми лидерами в разработке, производстве, проектировании, строительству и последующей эксплуатации поставляемой ими продукции на территории Российской Федерации, ближнего и дальнего зарубежья, соответственно насосного оборудования, бесколесной водопроводной арматуры, систем канализации и поверхностного водоотвода дождевых и талых вод и автоматизации работы отдельных гидротехнических сооружений и систем водоснабжения и водоотведения в целом.

Таблица 1. Учебный план профессиональной переподготовки

№ п/п	Наименование дисциплины	Количество часов				Форма контроля
		всего	аудиторные занятия		самостоя- тельная работа	
			лекции	лабораторно- практические		
1	2	3	4	5	6	7
1	Строительные материалы	20	10	10	20	зачет
2	Строительные конструкции	40	30	10	20	зачет
3	Инженерные изыскания	20	10	10	10	зачет
4	Механика строительная	30	20	10	30	зачет
5	Строительные машины	20	10	10	10	зачет

1	2	3	4	5	6	7
6	Проектирование систем ВиВ	60	40	20	40	курсовая работа, экзамен
7	Строительство и реконструкция систем ВиВ	40	30	10	30	экзамен
8	Безопасность жизнедеятельности	10	6	4	10	экзамен
9	Организация, планирование и управление систем ВиВ	30	20	10	30	экзамен
10	Экономика строительства ВиВ	30	14	16	10	экзамен
11	Эксплуатация систем ВиВ	50	20	30	30	экзамен
12	Правовое регулирование	20	10	10	10	зачет
13	Предаттестационная производственная практика	20		20	80	зачет
14	Выполнение ИАР				70	Защита ИАР
15	Итого	390	220	170	412	

По профилирующим дисциплинам профиля ВиВ занятия у студентов, на курсах повышения квалификации и профессиональной переподготовки проводились в лабораториях и кабинетах специально подготовленных совместно сотрудниками и специалистами Датского концерна «GRUNDFOS», Австрийской компаний «E. HAWLE Armaturenwerke GmbH», Швейцарской компанией «Geberit» и Российскими компаниями «Standartpark», «Союзприбор» и холдинга «Полимерные трубопроводные системы». Проводимые занятия отражали передовой опыт проведения инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения, как в нашей стране, так и в ближнем и в дальнем зарубежье.

Сотрудники всемирно известной (поставляет свою продукцию в более чем 60 стран мира) «Австрийской компании «E. Hawle Armaturenwerke GmbH» по производству надежной в эксплуатации (гарантирует безупречную работоспособность своей продукции в течении 10 лет) трубопроводной арматуры, совместно с ППС кафедры ВиВ создала лабораторию «Инновационные технологии, оборудование систем водоснабжения и водоотведения». В ней размещены макеты, демонстрационные экспонаты, в виде фрагментов водопроводной сети, на которых размещены все виды трубопроводной арматуры. Отдельные представленные образцы арматуры выполнены с разрезами, демонстрирующие внутренние устройства и принцип их работы (задвижки, пожарные гидранты, вантузы, хомуты различных конструкций и назначений, коверы, штоки, фитинги, фасонные части и другие). Она оснащена техническими средствами обучения и контроля, а также имеет выход в отраслевой информационный центр коллективного пользования «Системы водоснабжения и водоотведения, инженерная экология и нанотехнология в процессах подготовки природных и сточных вод». Последняя была создана ППС кафедры ВиВ КГАСУ совместно с Государственным унитарным предприятием «Татарстанский центр научно-технической информации» [1].

Швейцарская Компания «Geberit» оснастила лабораторию кафедры ВиВ элементами систем канализации, отвода ливневых и талых вод [3] с уникальных (здания высотой сто и более метров) объектов [19]. Холдинг «Поли-

мерные трубопроводные системы» предоставил кафедре ВиВ элементы (полиэтиленовые трубы высокой кольцевой жесткостью из полиэтилена ПЭ 80 и ПЭ 100 диаметрами 400-2400мм) канализационной системы «Спиралайн» [8;20], которые демонстрируются в процессе проведения занятий. Компания «Standartpark» представила кафедре ВиВ образцы водоприемных устройств точечного и линейного отвода ливневых, талых и сточных вод, дождеприемников — пескоуловителей различных конструкций, изготовленные из различных материалов (бетон, фибробетон, полимербетон, пластик, чугун, оцинкованная и нержавеющая сталь) используемые в различных условиях эксплуатации. Представленные компанией «Standartpark» образцы водоприемных устройств установлены в специально оборудованной лаборатории, где проводятся занятия по дисциплинам ВиВ со студентами, слушателями повышения квалификации (ИТР и руководители подразделений МУП «Водоканал»), профессиональной переподготовки специалистов по профилю «Водоснабжение и водоотведение».

При кафедре ВиВ КГАСУ успешно функционирует уникальный информационный центр коллективного пользования «Системы водоснабжения и водоотведения, инженерной экология и нанотехнология в процессах подготовки природных и сточных вод», который содержит более 1,5 млн. нормативной, справочной литературы и патентной информации. Информационный центр открывает широкие возможности для доступа к актуализированной научной, нормативной, технической, справочной и патентной информации [1].

Полученные знания и навыки в процессе освоения учебных планов по профессиональным подготовкам, переподготовкам и повышении квалификации специалистов по профилю «водоснабжение и водоотведение», а также квалификационная аттестация последних, позволяет выпускникам сформировать востребованного на современном рынке труда компетентного специалиста в сфере водоснабжения и водоотведения, умеющего самостоятельно решать задачи поставленные ФЦП «Чистая вода», «Улучшение обеспеченности населения Республики Татарстан услугами водоснабжения и теплоснабжения на период 2014 — 2020годы», Международными Конгрессами «Чистая вода. Казань».

Совершенствование профессиональных подготовки, переподготовки, повышение квалификации и аттестации

специалистов позволит снизить остроту проблемы обеспечения членов ассоциаций саморегулируемых организаций, специалистами [4;9;11] по профилю водоснабжение и водоотведение.

Литература:

1. Адельшин А.Б., Каюмов И.А. О дополнительном профессиональном образовании по специализации водоснабжение и водоотведение. Сборник трудов V Международного Конгресса «Чистая вода. Казань» 26-28 марта 2014 г.: науч. изд. - Казань: ООО «Куранты», 2014. - С328-329.
2. Адельшин А.Б., Каюмов И.А. Результаты участия коллектива кафедры водоснабжения и водоотведения в работе международных выставок, конгрессов «Чистая вода.Казань». Многоуровневое профессиональное образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы Международной научно-практической конференции.-Казань: РИЦ «Школа» 2014. - С211-21 б.
3. GEBERIT. Канализационные системы.-М.:2011-35с.
4. Каюмов И.А. Модульный принцип формирования учебных программ повышения квалификации специалистов и руководителей строительной отрасли. Сборник трудов III Международного Конгресса «Чистая вода. Казань»: научное издание. - Казань: ООО «Куранты», 2012. - С 249-251.
5. Каюмов И.А. О разработке учебных программ повышения квалификации инженерно-технических и руководящих работников строительных организаций. Современные вопросы науки XXI век: Сб.науч.тр.по материалам VII международ.науч.-практ. конф.Тамбов:2011.-С 71-72.
6. Каюмов И.А. Об интеграции науки, подготовке, профессиональной переподготовке, повышения квалификации и аттестации специалистов. Сборник трудов VI Международного Конгресса «Чистая вода. Казань» 25-27 марта 2015 г.: науч. изд. - Казань: ООО «Куранты», 2015. - С289-295.
7. Каюмов И.А. Повышение квалификации и аттестация специалистов по инженерным системам Водоснабжения и водоотведения. Сборник материалов Конгресса «Чистая вода. Казань» 17-19 февраля 2010 г., ВЦ «Казанская ярмарка», 2010. -С24-26.
8. Каюмов И.А. Повышение квалификации и аттестация специалистов саморегулируемых организаций. Интеграционные процессы в современном профессиональном образовании. Материалы Международной научно-практической конференции.-Казань: КГАСУ, 2010.- С 145-148.
9. Каюмов И.А. Саморегулирование в сфере строительства: Учебное пособие.- Казань: Изд.- во Казанск. гос.архитект.строит.ун-та. 2015.-107с.
10. Каюмов И.А. Совершенствование учебных программ повышения квалификации специалистов строительных организаций. Корпоративное профессиональное образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы Международной научно-практической конференции.-Казань: КГАСУ 2011.-С185-187.
11. Каюмов И.А. Формирование образовательного кластера для подготовки компетентных специалистов в строительной отрасли. Подготовка компетентного специалиста в условиях образовательного кластера: модели, технологии, качество. Материалы Международной научно-практической конференции.-Казань: РИЦ «Школа», 2009.- С 147-149.
12. Каюмов И.А. Формирование учебных программ повышения квалификации специалистов по модульному принципу. Сборник материалов II Конгресса «Чистая вода. Казань» 29-31- марта 2011 г.: науч. изд. — Казань: ООО «Куранты», 2011. — С27,28.
13. Каюмов И.А., Гареев Б.М., Афанасьев А.О., Потапов М.Г., Замалиев Ф.Р., Нестеров Н.В., Хакимов С.Б., Хадиев Р.Р. Профессиональная переподготовка и повышение квалификации специалистов по водоснабжению и водоотведению. Материалы I Международной научно-практической конференции. «Modern problems of fundamental and applied sciences, Vol.1, spc Science of European». Praha, Czech Republic, 2016.-С 13 7-149.
14. Каюмов И.А., Камалов Ф.Ф. Профессиональная переподготовка специалистов для реализации ФЦП «Чистая вода». Сборник трудов III международной научно — практической конференции. «Стратегия развития инвестиционно - строительного и жилищно-коммунального комплексов в условиях саморегулирования»-Казань: КГАСУ, 2015.- С131-139.
15. Каюмов И.А., Соколова Е.С. Диплом 50 лучших инновационных идей для Республики Татарстан номинация ОАО "Связьинвестнефтехим" по проект «Удаление воды и поддержание в сухом состоянии подвальных помещений жилых, административных и производственных зданий. Казань.- 2015.
16. Каюмов И.А., Фазлыев А.Х. Интеграция науки, профессиональной переподготовки специалистов для реализации ФЦП «Чистая вода». Профессиональное образование России: вызовы времени, проблемы и перспективы развития: Материалы Международной научно-практической конференции.- Казань: РИЦ «Школа». 2015.- С 13 8-145 .
17. Каюмов И.А., Ярмиева Л.Р. Об опыте реализации программы дополнительного профессионального образования по специализации «водоснабжение и водоотведение». Профессиональное образование России: вызовы времени, проблемы и перспективы развития. Материалы Международной научно-практической конференции.- Казань РИЦ «Школа». 2015.- С382-385.
18. Приказ Министерства Образования и Науки России от 01.07.2013г. (с изменениями на 15.11.2013г.) N2499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам».-7с.
19. Федеральный закон от 29.12.2004 X190 (с изменениями на 24 ноября 2014года). Градостроительный кодекс Российской Федерации. -М.:109с.
20. Федеральный закон от 29.12.2012 З 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». М.: 2012 - 125с.
21. Холдинг «Полимерные трубопроводные системы». Канализационная система «Спиралайн».- М.: 2013-19с.

СМК для пищевой промышленности показатель качества продукции

Мусина Гулим Кайрлыновна

Евразийский Национальный Университет им. Л.Н.Гумилева (г. Астана, Казахстан)

Наступивший век по праву называют веком качества. Только качество может привлечь потребителя и обеспечить получение прибыли для отдельного предприятия на потребительском рынке, который очень насыщен многообразием производимых аналогичных продуктов молочной промышленности от разных производителей. На сегодняшний день задачами любого эффективно действующего предприятия, в том числе и по переработке молока, является поиск путей повышения конкурентоспособности производимой продукции. При этом необходимо учитывать обеспечение безопасности продукции наряду с высоким качеством и учётом требований потребителей. Это обусловлено тем, что молочная продукция является благоприятной средой для развития как полезной, так и патогенной микрофлоры, вызывающей пороки продукции, то есть при производстве и хранении продукции существуют высокие риски возникновения брака и опасности для здоровья потребителя. В связи с этим качество и безопасность пищевых продуктов является важнейшим условием предупреждения пищевых отравлений и инфекций. Пороки вкуса, запаха, консистенции делают продукт непривлекательным для покупателя, что приводит к снижению конкурентоспособности товара и нерентабельности производства.

Система менеджмента качества (СМК) для пищевой промышленности — важнейшее условие обеспечения безопасности продовольственной продукции. Ведь безопасность и качество продуктов являются теми необходимыми характеристиками, которые необходимо постоянно контролировать, для чего создаются специальные органы и разрабатываются системы менеджмента (СМК). В пищевой промышленности безопасность является основным требованием, которое предъявляется потребителями. Очевидно что употребление в пищу любой пищевой продукции не должно повлечь за собой пищевое отравление, а в составе самих продуктов не должно быть абсолютно никаких вредных ингредиентов. Следовательно, проблема разработки и внедрения на предприятиях пищевой промышленности СМК является как никогда актуальной.

Для эффективного решения проблем необходимо использовать потенциал менеджмента путём внедрения систем качества и международных стандартов. Ведь система менеджмента качества это средство для достижения определённых результатов на рынке. В современных условиях у конкурентов имеются большие возможности, чтобы изучить новый продукт, ставший лидером продаж, и приблизить качество своей продукции к его уровню. При этом преимущество получит то предприятие, которое сможет предложить потребителям приемлемое качество продукции по более низкой цене. Возможность достижения такого результата во многом зависит от наличия на предприятии системы качества, то есть присутствия главного фактора конкурентной борьбы, символа процветания предприятия. Увеличение ассортимента и масштабов выпуска молочной продукции, повышение её конкурентоспособности на этом сегменте рынка привело к тому, что на сегодняшний день системы менеджмента качества превратились в сложные системы. Связанные с глубоким изучением свойств, характеристик связей, процессов которые не возможны без при-

менения моделирования, анализа и оценки рисков, возникающих на производстве, изучении причин их возникновения, формирования номенклатуры показателей безопасности и качества, применения экспертных оценок в управлении качеством с целью минимизации рисков при производстве. В результате для большинства предприятий внедрение систем качества приведёт к значительному повышению пищевой безопасности, а успешная эволюция развития позволит удовлетворить дополнительные требования связанные с оценкой работы системы и её совершенствованием. Система менеджмента качества имеет положительный как внепроизводственный, так и внутрипроизводственный эффект. Внепроизводственный эффект: доверие потребителей к предприятию, улучшение имиджа предприятия, большая степень доверия финансовых учреждений, реализация требований потребителей на всех процессах предприятия при соблюдении законодательных рамок и соответствующих норм.

Разработка, внедрение и сертификация системы менеджмента качества на соответствие требованиям международных стандартов ISO даёт предприятиям следующие преимущества: улучшение менеджмента предприятия, превращение концепции качества в философию управления, эффективный подбор кадров и воспитание у персонала предприятий более осознанного отношения к обеспечению качества, наличие персонала всех уровней, обученного методам управления качеством, рост производительности труда за счёт снижения непроизводственных затрат, повышение темпов внедрения усовершенствований (например, продукции, технологий производства и пр.), обеспечение качества и безопасности продукции, удержание уже имеющихся потребителей, завоевание доверия новых, выход на зарубежные рынки, снижение издержек и как следствие, уменьшение оптовых и розничных цен, рост объёма продаж, соответственно прибыли, повышение престижа предприятия, снижение предпринимательских рисков, уменьшение количества рекламаций, получение маркетинговых преимуществ, увеличение доли предприятия на рынке. Внедрение системы менеджмента качества на предприятии позволяет сделать прозрачными и управляемыми все процессы деятельности предприятия. Что подтверждается выданным сертификатом соответствия на систему качества, являющимся гарантированным свидетельством того, что предприятие имеет возможность и способно выпускать качественную продукцию. Наличие данного сертификата даёт преимущество перед конкурентами и становится важным инструментом маркетинга, особенно при использовании в рекламных целях.

Разрабатывая СМК для пищевой промышленности в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 9001:2000, руководство предприятия должно выработать собственную систему осуществления мониторинга и определения критических значений особо важных параметров, которые будут контролироваться в ходе выполнения технологического процесса. Помимо этого необходимо разработать способы контроля и измерений параметров уже произведенной продовольственной продукции.

Литература:

1. Кривошин Д.А., Муравей Л.А., Роева Н.Н. и др. Экология и безопасность жизнедеятельности. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. - 47 с.
2. Правила проведения сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья. — С-Пб.: Изд-во “Пест-Принт”, 1999. - 18 с.
3. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96. — М., 1997. - 35 с.

Иерархический гистограммный кластерный алгоритм с выбором размерности пространства спектральных признаков для данных дистанционного зондирования Земли¹ Сокращение размерности данных кластерным алгоритмом

Сидорова Валерия Сергеевна, научный сотрудник
Институт вычислительной математики и математической геофизики
Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск)

Если спектральные данные дистанционного зондирования Земли составляют кластеры в какой-либо области спектра, то представляется возможным применить к данным кластерный анализ. Проведенная глобальная сегментация по результатам кластеризации позволит визуально сопоставить полученные области кластеров с известными наземными наблюдениями. Если часть объектов какого-то кластера известна, то кластерный анализ позволит найти и другие его объекты, более точно отследить границы, позволит также “поиграть” с окраской кластеров и более четко их увидеть. Кроме того, кластерный анализ определяет спектральные признаки кластеров как характеристики наиболее плотной (модальной) части кластера, разброс по каждому спектральному каналу, площадь кластеров и др. Кластеризация тем более актуальна, что многоспектральные данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) имеют огромный объем.

Кластеризация большого объема данных ДЗЗ обычно осуществляется двумя способами: по K центрам (заранее должно быть известно число кластеров K и приближенное распределение данных) и гистограммными. Здесь предлагается гистограммный алгоритм. Многомерная гистограмма рассматривается как плотность вероятности различных векторов. Трудностью гистограммных алгоритмов является большой объем оперативной памяти, который требуется для хранения гистограммы. Но используемый подход Нарендры [1] сохраняет лишь присутствующие на изображении вектора в виде определенным образом упорядоченного списка. Для ускорения построения гистограммы используется система хеширования. Для хранения векторов и гистограммы было предложено использовать два списка: основной и Shell [2], в котором вектора упорядочены определенным образом (по возрастанию компонент, как в словаре). Идея в том, что, если в основном списке хэш номеров место оказывается занято другим вектором, то этот другой вектор переносится в список Shell, а в основной список вносится новый вектор. Чередование списков при построении гистограммы обеспечивает быстроту поиска и экономит память. После просмотра изображения и построения гистограммы, оба списка объединяются.

Быстрый непараметрический алгоритм Нарендры позволяет полностью автоматизировать процесс кластеризации с целью распознавания данных. Он не требует а priori задания числа кластеров и их формы. Детальность кластеризации задается в нем, однако, произвольно. Она в алгоритме Нарендры определяется предварительным отсечением младших битов в каждом байте, соответствующем спектральному направлению. Хотя идея предварительного квантования пространства признаков, получения новых векторов объединением старых, а затем их кластеризации, обеспечивает получение унимодальных кластеров - и в этом ценность подхода Нарендры.

Отсечение каждого бита соответствует уменьшению числа квантовых уровней вдвое по соответствующему направлению. Такое изменение детальности приводило к резким скачкам в результатах кластеризации. Число полученных кластеров менялось на порядки. Также отметим, что как и большинство кластерных алгоритмов, алгоритм Нарендры не определял разделимость полученных кластеров, хотя качество кластеризации оценивается именно по разделимости кластеров [3]. В первоначальном виде алгоритм Нарендры был реализован автором этой статьи на БЭСМ-6 [4], затем перенесен на персональный компьютер [5].

Учитывая сложность сцены, то есть то, что существует вложенность кластеров: большие кластеры могут быть разделены на подкластеры, а также то, что в одной области данных кластеры наиболее разделены при одной детальности данных, а в другой области при другой, был разработан иерархический делимый гистограммный кластерный алгоритм с заданием отделимости кластеров в приложении к данным ДЗЗ [6]. На каждом этапе иерархии использовался гистограммный алгоритм Нарендры [1], который разделяет пространство признаков по унимодальным кластерам. Новый иерархический алгоритм предлагал автоматизировать процесс выбора максимальной детальности, учитывая разделимость кластеров, причем в различных областях данных разной детальности, обеспечивающей заданную отделимость кластеров d .

Для оценки отделимости кластера используется ранее предложенная автором мера [7]. Мера отделимости для отдельного унимодального кластера $m^j(n)$ (1), и мера качества распределения в целом $m(n)$ по $K(n)$ кластерам (2):

¹ Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00066) и Программы I.33П фундаментальных исследований Президиума РАН (проект № 0315-2015-0012).

$$m^j(n) = \frac{1}{B^j(n) \times H^j(n)} \sum_{i=1}^{B^j(n)} h_i^j(n), \quad (1)$$

$$m(n) = \frac{1}{K(n)} \sum_{j=1}^{K(n)} m^j(n), \quad (2)$$

где $h_i^j(n)$ значение гистограммы в i -той точке границы кластера j , $B^j(n)$ число точек границы кластера, $H^j(n)$ максимальное значение гистограммы.

Минимумы меры (2) соответствуют лучшим распределениям с наиболее разделенными кластерами в среднем. Всегда $m^j(n) \leq 1$ и $m(n) \leq 1$. Ценность этих мер в том, что они позволяют сравнивать распределения с тесно расположенными унимодальными кластерами, когда на их границах много общих векторов. Эти меры удовлетворяют условиям мер отделимости [3]: значения их убывает с увеличением расстояния между кластерами и ростом компактности кластеров (в смысле близости векторов кластера к модальному вектору). Кроме того, эти меры легко вычисляются, так как сравниваются скалярные значения гистограммы в центре и на границах кластеров. Границы кластеров легко находятся, используя списки соседей векторов, построенных как составная часть алгоритма Нарендры.

Устройство иерархического алгоритма следующее. Начиная с малого числа уровней квантования и постепенно его увеличивая, определяется распределение с наилучшим разделением (используя меру (2)) полученных кластеров. Затем на следующем этапе иерархии процесс повторяется внутри каждого полученного кластера, независимо от того, удовлетворяет ли кластер условию, что его отделимость (1) меньше заданного d ($0 < d < 1$), так как при большей детальности он может разделиться на хорошо разделяемые. Начальным значением числа уровней квантования является значение, полученное на предыдущем этапе иерархии для соответствующего кластера плюс один. Однако неудовлетворительные кластеры для дальнейшего деления объединяются в один ложный кластер. Весь иерархический процесс можно прекратить по заданию разных условий: либо числу этапов иерархии, либо из каких-то других физических соображений. Без задания условий он может остановиться, когда в каждом полученном кластере число уровней квантования достигнет заданного (максимально 255). Затем осуществляется автоматический анализ и возврат к тем детальностям, на которых кластеры были разделены по порогу d . Таким образом, осуществляется дифференцированный подход к различным областям данных, имеющих различную природу и различную разделяемость кластеров. Более подробно алгоритм описан в [6].

Исследованиями установлено, что для данных ДЗЗ с увеличением детальности существует предельная детальность, выше которой разделяемость кластеров становится хуже. Таким образом, задавая предельную отделимость кластеров, избегаем получения лишней дробности и получаем существенно меньше кластеров, чем прямым алгоритмом. Причем кластеры хорошо отделены.

Кроме определения детальности по кластерам, можно также дифференцированно (по кластерам) решить вопрос о сокращении числа измерений пространства спектральных признаков по сравнению с исходным (полученным со спутника). Эти два аспекта (число квантовых уровней и размерность собственного пространства) связаны между собой. Анализируем их связь. Квантование пространства признаков может производиться по разным правилам. Ранее в каждом спектральном направлении число уровней квантования сохранялось одинаковым. Однако, в общем случае, данные вытянуты вдоль какого-то направления, и правило квантования, обеспечивающее наименьшую потерю информации, требует различного подхода в различных направлениях, а именно: квантование должно сохранять ячейку квантования в форме гиперкуба (а не гиперпараллелепипеда). Это условие будет выполнено, если число уровней квантования вдоль каждой оси собственного пространства пропорционально квадратному корню из соответствующего собственного числа. (Собственное число характеризует разброс вдоль оси), а именно:

$$\frac{N_{e1}}{S_{e1}} = \frac{N_{e2}}{S_{e2}} = \dots = \frac{N_{ek}}{S_{ek}}, \quad (3)$$

где $N_{e1}, N_{e2}, \dots, N_{ek}$ числа уровней квантования для соответствующих собственных векторов по k ортонормированным осям, а $S_{e1}, S_{e2}, \dots, S_{ek}$ собственные числа.

То есть, правило (3) задает соотношение между числами уровней квантования по координатным осям. Зададим максимальное число уровней квантования в собственном пространстве равным $N_{em} = 255$, таково обычное число уровней серого для данных дистанционного зондирования по каждому измерению. Тогда, в соответствии с пропорциями (3) может быть найдено число уровней квантования и по другим осям собственного пространства. Для задач кластеризации это число должно быть больше или равно 2, иначе эта компонента одинакова для всех векторов и никакой роли в кластеризации не играет. Таким образом, если отношение $\frac{S_{em}}{S_{ex}} < 2$, то соответствующая ось x может не рассматриваться, и мы

получаем сокращение размерности пространства признаков.

При решении задачи внутри кластера (построении ковариационной матрицы) используется уже построенная ранее гистограмма признаков в виде определенным образом организованного списка. Рассмотрим пример. Анализируется пятиспектральное изображение поверхности Земли со спутника NOAA 17 от 7.04.2003, объем около 4 мегабайт. Спектральные каналы следующие: 1) 0,58-0,68 мкм, 2) 0,725 - 1 мкм, 3) 3, 55 - 3,93 мкм, 4) 10,3-11,3 мкм, 11) 11,5-12,5 мкм. На рис.1 представлено изображение в одном из каналов с показом некоторых пунктов для ориентировки. В нижней части снимка формирование вихря, озера; в верхней в основном — тающие снега, тайга Сибири.

Кластеры с площадью меньше 100 пикселей отнесены в фоновый. На рис.3 карта для семи этапов иерархии, $d=0,12$. Получено 29 кластеров. Все кластеры унимодальные в своей области детальности. Фонового кластера нет. Данные кла-

стеров, соответствующих суши, имеют размерность, равную трем, облака в основном размерность, равную четырем, но полупрозрачные облака требуют пятиспектрального рассмотрения.

Число кластеров оказалось меньше, чем для варианта без сокращения размерности. Время вычислений оказалось в три раза меньше, чем для пятиспектрального варианта и составило несколько минут на одноядерном компьютере РК 1.6 ГГц 512 МБ.

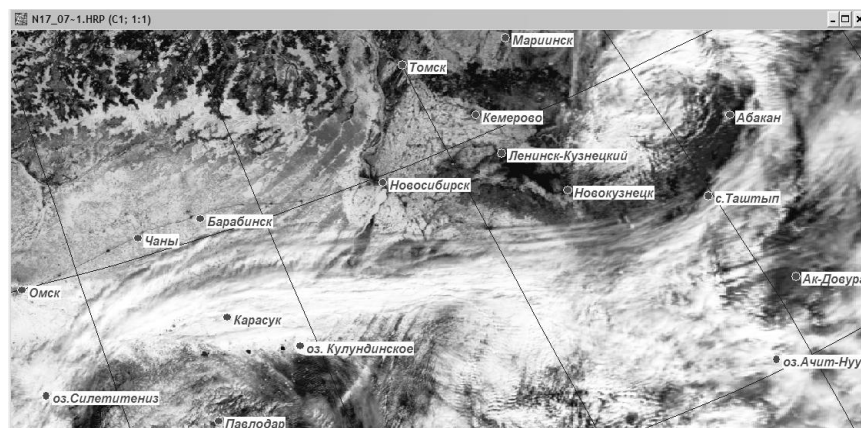


Рис. 1. Исходное изображение в видимой части спектра.



Рис. 2. Кластеризация иерархическим гистограммным алгоритмом с поиском размерности по кластерам; 7 этапов иерархии; задано $d=0,12$; получено 29 кластеров

Другой пример. Здесь размерность была сокращена перед использованием алгоритма кластеризации. На рис. 3 представлено изображение района Улан-Удэ; цель - выделение области загрязнения территории. Это семиспектральное изображение Бурятии со спутника “Landsat-8”. Исходный файл предоставлен сибирским центром ФГПУ НИЦ “ПЛА-НЕТА”. Построение ковариационной матрицы спектральных данных для всего изображения и ее диагонализация методом Якоби [8] показало, что можно рассматривать три измерения без существенной потери информации. Сокращение размерности приводит к экономии компьютерного времени. К преобразованным данным был применен делимый иерархический гистограммный алгоритм кластеризации с порогом отделимости кластера $d = 0,015$. Затем проведена глобальная сегментация, и полученная карта унимодальных кластеров представлена на рис.4.

Кластеры с фиолетовыми и темно-зелеными оттенками соответствуют загрязненным территориям, рассчитаны их площади, координаты, модальные вектора и др. Таким образом, исходный семиспектральный файл объемом около 36 Мбайт был разделен на 54 унимодальных кластера, каждый с отделимостью не хуже $d = 0,015$ за несколько минут на одноядерном компьютере.

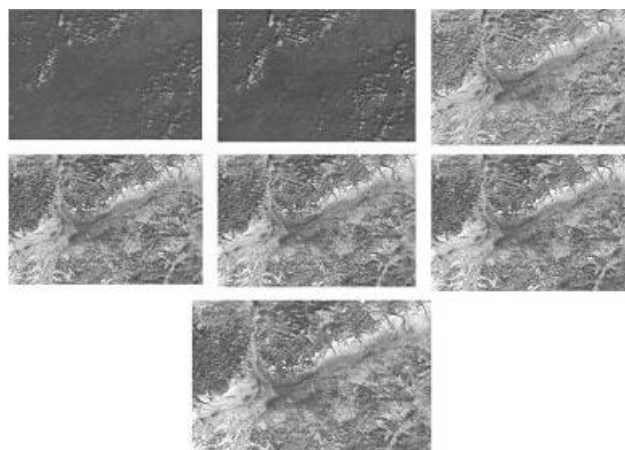


Рис. 3. Семиспектральное изображение со спутника “Landsat-8”, район Улан-Удэ

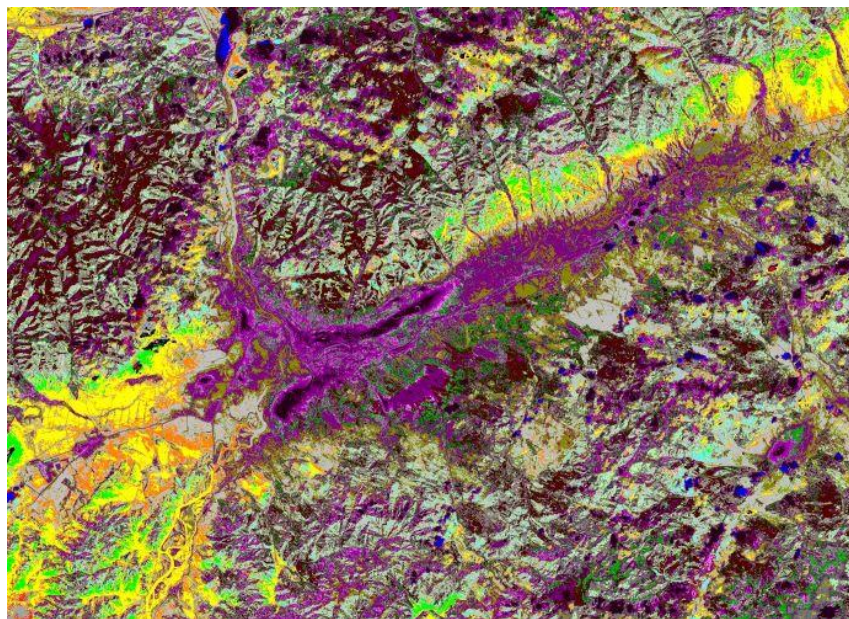


Рис.4. Кластерная карта, полученная делимым иерархическим гистограммным алгоритмом. 15 этапов иерархии. $d = 0,015$. Получено 54 кластера (включая маленькие вплоть до 1 пикселя). Загрязнение: лиловые и темно-зеленые оттенки

Литература:

1. Narendra P.M. and Goldberg M. A non-parametric clustering scheme for LANDSAT // Pattern Recognition. — 1977 — 9 — P. 207 -215.
2. V. S. Sidorova. Separating of the Multivariate Histogram on the Unimodal Clusters. // Proceedings of the Second IASTED International Conference “Automation Control and Information Technology”. — Novosibirsk. — 2005. — P. 267–274.
3. M. Halkidi, Y. Batistakis and M. Vazirgiannis. On clustering validation techniques // Journal of Intelligent Information Systems. 2001, No.17 (2-3), P.107-132.
4. Сидорова В.С. Кластеризация многоспектральных изображений с помощью анализа многомерной гистограммы // Новосибирск. Сб. Математические и технические проблемы обработки изображений. СО АН СССР. — 1986 —. СС. 52-57.
5. Сидорова В.С. Классификация многоспектральных космических изображений поверхности Земли с помощью разделения многомерной гистограммы по унимодальным кластерам // Ж. Вестник КазНУ., сер. географическая. — 2004 —. N 2(19) —. СС. 206-210.
6. V.S. Sidorova. Detecting Clusters of Specified Separability for Multispectral Data on Various Hierarchical Levels // Pattern Recognition and Image Analysis. 2014, — Vol. 24, No. 1. — P. 151-155.
7. Сидорова В.С. Оценка качества классификации многоспектральных изображений гистограммным методом // Автометрия. — 2007. — Том 43. — №1. — СС. 37- 43.
8. Калиткин Н.Н. Численные методы. Москва. “ Наука ”. 1978. С. 512.

Оптимальный структурно-параметрический синтез контуров управления беспилотных летательных аппаратов

Корнилов Валерий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;
Синявская Юлия Адольфовна, кандидат технических наук, доцент
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Представлено описание интегрированного интерактивного программного комплекса «Синтез Рулевых Исполнительных Устройств» («СИРИУС»), предназначенного для решения задачи оптимального структурно-параметрического синтеза контура управления беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с электрическим исполнительным устройством (ИУ) в качестве подсистемы. Данная постановка задачи проектирования используется на этапе определения обличковых характеристик подсистем контура управления БПЛА. Оптимальные обличковые параметры модели контура управления используются при дальнейшем проектировании элементов контура управления на более низком иерархическом уровне.

С точки зрения системного подхода и оптимизационного характера задач проектирования, задача оптимального структурно-параметрического синтеза контура управления БПЛА формулируется как: *Определение обличковых характеристик контура управления БПЛА и электрического исполнительного устройства, как его подсистемы, при условии удовлетворения требований к динамическим характеристикам контура управления и при условии минимизации энергетических затрат на управление.*

В качестве глобального энергетического критерия качества используется экстремальная оценка в виде минимального значения максимальной мощности, затрачиваемой исполнительным устройством на управление БПЛА, в форме $\min N_{\max}(F)$ [1, с. 77] где

- $N_{\max}$ - максимальная полезная мощность ИУ;
- F - жесткость механической характеристики ИУ.

Требования к динамическим характеристикам контура управления БПЛА рассматриваются в качестве функциональных ограничений.

Преимуществом представления критерия в виде зависимости максимальной полезной мощности привода $N_{\max}$ от жесткости механической характеристики привода F является возможность объединения на плоскости $N_{\max}(F)$ произвольного набора указанных зависимостей, каждая из которых представляет решение задачи оптимизации $\min N_{\max}(F)$ для конкретного закона движения объекта управления $\delta(t)$ и конкретного вектора параметров объекта управления $\bar{p}_n(t)$. Объединение зависимостей $N_{\max}(F)$ для произвольного набора законов движения объекта управления $\delta_i(t), i = \overline{1, n}$ позволяет определить такой набор параметров ИУ, при которых ИУ будет в состоянии выполнить все заданные законы движения объекта управления при различных векторах параметров объекта управления $\bar{p}_n(t)$. При этом вектора параметров объекта управления $\bar{p}_n(t)$ могут быть как стационарными, так и нестационарными, и могут содержать нелинейные элементы. Оптимальная зависимость $N_{\max}(F)$ в дальнейшем рассматривается в качестве функционального ограничения при проектировании энергетического канала ИУ.

Интегрированный интерактивный программный комплекс «СИРИУС» реализует методику системного проектирования ИУ в контуре управления БПЛА, представленную в работе [2], основанную на применении метода иерархической оптимизации в виде многоуровневого итерационного процесса.

В качестве примера работы системы «СИРИУС» приводится решение задачи структурно-параметрического синтеза контура стабилизации (автопилота по каналу тангажа) БПЛА с рулевым электроприводом в качестве подсистемы.

В общем виде схема автопилота по каналу тангажа может быть представлена в виде схемы, изображенной на рис.1.

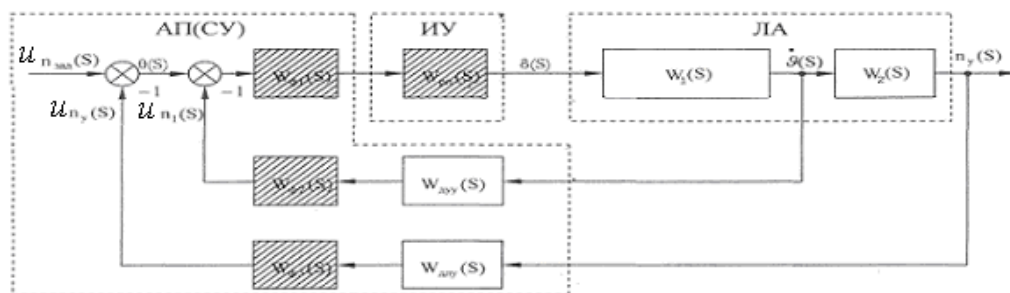


Рис. 1. Обобщенная схема автопилота БПЛА по каналу тангажа

На рис. 1 заштрихованные блоки представляют неизвестные элементы с точки зрения структуры и параметров, белые блоки являются известными элементами. На данной схеме неизвестными элементами являются элементы системы управления и исполнительного устройства. Известными элементами модели автопилота являются модель летательного аппарата (ЛА) и модели датчика угловых ускорений (ДУУ) и датчика линейных ускорений (ДЛУ). Передаточные функции и параметры линеаризованных моделей ЛА, ДУУ и ДЛУ известны.

Требования к динамическим характеристикам автопилота заданы максимально допустимым уровнем перегрузки $\bar{n}_3(t)$ и динамикой процесса выхода летательного аппарата на этот уровень (рис. 2).

На рис. 2 используются следующие обозначения:

$$\bar{n}_3(t) = \{n_{31}(t), \dots, n_{3m}(t)\},$$

$$\bar{t}_1 = \{t_{11}, \dots, t_{1m}\},$$

$$\bar{\sigma}_3 = \{\sigma_{31}, \dots, \sigma_{3m}\},$$

$$n_i(t_{1i}) \geq n_{3i}, i = \overline{1, m},$$

$$\sigma_i \leq \sigma_{3i}, i = \overline{1, m},$$

где:

- $\bar{n}_3(t)$ - вектор командных сигналов по перегрузке;
- $\bar{t}_1$ - вектор времени первого «выхода» переходного процесса перегрузки на заданное значение (быстродействие);
- $\bar{\sigma}_3$ - вектор заданных граничных значений перегрузки;

• m — размерность вектора командных сигналов по перегрузке (количество заданных законов перегрузки — количество режимов функционирования автопилота).

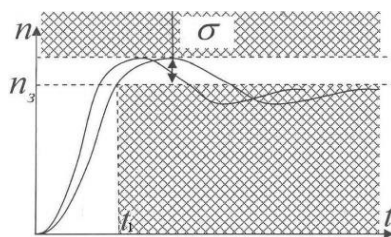


Рис. 2. Переходный процесс перегрузки

Для заданных режимов функционирования автопилота заданы параметры ЛА, ДУУ и ДЛУ.

Необходимо определить структуру модели автопилота и его параметры при условии выполнения требований к динамическим характеристикам перегрузки (рис. 2) и при условии минимизации максимальной мощности $\min N_{\max}(F)$, затрачиваемой рулевым приводом на выполнение заданных законов движения выходного вала привода.

Согласно методике, представленной в работе [2], для каждого режима функционирования автопилота определяются:

- структура модели автопилота;
- вектор оптимальных параметров автопилота $\bar{p}_{АП}(t)$ и вектор оптимальных параметров эквивалентной модели рулевого привода $\bar{p}_{РП}(t)$;

• значение глобального критерия качества — минимальное значение максимальной мощности

$N_{\max}^*(F^*) = \min N_{\max}(F)$:

- оптимальная зависимость $N_{\max}^*(F)$.

Фиксация значений оптимальных параметров $\bar{p}_{РП}(t)$ для режима с максимальным значением критерия $N_{\max}^*(F^*) = \min N_{\max}(F)$ позволяет решить задачу уточнения оптимальных параметров $\bar{p}_{АП}(t)$ для остальных режимов при фиксированном векторе параметров $\bar{p}_{АП}(t)$.

Объединяя полученные уточненные зависимости $N_{\max}^*(F)$, определяется значение критерия качества $N_{\max}^*(F^*) = \min N_{\max}(F)$ и соответствующая ему оптимальная результирующая зависимость $N_{\max}^*(F)$, соответствующая всем заданным режимам функционирования автопилота (рис.3).

На рис. 3 оптимальная результирующая зависимость $N_{\max}^*(F)$ состоит из двух участков I и II, принадлежащих двум различным зависимостям $N_{\max}(F)$, соответствующим двум режимам функционирования автопилота. Минимальное значение максимальной мощности $N_{\max}^*$ и соответствующее значение F^* характеризуют значение глобального критерия качества $\min N_{\max}(F)$.

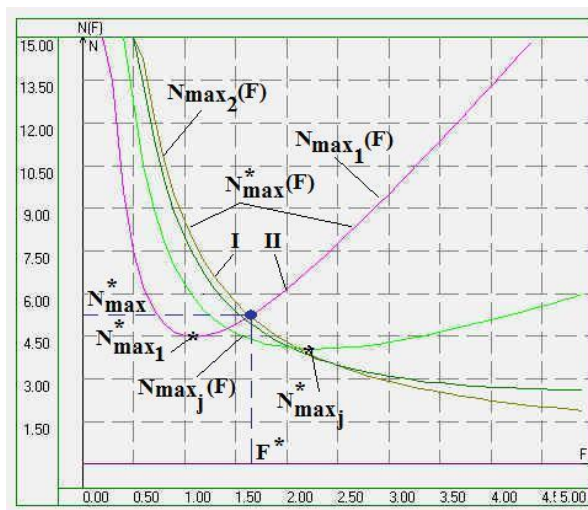


Рис. 3 Оптимальная результирующая зависимость $N_{\max}^*(F)$

Программный комплекс «СИРИУС» также может применяться при решении задачи оптимального синтеза стохастической модели автопилота при стохастическом критерии оптимальности и при представлении входных сигналов $\bar{n}_3(t)$ в виде нестационарных случайных процессов.

Интегрированный интерактивный программный комплекс «СИРИУС» представляет собой иерархический про-

граммный комплекс, состоящий из взаимосвязанных программ, каждая из которых реализует определенную часть общего алгоритма проектирования и может использоваться в качестве независимого программного обеспечения при решении ряда частных задач [3].

Литература:

1. Корнилов В.А. Основы автоматики и привода летательных аппаратов, Учебное пособие — М., изд-во МАИ, 1991- 84 стр.
2. Синявская Ю.А., Корнилов В.А. Иерархическая оптимизация в задачах проектирования систем автоматического управления - электронный журнал «Труды МАИ», выпуск N 44 от 4 мая 2011 года.
3. Синявская Ю.А. Программа «Оптимизация энергетических характеристик исполнительных устройств авиационной автоматики», зарегистрирована в Федеральном органе исполнительной власти по интеллектуальной собственности от имени МАИ (Свидетельство N 2012614659 от 24.05.2012 г.).

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Основные направления борьбы с потерями зерна при хранении

Агапкин Александр Матвеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
РЭУ им. Г.В. Плеханова (г. Москва)

Аннотация. Показано, что масса зерна при хранении может меняться в результате процессов естественной убыли, а также сорбции и десорбции. Потери сверх норм естественной убыли связаны с нарушением технологии хранения и порчей продукта. Даны рекомендации по сохранению качества зерна в современных условиях

Ключевые слова. Зерно, потери, зерновая масса, равновесная влажность, критическая влажность, микрофлора, самосогревание, сорбция, десорбция.

Борьба с потерями продовольственных товаров имеет важное значение во всей производственной технологической цепочке от поля до прилавка магазина. По данным Международной организации по продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО при ООН) в процессе хранения теряется и не доходит до потребителя 10-20% зерномучных и до 30 % плодовоовощных товаров. Согласно научно обоснованным нормам списания, при хранении сыпучих неупакованных продуктов, таких как зерно, мука, крупа, между продуктом и окружающим воздухом происходит постоянный влагообмен (влагоперенос), т. е. сорбция или десорбция. Интенсивность процессов сорбции и десорбции зависит от состояния продукта, с одной стороны, и параметров омывающего продукт воздуха (главным образом, температуры и влажности), с другой. Сорбция, или увлажнение, протекает в том случае, если давление водяных паров над продуктом выше, чем в микро- и макрокапиллярах самого продукта. Десорбция, или подсыхание, имеет место, когда давление водяных паров в продукте выше, чем в окружающем воздухе. Если давление паров выравнивается, то наступает так называемое состояние равновесной влажности, т. е. динамическое равновесие, при котором число молекул воды, покинувших продукт, равно числу молекул, попавших в него. Равновесная влажность основных зерновых культур колеблется в пределах 12-25% и устанавливается за 10-30 суток хранения. Равновесная влажность зависит от химического состава, в частности, от соотношения белков и жиров в продукте. Чем больше белков, тем выше равновесная влажность, а чем больше жиров, тем равновесная влажность ниже. С понижением температуры равновесная влажность уменьшается и может снизиться до 1,4%. В связи с этим учёт изменений массы продуктов при товародвижении предусматривает, что хранение сухого зерна, привезённого из сухих южных районов, сопровождается увеличением массы, и наоборот, зерно подсыхает, находясь в сухой атмосфере. Учёт потерь при хранении начинают с контроля влажности продукта в начале и конце хранения. Принимают также во внимание сезонные колебания влажности воздуха и отсутствие снижения качества продукции [24].

Равновесная влажность зерна тесно связана с такими понятиями как явление сорбционного гистерезиса, критическая влажность и термовлагопроводность.

Явление сорбционного гистерезиса имеет не только теоретическое, но и практическое значение, поскольку партии одного и того же зерна находясь при одной и той же влаж-

ности воздуха могут иметь разную равновесную влажность. Это связано с влиянием способа, которым было достигнуто равновесие (сорбция или десорбция). Равновесная влажность зерна, полученная увлажнением (сорбцией) меньше чем после сушки или десорбции. Разница может составлять 1,2 -1,4 %.

В практике работы с зерном важно учитывать значение критической влажности. Критическая влажность это уровень влажности, при котором в зерне появляется свободная или капельно-жидкая влага, которая способствует резкому увеличению биохимических и микробиологических процессов. Критическая влажность также как и равновесная влажность зависит от химического состава зерна. Так уровень критической влажности зерна масличных культур составляет 8-10%, бобовых 16-18%, зерновых злаковых культур около 15%. Хранить зерно рекомендуется на 1-2% ниже уровня критической влажности. Разные компоненты зерновой массы обладают и разной сорбционной емкостью. Самой высокой гигроскопичностью характеризуются сорная и зерновая примеси, в том числе органическая примесь, семена сорняков, щуплые, мелкие и битые зерна. Влага в отдельно взятом зерне также распределяется неравномерно. При прочих равных условиях самыми влажными становятся зародыш, оболочки и клетки алейронового слоя, а самой сухой остается основная часть зерна, эндосперм.

Процессы сорбции и десорбции зерновой массы и отдельной зерновки также протекают по-разному. Так при хранении зерновой насыпи в складе влагообмен между зерном и омывающим его атмосферным воздухом охватывает только верхний слой, около 4-6 см. Состояние остальной массы зерна остается прежней. Влажность же созревшего зерна в колосе в полевых условиях и влажность отдельных зерен поверхности насыпи может сильно меняться даже в течение суток. Процессы влагообмена также ускоряются и в зерновой насыпи при конвективном движении воздуха межзернового пространства. Такое явление называют термовлагопроводностью. Термовлагопроводность это перемещение влаги вместе с потоком тепла при перепаде (градиенте) температур между слоями насыпи или стенами хранилища. В результате холодные участки насыпи становятся более влажными из-за притока сюда влаги в виде пара и образования водяного конденсата, что увеличивает риск самосогревания и плесневения. Отрицательная сторона термовлагопроводности имеет место даже в сухом зерне стандартной влажности. Поэто-

му, в практике работы с зерном это обязательно учитывают. Так для отражения тепла солнечной радиации снаружи стены зерно и семенохранилищ белят или красят в белый цвет. Мешки с зерном размещают на специальные деревянные поддоны, которые обеспечивают воздушную изоляцию продукта от пола. Между стенами и потолком также оставляют воздушные промежутки. Полы хранилищ, как правило, асфальтируют, бетонные плиты и бетонирование не применяют, поскольку бетон притягивает холод.

Нормы списания учитывают нормируемую, или естественную убыль, которая складывается из процессов дыхания и распыла. Эти нормы применяют в том случае, если имеет место недостача и приняты во внимание изменения массы вследствие изменения влажности продукта. Дыхание приводит к уменьшению количества сухих веществ в результате образования углекислого газа и воды. Распыл - это потеря пылевидных частиц продукта при погрузо-разгрузочных операциях (например, при трении зерна о зерно и трении зерна о механические части машин). По существующим нормам на дыхание и распыл можно списать, в зависимости от способа хранения, 0,08-0,1% от массы зерна за год. Фактические же потери, как указывалось выше, в 100-200 раз превышают научно обоснованные нормы.

Потери, которые выходят за рамки естественной убыли и связаны с нарушением технологии хранения, называют ненормируемыми или актируемыми потерями. При наличии актируемых потерь на предприятии составляется документ или акт, в котором указываются причины потерь и перечисляются виновные лица. Акт готовит специальная комиссия в составе не менее 5-6 человек. В комиссию обязательно включают товароведов, начальника предприятия, бухгалтера, материально ответственное лицо, представителя страховой компании, юриста и других заинтересованных лиц.

Анализ причин актируемых потерь зерноучастных продуктов показывает, что основной урон наносят мышевидные грызуны и птицы, а также вредители хлебных запасов из класса насекомых (амбарный и рисовый долгоносики, малый и большой мучной хрущак, зерновой точилицик, зерновые моли) и паукообразных (клещи). Нарушение технологии хранения приводит к потерям от самосогревания и плесневения и просыпям при транспортировании.

Важно полностью исключить все предпосылки, которые могут привести к самосогреванию и плесневению, такие как закладка на хранение сырого зерна с влажностью выше критического уровня, термовлагодисперсионность, наличие вредителей хлебных запасов, а также большое содержание примесей в зерне. Самосогревание это процесс самопроизвольного увеличения температуры в зерне в следствии биохимической и микробиологической активности компонентов зерновой массы. Процесс самосогревания имеет свои особенности. Так в свежесобранном сыром зерне всего за несколько часов хранения температура может достигнуть 40-50 градусов, в то время как в сухом зерне

самосогревание может растягиваться на годы. В любом случае об активной фазе самосогревания можно говорить только тогда когда температура в продукте достигает +25 градусов. Эта температура считается критической, поскольку приводит к быстрому развитию плесневых грибов, которые продуцируют тепло в большом количестве. Накопление тепла в зерне зависит от ее скважистости (доля межзернового пространства в процентах от общего объема зерновой массы) и может достигать +50 - (+60) градусов. В результате зерно полностью теряет свои потребительские качества, превращается в темный монолит с неприятным запахом и ядовитыми свойствами, которое требует специальной утилизации [2,5].

Регистрируются также потери, связанные с форс-мажорными обстоятельствами (пожары, ураганы, техногенные аварии, наводнения и пр.)

Современные способы снижения потерь зерноучастных продуктов при хранении основаны на принципах экологического товароведения, которое исключает использование радиационной дезинсекции, отравленных приманок, фумигантов и других ядохимикатов. Предпочтение отдается профилактическим или предупредительным мерам и регулярным санитарным мероприятиям [1]. Важным приемом борьбы с потерями от мышевидных грызунов является строительство и использование крысонепроницаемых зерно- и семенохранилищ, которые оборудованы специальными материалами, сетками, решётками. Рекомендуется также использовать репелленты природного происхождения, ультразвуковые установки, естественных врагов из мира животных и микробов-возбудителей некоторых инфекционных заболеваний. Современные экологические способы борьбы с вредителями хлебных запасов основаны на особенностях их биологии и предусматривают применение ядохимикатов только в крайнем случае [3]. Так, простое просушивание зерна до влажности ниже 15-16% приводит к полному обезвоживанию и гибели амбарных клещей. Активное вентилирование зерна горячим (50-55°C) или холодным (-10 -15°C) воздухом в течение нескольких часов убивает долгоносиков и других насекомых, поскольку оптимальная температура их жизнедеятельности составляет 28-30°C.

Свежесобранное зерно должно пройти период послеуборочного дозревания, которое приводит к улучшению его технологических и посевных качеств. Этот период составляет 1-2 месяца и зависит от температурного режима (+15-(+20) градусов). Для посева озимых культур в оптимальные сроки создают специальные переходящие фонды, где хранят стандартный посевной материал от 3 до 5 лет.

Таким образом, на современном этапе развития технологии хранения созданы предпосылки для снижения потерь зерноучастных товаров без применения ядохимикатов, которые основаны на принципах экологического товароведения. Затраты на использование более дорогих экологических мероприятий по сохранению и повышению качества продукции окупаются спросом современного покупателя на экологически чистые продукты.

Литература:

1. Елисеев М.Н., Агапкин А.М., Горожанин П.П. Некоторые вопросы современного экологического товароведения продовольственных товаров. В кн.: Международные тенденции развития товароведения и подготовки бакалавров. — М.: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2012, с. 78.
2. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. - М.: Агропромиздат, 1986.
3. Валова (Копылова) В. Д. Основы экологии. - М.: Дашков и К^о, 2002.
4. Личко Н.М., Елисеева Л.Г., Агапкин А.М. К 100-летию со дня рождения профессора Л.Н. Трисвятского. Товаровед

продовольственных товаров. 2012. №5. С.42-49

5. Агапкин А.М. Исследование свежесобранной зерновой массы с целью совершенствования послеуборочной обработки семян в условиях Нечерноземной зоны РСФСР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Московская ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 1983

6. Агапкин А.М. Совершенствование методов ОЦЕНКИ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ КАЧЕСТВ зерна МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ. Наука и современность. Сборник научных работ XIII Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения. М, 2016.- 38-39 с.

Изучение особенностей семенного размножения *Allium nutans* L.

Муллагулов Рагиз Юмагилдеевич, кандидат биологических наук, доцент
Национальный парк «Башкирия» (Мелеузовский район, с. Нугуш)

Муллагулова Эльвира Рафиковна, кандидат биологических наук
Институт региональных исследований Республики Башкортостан (г. Сибай)

*Приведены результаты изучения биологии семенного размножения редкого вида *Allium nutans* L. в целях разработки методики восстановления малочисленных популяций*

Ключевые слова: лук поникающий, семенное размножение, восстановление малочисленных популяций.

Лук поникающий (*Allium nutans* L.) — многолетнее травянистое растение из семейства Луковые (*Alliaceae*). Редкий вид, внесен в Красные книги Республики Башкортостан и Курганской области.

Распространен лесостепной и степной зоне Западной Сибири (Тюменская область, Курганская область, Омская область, Новосибирская область, Кемеровская область, Алтайский край, Республика Алтай, Хакасия, Красноярский край, Тува) и прилегающих районов Северного Казахстана, в лесостепной зоне Челябинской области [2, с.388]. Южном Урале [1, с.62].

Произрастает в степях, на луговых и каменистых склонах, в сосновых остепненных борах и лугах, на лесных полянах. Размножение семенное и вегетативное. Лимитирующими факторами являются слабая экологическая пластичность и низкая конкурентоспособность вида, распашка степей, перевыпас и массовый сбор местным населением в качестве пищевого растения [1, с. 62]. В то же время вид характеризуется значительной устойчивостью к антропогенным воздействиям [3, с.11].

На территории Республики Башкортостан вид нигде не охраняется, встречается в Башкирском Зауралье и на Южном Урале (Абзелиловский район, в восточных предго-

рях хребтов Крыкты и Ирендык, гора Куркак) [1, с. 62]. За пределами Республики Башкортостан вид охраняется в заповедниках Керженский, Катунский, Алтайский, Хинганский, Сихотэ-Алинский. На Южном Урале охраняется на территории памятников природы Челябинской области - «Карагайский бор», «Уйский бор», «Джабык-Карагайский бор».

В Республике Башкортостан с 2003 года ведутся планомерные мероприятия по искусственному увеличению численности популяций редких видов в природных условиях [3, с.11]. С целью разработки методики восстановления численности популяции лука поникающего в естественных условиях были исследованы параметры репродуктивной биологии вида на примере одной из немногочисленных местообитаний на Южном Урале. Выбранная популяция вида находится на территории Баймакского района (окрестности д. Туркменево) на юго-западном склоне холма в составе растительных сообществ, отнесенных в класс *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. 1943, порядок *Festucetalia valesiacae* Br.-Bl. et Tx. ex Br.-Bl. 1949, союз *Festucion valesiacae* Klika 1931 - сообщества настоящих и луговых степей [4, с.47].

Таблица 1. Данные репродуктивной биологии лука поникающего

Количество растений, шт.	Общее количество семян, шт.	Всхожесть, %	С, %	Энергия прорастания, %	С, %
30	2740	95,77 ± 4,86	5,07	53,55 ± 14,03	26,20

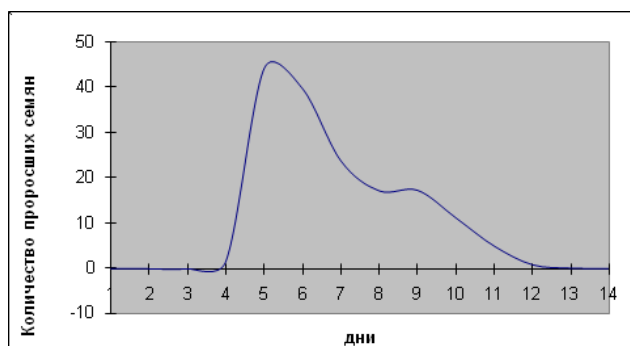


Рис.1. График прорастания семян

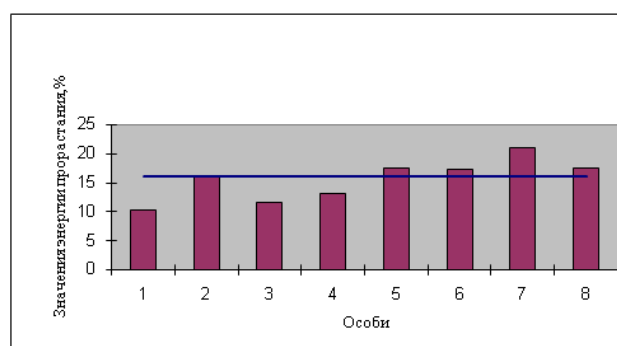


Рис.2. Значения энергии прорастания семян

В лаборатории экологии и рационального природопользования Института региональных исследований РБ была изучена семенная продуктивность вида и всхожесть семян, собранных в естественном местообитании (табл.1). Исследование проведено по общепринятой методике определения всхожести и энергии прорастания семян. Эксперимент был заложен после 6 месяцев хранения семян. Установлено, что массовое прорастание семян приходится на 5-6 дни, с постепенным снижением на 12 — 13 дни (рис.1). Средние показатели всхожести семян составили $95,77 \pm 4,86 \%$, энергии прорастания - $53,55 \pm 14,03 \%$.

Литература:

1. Красная книга Республики Башкортостан. Т.1. Редкие и исчезающие виды сосудистых растений / Авторы - сост. Е.В. Кучеров, А.А. Мулдашев, А.Х. Галеева. — Уфа: Китап, 2001. - 280 с.
2. Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург — Миасс: «Геотур», 2005. — 537 с.
3. Мулдашев А.А., Галеева А.Х., Маслова Н.В., Миркин Б.М. Красная книга Республики Башкортостан: опыт формирования списка редких видов растений. // Вестник Академии наук РБ. — Уфа, 2008. Том 13, №3. - С.5-13.
4. Ямалов С.М., Мартыненко В.Б., Абрамова Л.М., Голуб В.Б., Баишева Э.З., Баянов А.В. протомус растительных сообществ Республики Башкортостан. — Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. - 100 с.

УДК 577.152.3

Нитратно-нитритный фон существования современного человека и продолжительность жизни

Реутов Валентин Палладиевич, доктор биологических наук
Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН

Нитратно-нитритный фон существования современного человека может действовать, как химический (нитрозативный) стресс. Этот стресс в совокупности с «кислородным» (оксидативным) стрессом способен породить образование пероксинитритов, диоксида азота (NO₂) и ОН-радикалов. Последние чрезвычайно активные соединения способны оказывать повреждающее действие практически на все биохимические, низко- и высокомолекулярные соединения, в том числе на белки, ненасыщенные жирные кислоты, входящие в состав липидов мембран, гуаниновые основания ДНК. Другими словами, воздействие нитратно-нитритного фона и веществ, порождаемых им, может явиться той общей повреждающей компонентой, которая сопровождает и модулирует течение практически всех известных заболеваний и приводит к сокращению средней продолжительности жизни. Одними из мишеней и «свидетелей» протекания этих процессов являются тирозиновые остатки белков, которые подвергаются свободнорадикальному нитрованию с образованием нитротирозина. В настоящее время нитротирозин обнаруживают при развитии большинства известных заболеваний, которые сопровождаются гипоксией/ишемией, отеками и воспалительными процессами. В работе развиваются представления, о фундаментальной роли циклической структурно-функциональной организации живых организмов, включая свободнорадикальные процессы. По мнению автора работы, механизм антирадикальной защиты клеток и организма в целом, прежде всего, заложен в самой циклической организации тех метаболических процессов, которые сопряжены с образованием свободных радикалов. Нарушение этого циклического механизма может явиться одной из причин развития многих заболеваний, в основе которых лежит активация свободнорадикальных процессов, которые приводят к сокращению продолжительности жизни.

Ключевые слова: продолжительность жизни в России и в мире, влияние нитратов и нитритов на продолжительность жизни, оксид азота (NO), циклы оксида азота и супероксидного анион-радикала, принцип цикличности в биологии и медицине.

Введение. Любая крупная теоретическая проблема должна находить практическое воплощение, а прикладные исследования — подвергаться анализу, теоретическому обоснованию, вплоть до построения обобщающих концепций, теорий и формулировки новых принципов. В соответствии с этими принципами и установками нами были проведены исследования, основные результаты, их анализ и обобщение, в краткой форме представлены ниже. Более подробно их можно найти в литературе [1-4, 10, 11, 15, 17, 18-20, 22-43, 45-88, 90-115, 117, 119, 120-122, 124-131, 133-151].

Практическое воплощение. Современный человек живет в условиях постоянно воздействия на его организм

Выявлена относительно высокая вариабельность энергии прорастания семян разных растений вида при довольно высокой всхожести семян почти всех изученных экземпляров. На рис.2 приведены значения параметра для семян, собранных с 8 растений, сплошной линией отмечено среднее значение параметра.

Полученные данные по репродуктивной биологии будут использованы при проведении специальных мероприятий по восстановлению численности малочисленных популяций вида в регионе.

нитратов и нитритов, которые способны превращаться в NO и тем самым влиять на системы внутри- и межклеточной сигнализации [1, 6, 7, 10, 11, 76, 85, 116, 118, 132]. В некоторых случаях NO, продуцируемый из нитритов, поступающих в организм вместе с водой, пищей и лекарственными соединениями, может превосходить (на порядок и выше) концентрации всех известных газотрансмиттеров, участвующих во внутри- и межклеточной сигнализации [52, 83].

Изучая механизмы токсического действия нитратов и нитритов на организм человека и животных, мы обратили внимание на изменение средней продолжительности жизни

ни в развитых странах в период с 1945 по 1975 гг. Оказалось, что к 1960 г. практически во всех развитых странах мира, средняя продолжительность жизни неуклонно росла, за исключением СССР. Более того, Япония, пережившая в 1945 г. 2 атомных взрыва в Хиросиме и Нагасаки, стала после 1960 г. активно восстанавливаться и средняя продолжительность жизни в этой стране медленно, но уверенно увеличивалась. Возник вопрос: какие факторы в СССР могли бы так отрицательно действовать на изменение средней продолжительности жизни, которые по силе воздействия способны были превзойти (через 15 лет) последствия атомных взрывов в Японии?

В период с 1930 по 1960 гг. производство азотных удобрений в СССР выросло в 1500 раз. Выросло также и количество азотных удобрений, вносимых в почву. Не могли ли азотные удобрения и экзогенные нитраты и нитриты оказать столь мощное воздействие на организм человека и животных, которое так повлияло на среднюю продолжительность жизни в СССР? Институтом высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР была проведена работа по изучению воздействия нитритов на организм млекопитающих, которая была зарегистрирована Государственным Комитетом по делам открытий и изобретений СССР как научное открытие за №148. В дальнейшем были предложены меры, снижающие активность нитритредуктазных систем и степень воздействия азотных удобрений на организм человека и животных. Эти исследования и практические рекомендации были отмечены в Академии наук СССР (Отчет академика-секретаря отделения физиологии П.Г. Костюка), как одно из наиболее важных достижений в области физиологии за 20-летний период (1963-1983 гг.), имеющих прикладное значение [21]. Эти исследования были также отмечены одной серебряной и тремя бронзовыми медалями ВДНХ СССР (1983). Такая оценка была дана потому, что предложенные меры по регуляции содержания одного из важнейших газовых транзмиттеров (NO) и продуктов его превращения, о которых в то время говорили, как о загрязнителях, позволили повысить среднюю продолжительность жизни в СССР на 3-5 лет. В дальнейшем оказалось, что за 50-летний период (1960-2010 гг.) этот эффект повышения средней продолжительности жизни в СССР был единственным. Действовал он на протяжении 10 лет выполнения Программы снижения поступления нитратов и нитритов в организм человека (1980-1990 гг.) с латентным периодом в первые 3 года. При численности населения в СССР в те годы 220 млн. чел. полученный эффект давал достаточно весомый результат полезного действия, в том числе и экономический. После прерывания этой программы в период с 1992 по 2012 гг. несмотря на успехи и достижения в кардиологии и онкологии, произошло удвоение числа случаев сердечно-сосудистых и онкозаболеваний. Эти данные свидетельствуют о том, что нитратно-нитритный фон существования современного человека способен в существенной степени модифицировать сигнальные системы, метаболизм клеток и организма в целом и оказывать свое влияние на социально значимые заболевания, влияющие на качество и среднюю продолжительность жизни.

Теоретическое обоснование. Токсическое действие при нитратно-нитритных интоксикациях осуществляется на всех структурно-функциональных уровнях: на уровне отдельных молекул и макромолекул, субклеточных структур, клеток, тканей, органов и организма в целом [1-3, 8, 14-20, 42, 44, 80, 82, 83]. Подобные изменения и нарушения в

живом организме можно также наблюдать при многочисленных заболеваниях, включая сердечно-сосудистые, онкологические, аутоиммунные, гипоксические/ишемические, воспалительные заболевания, развитие нервно-дистрофического процесса и многие другие патологические процессы. Одной из существенных причин наличия общей составляющей этих патологических процессов является нарушение циклических регуляторных процессов с участием активных форм азота и кислорода, в ходе которых происходит образование высокорекреационного и весьма токсичного соединения — диоксида азота (NO₂) [87].

Согласно развиваемым представлениям образование NO₂ в живых организмах происходит тогда, когда нарушаются циклы оксида азота и супероксидного анион-радикала и оксид азота (NO) получает возможность для непосредственного взаимодействия с кислородом (O₂) или супероксидным анион-радикалом (O₂⁻), минуя ферментативные и неферментативные системы антиоксидантной защиты [62-65, 75-77, 87]. На основании полученных экспериментальных данных впервые была сформулирована концепция цикла оксида азота, а затем и концепция цикла супероксидного анион-радикала в организме млекопитающих [45-48, 62-65], которым в настоящее время посвящены от сотен тысяч до 10 млн. сайтов. В дальнейшем также была сформулирована новая концепция, суть которой сводится к тому, что механизм антирадикальной защиты клеток и организма в целом, прежде всего, заложен в самой циклической организации тех метаболических процессов, которые сопряжены с образованием свободных радикалов [87]. Более подробно указанные выше концепции и принцип цикличности рассмотрены ниже.

Концепции циклов оксида азота, супероксидного анион-радикала и антирадикальной защиты клеток

Токсическое действие нитраты и нитриты могут осуществлять после превращения их в свободно-радикальные продукты — NO и NO₂ [51, 52, 56-58]. В ходе изучения механизмов восстановления нитритов в оксид азота было обнаружено, что гемсодержащие белки (Hb, Mb, цит a+a₃ и цит P-450), находящиеся в дезокси-форме, могут восстанавливать ионы NO₂⁻ в NO [51, 56-58, 62-64]. Кислород, связанный с гемсодержащими белками, ингибирует нитритредуктазную активность указанных выше гемсодержащих белков [58]. Ионы NO₂⁻ могут также восстанавливаться в NO при кислых значениях pH среды инкубации. В дальнейшем эти механизмы были подтверждены в работах американских исследователей [123, 152]. К тому моменту, когда стало известно, что NO образуется из L-аргинина: L-аргинин → NO → NO₂/NO₃⁻ возник новый вопрос: как можно объединить NO-синтазные и нитритредуктазные пути синтеза NO [45, 62, 63].

Цикл оксида азота. Для того чтобы объединить механизмы синтеза NO с участием NO-синтазных и нитритредуктазных систем нами была предложена концепция цикла оксида азота [45-48, 62-65, 75-77]. Суть этой концепции сводится к тому, что ионы NO₂⁻, образующиеся из L-аргинина могут вновь при участии нитритредуктазных систем, включающих в себя Hb, Mb, цит a+a₃ и цит P-450, могут замыкать цепочку L-аргинин → NO → NO₂/NO₃⁻ в цикл. Кислород, связываясь с гемом, ингибирует нитритредуктазную активность этих белков. Таким образом, при различных заболеваниях, протекающих на фоне ишемии/гипоксии, когда в организме гемсодержащие белки находятся преимущественно в дезокси-форме, будет акти-

вироваться нитритредуктазная компонента *цикла оксида азота* [45-48, 62-65, 143]. Активация цикла оксида азота может происходить на фоне инфекционных и воспалительных процессов, когда активируются клетки иммунной защиты [44], способные в высоких концентрациях продуцировать NO и супероксид, а также при поступлении в организм с водой, пищей или лекарственными соединениями нитратов и нитритов [1].

Цикл супероксидного анион-радикала. Дальнейший анализ данных литературы и результатов собственных исследований позволил выдвинуть гипотезу о том, что кроме цикла оксида азота должен существовать и цикл супероксидного анион-радикала [47]. В пользу того, что такой цикл должен существовать свидетельствовали осцилляции в концентрациях активных форм кислорода в биологических системах, получаемые рядом авторов. Поскольку за всеми *циклическими процессами* всегда стоят *периодические колебания*, можно было ожидать, что ранее рассматривавшиеся продукты реакций, связанные с нейтральной молекулой O_2 и ее активными формами — супероксидом, пероксидом, а также ферментами активации молекулярного кислорода (Fe^{2+} и Cu^{2+} -содержащими белками), супероксиддисмутазой и каталазой могут быть замкнуты в цикл. Проведенный анализ многочисленных данных литературы позволил нам предложить схему циклической организации активных форм кислорода, которую мы назвали циклом супероксидного анион-радикала [47].

Концепция антирадикальной защиты клеток. На основании анализа результатов собственных исследований и данных литературы сформулирована новая концепция, суть которой сводится к тому, что *механизм антирадикальной защиты клеток и организма в целом, прежде всего, заложен в самой циклической организации тех метаболических процессов, которые сопряжены с образованием свободных радикалов*. Нарушение этого циклического механизма может явиться одной из причин развития многих заболеваний, в основе которых лежит активация свободнорадикальных процессов [87, 54, 55, 75-77]. Согласно нашим представлениям, концепции цикла NO и супероксида позволяют понять, каким образом в системе высокореакционных соединений реализуются механизмы отрицательной обратной связи, обеспечивающие эффективную регуляцию содержания супероксида и NO, а также продуктов их метаболизма.

Действительно, благодаря наличию циклической связи между отдельными метаболитами, повышение концентрации продуктов, способных к регенерации, увеличивает скорость их превращения в цикл и не вызывает токсического действия на клетки вследствие накопления отдельных продуктов [75-77, 87, 119-121, 135-138]. Это особенно актуально в случае таких высокореакционных соединений, какими являются NO, NO_2 , O_2^- , а также продукты их метаболизма. Для этих высокореакционных соединений, способных порождать цепные свободно-радикальные реакции, механизм цикла (или взаимосвязанных циклов) обеспечивает не только их эффективную наработку, но и достаточно быстрое выведение [51-54, 60-65, 70, 75]. Причем основным способом снижения токсического воздействия свободно-радикальных соединений является превращение их в менее активные вещества, например, NO_2^- и NO_3^- ионы (в случае оксида азота), или, например, в H_2O и O_2 , когда реакциях участвует кислород и его активные формы (супероксидный анион-радикал, пероксид водорода и др.) [45,47].

Активные формы азота и кислорода участвуют в циклических реакциях, получивших название циклов оксида азота и супероксидного анион-радикала [45-48]. Объяснить и понять эти циклы можно исходя из глобального (универсального) характера принципа цикличности, действие которого распространяется на всех структурно-функциональных уровнях живой и неживой природы [9, 48, 60, 82, 89, 226].

Таким образом, нитратно-нитритный фон может действовать, как нитрозативный стресс, который в совокупности с оксидативным стрессом способен порождать образование пероксинитритов, диоксида азота (NO_2) и OH-радикалов [87]. Последние чрезвычайно активные соединения способны оказывать повреждающее действие практически на все биохимические, низко- и высокомолекулярные соединения, в том числе на белки, ненасыщенные жирные кислоты, входящие в состав липидов мембран, гуаниновые основания ДНК [5, 12, 13]. Другими словами, воздействие нитратов, нитритов и продуктов их метаболизма может явиться той общей повреждающей компонентой, которая сопровождает и модулирует течение практически всех известных заболеваний и может явиться причиной сокращения средней продолжительности жизни [52, 54]. Одними из мишеней и «свидетелей» протекания этих процессов являются тирозиновые остатки белков, которые подвергаются свободнорадикальному нитрованию с образованием нитротирозина [56, 57, 83], который в настоящее время обнаруживают при развитии большинства известных заболеваний, сопровождающихся гипоксией/ишемией, отеками и воспалительными процессами.

Заключение

После обнаружения свободных радикалов в биологических системах ученые, работающие в области свободнорадикальных процессов в биологии и медицине, пытаются разгадать загадку: как живые системы обеспечивают регуляцию и стабилизацию активных форм кислорода, азота и других свободнорадикальных соединений. Актуальность этого вопроса связана с тем, что маленькие нейтральные молекулы способны проникать практически через все мембранные структуры и в своей свободнорадикальной форме повреждать ненасыщенные жирные кислоты, белки, основания ДНК/РНК, а также низкомолекулярные физиологически активные соединения. Основной стратегией в борьбе с этими активными соединениями были поиски новых антиоксидантов, обладающих высокой антирадикальной активностью. Однако когда появились новые данные об участии NO и O_2^- во внутри- и межклеточной передаче сигнала, снова возник вопрос: существует ли в живых системах какая-либо структурно-функциональная организация этих активных соединений? В этом обзоре мы постарались рассмотреть представления о циклической структурно-функциональной организации живых организмов, которая играет фундаментальную роль в поддержании основных биохимических и физиологических показателей в пределах физиологической нормы. Кроме того, показано, что нитратно-нитритный фон существования современного человека и свободно-радикальные продукты NO и NO_2 , образующиеся при восстановлении нитритов в NO, могут быть теми компонентами, которые приводят к сокращению средней продолжительности жизни людей, а ее увеличение можно добиться путем снижения нитратно-нитритной нагрузки на человека.

Литература:

1. Ажипа Я.И., Реутов В.П., Каюшин Л.П. Экологические и медико-биологические аспекты проблемы загрязнения окружающей среды нитратами и нитритами // Физиология человека. 1990. Т. 20. №3. С. 165 - 174.
2. Ажипа Я.И., Реутов В.П., Каюшин Л.П., Никишкин Е.И. Конформационные изомеры комплексов гемоглобина с окисью азота, возникающие в крови при действии нитрита натрия // Изв. АН СССР, сер. биол. 1983. №2. С. 240 - 250.
3. Байдер Л.М., Реутов В.П., Крушинский А.Л. и др. Исследование методом ЭПР влияния гипоксии на образование оксида азота (NO) в крови крыс линии Крушинского-Молодкиной // Биофизика. 2009. Т.54. №5. С. 894-899.
4. Бердиев У.Б., Реутов В.П., Вишневский Е.И. и др. Применение автоматизированного метода ЭПР спектроскопии для изучения влияния пестицидов и нитритов на парамагнитные свойства крови млекопитающих // Биофизика. 1990. Т.35. №2. С.382-383.
5. Гранстрем О.К., Сорокина Е.Г., Салыкина М.А. и др. Кортексин (нейропротекция на молекулярном уровне) // Нейроиммунология. 2010. Т.8. №1-2.С. 34-40.
6. Гурин А.В. Функциональная роль оксида азота в центральной нервной системе // Успехи физиологических наук. 1997. Т.28. №1. С.53-60.
7. Гусакова С.В., Ковалев И.В., Смаглий Л.В.и др. Газовая сигнализация в клетках млекопитающих // Успехи физиологических наук. 2015. Т. 46. № 4. С. 53-73.
8. Долوماتов С.И., Гоженко А.И., Москаленко Т.Я. и др. Влияние аскорбиновой кислоты на почечный транспорт эндогенных нитратов и нитритов у человека // Экспер. и клин. фармакол. 2005. Т.68. №1. С.50-52.
9. Дубинин А.Г., Реутов В.П., Свинов М.М. и др. Двойственность природы электрических сигналов головного мозга (электрической и электрохимической), отведенных поляризуемыми электродами из инертных металлов // Успехи физиологических наук. 2015. Т.46. №2. С.24-45.
10. Дьяконова Т.Л., Реутов В.П. Нитриты блокируют Ca^{2+} -зависимое привыкание нейронов на уровне электровозбудимой мембраны: возможная роль окиси азота // Вопр. мед. химии. 1994. Т.40. №6. С. 20-25.
11. Дьяконова Т.Л., Реутов В.П. Влияние нитрита на возбудимость нейронов мозга виноградной улитки // Росс. Физиол. Журн. Им. И.М. Сеченова. 1998. Т. 84. №11.С. 1264-1272.
12. Есипов Д.С., Сидоренко Е.В., Есипова О.В. и др. Определение отношения 8-оксо-2'-дезоксигуанозина к 2'-дезоксигуанозину в ДНК с помощью обращено-фазовой ВЭЖХ в сочетании с амперометрической детекцией // Вестник МИТХТ. 2010. Т.5. №3. С.69-74.
13. Есипов Д.С., Есипова О.В., Зиневич Т.В. и др. Анализ содержания 8-оксо-2'-дезоксигуанозина в ДНК клеток мозга крыс при изучении защитного действия кортексина // Вестник МИТХТ, 2012, т.7, № 1 с. 59-63.
14. Запорожан В.Н., Гоженко А.И., Корнеев Т.В. и др. Биологическая активность оксида азота в механизмах опухолевого роста // Успехи физиологических наук. 2004. Т. 35. № 1. С. 66-82.
15. Зенков Н.К., Меньщикова Е.Б., Реутов В.П. NO-синтазы в норме и при патологии различного генеза // Вестник РАМН. 2000. №4. С.30-34.
16. Иванов А.Н., Пучиньян Д.М., Норкин И.А. Барьерная функция эндотелия сосудистой стенки и возможные механизмы ее нарушения // Успехи физиологических наук. 2015. Т.46. №2. С.87-111.
17. Ильинский А.П., Реутов В.П., Н.И. Рыжова и др. Модифицирующее действие нитритов на легочный blastomagenез и вирусный лейкогенез у мышей: возможная роль окиси и двуокиси азота // Вестник РАМН. 2000. №7. С. 11 - 16.
18. Кондакова И.В., Загребельная Г.В., Реутов В.П. Влияние пероксидных радикалов и оксида азота на пролиферирующую активность опухолевых клеток // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия медико-биологических наук. 2003. №1.С. 78-82.
19. Косицын Н.С., Реутов В.П., Свинов М.М. и др. Механизм морфо-функциональных изменений клеток тканей млекопитающих при гипоксии // Мол. биол. 1998. Т. 32. № 2. С. 369—370.
20. Кошелев В.Б., Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Реутов В.П. Снижение под влиянием ингибитора NO-синтазы защитного эффекта от барокамерной адаптации к гипоксии у крыс линии К—М // Новости медико-биол. наук. 2004. №1. С. 41—43.
21. Костюк П.Г., Светайло Э.Н., Ланге К.А. Физиологические науки в Академии наук СССР, 1963-1983 гг. Организация, некоторые итоги и перспективы развития. Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1983. 45 с.
22. Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Дьяконова В.Е. и др. Влияние ингибиторов индуцибельной и нейрональной NO-синтаз на развитие аудиогенных стрессорных повреждений у крыс линии Крушинского-Молодкиной // Бюл. эксперим. биол. и мед. 2010. Т. 150. № 7. С. 38—41.
23. Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Дьяконова В.Е. и др. Влияние ингибиторов нейрональной и индуцибельной NO-синтаз на развитие геморрагического инсульта в эксперименте // Журн. Неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2014. Т.114. №8-2. С.21-27.
24. Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Дьяконова В.Е. и др. Ингибиторы нейрональной и индуцибельной NO-синтаз усиливают эффект кратковременной адаптации к гипоксии у крыс линии Крушинского-Молодкиной // Изв. РАН.2015. №1. С.77-
25. Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Кошелев В.Б. и др. Ингибиторы нейрональной и индуцибельной NO-синтаз усиливают протекторный эффект кратковременной адаптации к гипоксии у крыс линии КМ в условиях акустической экспозиции // Патогенез. 2008. № 3. С. 68—69.
26. Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Реутов В.П. и др. Влияние L-аргинина на развитие стрессорных повреждений у крыс линии К—М // Новости медико-биол. наук. 2004. № 1. С. 61—64.
27. Крушинский А.Л., Реутов В.П., Кузенков В.С. и др. Оксид азота участвует в защитном эффекте от акустического

стресса при кратковременной адаптации крыс линии Крушинского-Молодкиной к гипоксии // Изв. РАН. сер. биол. 2007. №3. С. 329–335.

28. Крушинский А.Л., Реутов В.П., Кузенков В.С. и др. Влияние NO-генерирующего соединения и ингибитора NO-синтазы на реализацию механизмов кратковременной адаптации к гипоксии у крыс линии Крушинского-Молодкиной // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2007. Т. 10. №4. С. 117 – 123.

29. Кузенков В.С., Реутов В.П., Крушинский А.Л. и др. Оксид азота вносит положительный вклад в протекторное действие кратковременной адаптации к гипоксии на развитие стрессорных повреждений у крыс линии Крушинского-Молодкиной // Вестник Московского университета. Биология. 2010. Т. 16. №1. С. 3–7.

30. Кузенков В.С., Крушинский А.Л., Реутов В.П. Влияние нитрата натрия на развитие неврологического дефицита у крыс при неполной глобальной ишемии мозга // Вестн. Моск. Ун-та. Биология. 2011. Т.16. № 1. С. 3–6.

31. Кузенков В.С., Крушинский А.Л., Реутов В.П. Влияние нитрата калия на неврологические нарушения при экспериментальной ишемии мозга // Вестн. Моск. Ун-та. Биология. 2012. Т. 16. № 4. С. 3–6.

32. Кузенков В.С., Крушинский А.Л., Реутов В.П. Влияние типа катиона и концентрации нитратов на неврологические нарушения, вызванные экспериментальной ишемией мозга // Бюл. эксперим. биологии и медицины. 2013. №6. С.71–

33. Куроптева З.В., Реутов В.П., Байдер Л.М. и др. Влияние гипоксии на образование оксида азота в тканях сердца животных // Докл. РАН. 2011. Т.441. №3. С.406–410.

34. Ларионова Н.П., Реутов В.П., Самосудова Н.В., Чайлахян Л.М. Сравнительный анализ пластичности нейро-нейронных и нейро-глиальных инкапсулирующих взаимодействий молекулярного слоя изолированного мозжечка лягушки в условиях избытка L-глутамата и NO-генерирующего соединения // Докл. РАН. 2003. Т. 393. № 5. С. 698–702.

35. Ларионова Н.П., Реутов В.П., Самосудова Н.В., Чайлахян Л.М. Два типа реакции глиальных клеток на стимуляцию параллельных волокон на фоне NO-генерирующего соединения как морфологическое проявление физиологической активности двух типов астроцитов в мозжечке лягушки // Докл. РАН. 2005. Т. 401. № 3. С. 419–423.

36. Ларионова Н.П., Реутов В.П., Самосудова Н.В., Чайлахян Л.М. Glu- и NO-комплементарность межклеточного взаимодействия в главных синапсах изолированного мозжечка лягушки // Морфология. 2006. Т. 129. № 2. С. 53–54.

37. Ларионова Н.П., Реутов В.П., Самосудова Н.П., Чайлахян Л.М. Нейроглиальный химический синапс в мозжечке взрослой лягушки // Докл. РАН. 2010. Т. 432. №2. С. 276–280.

38. Ларионова Н.П., Самосудова Н.П., Реутов В.П., Чайлахян Л.М. Сравнительное исследование изменения количественных характеристик структуры молекулярного слоя мозжечка лягушки *Rana temporaria* под влиянием L-глутамата и NO-генерирующего соединения // Докл. РАН. 1999. Т. 369. № 6. С. 836 – 839.

39. Ларионова Н.П., Самосудова Н.В., Реутов В.П., Чайлахян Л.М. Сравнительное исследование изменений структуры нейрон-нейронного взаимодействия в молекулярном слое мозжечка под влиянием L-глутамата и NO-генерирующего соединения // Докл. РАН. 2001. Т. 376. № 5. С. 701–706.

40. Ларионова Н.П., Реутов В.П., Самосудова Н.В., Чайлахян Л.М. Структурно-функциональные различия астроцитов мозжечка // Бюл. Сибирской медицины. 2005. Т.4. №1. С.115.

41. Мавлетова Д.А., Реутов В.П., Ряполов В.В., Дворкин Г.А. Влияние оксида азота и гипертермии на содержание белков теплового шока в культуре опухолевых клеток // Докл. РАН. 2006. Т.411. №6. С.837–840.

42. Меньщикова Е.Б., Зенков Н.К., Реутов В.П. Оксид азота и NO-синтазы в организме млекопитающих при различных функциональных состояниях // Биохимия. 2000. Т.65. №4. С. 485–503.

43. Пинелис В.Г., Сорокина Е.Г., Реутов В.П. и др. Влияние токсического воздействия глутамата и нитрита на содержание циклического ГМФ в нейронах и их выживаемость // Докл. РАН. 1997. Т. 352. № 2. С. 259–261.

44. Плехова Н.Г., Сомова Л.М. Физиологическая роль оксида азота при инфекционном процессе // Успехи физиологических наук. 2012. Т. 43. № 3. С. 62–81.

45. Реутов В.П. Цикл окиси азота в организме млекопитающих // Успехи биол. химии. 1995. Т. 35. С. 189–228.

46. Реутов В.П. Биохимическое предопределение NO-синтазной и нитритредуктазной компонент цикла оксида азота // Биохимия. 1999. Т.64. №5. С.634–651.

47. Реутов В.П. Медико-биологические аспекты циклов оксида азота и супероксидного анион-радикала // Вестн. РАМН. 2000. № 4. С. 35–41.

48. Реутов В.П. Цикл оксида азота в организме млекопитающих и принцип цикличности // Биохимия. 2002. Т. 67. № 3. С. 353–376.

49. Реутов В.П. О Л.А. Блюменфельде — ученом, педагоге, поэте и человеке и о проблеме оксида азота, начало которого было положено в его лаборатории // Успехи физиологических наук. 2003. Т.34, №2. С.103–128.

50. Реутов В.П. Памяти Льва Александровича Блюменфельда // Биохимия. 2003. Т.68. №3. С.445.

51. Реутов В.П. Изучение механизмов восстановления нитритных ионов в окись азота в крови и митохондриях печени млекопитающих. Автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.00.02. МГУ им. М.В. Ломоносова. М.: 1988. 18 с.

52. Реутов В.П. Исследование механизмов регуляторного и токсического действия нитритов и NO-генерирующих веществ в биологических системах // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской Академии Наук. 2004.

53. Реутов В.П. Роль гемосодержащих белков в системах внутриклеточной сигнализации в норме и при инсультах // Евразийское научное объединение. 2015. Т.1. №11. С.57–63.

54. Реутов В.П. Обобщающая концепция развития атеросклероза // В сборнике: Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии. Материалы Международной конференции: Весенняя сессия. Под ред. Е.Л. Глориозова. 2015. С.133–135.

55. Реутов В.П. Симпатическая нервная система и антирадикальная защита клеток В сборнике: Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии. Материалы Международной конференции: Весенняя

сессия. Под ред. Е.Л. Глориозова. 2015. С.144-159.

56. Реутов В.П., Ажипа Я.И., Каюшин Л.П. Исследование парамагнитных центров, возникающих при взаимодействии двуокиси азота с олеиновой кислотой и тирозином // Докл. АН СССР. 1978. Т. 241. № 6. С. 1375–1377.

57. Реутов В.П., Ажипа Я.И., Каюшин Л.П. Изучение методом электронного парамагнитного резонанса продуктов взаимодействия окислов азота с некоторыми органическими соединениями // Бюлл. эксперим. биол. и медицины. 1978. № 9. С. 299–301.

58. Реутов В.П., Ажипа Я.И., Каюшин Л.П. Кислород как ингибитор нитритредуктазной активности гемоглобина // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1983. № 3. С. 408-418.

59. Реутов В.П., Байдер Л.М., Куроптева З.В. и др. Экспериментальный геморрагический инсульт: влияние пептидного препарата кортексина на образование Hb-NO комплексов и других парамагнитных центров в крови // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2011. Т. 111. № 8. Вып. 2. С. 56–61.

60. Реутов В.П., Гоженко Е.А., Охотин В.Е. и др. Роль оксида азота в регуляции работы миокарда: цикл оксида азота и NO-синтазные системы в миокарде // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2007. Т. 10. №4. С. 89–112.

61. Реутов В.П., Дерягина В.П., Рыжова Н.И., Галубева И.С. Активность нейтрофилов крови и перитонеальных макрофагов в процессе развития опухолей у мышей: возможная роль активных форм кислорода и оксида азота // Евразийское Научное Объединение. 2016. Т.1. №1(13). С.64 -69.

62. Реутов В.П., Каюшин Л.П., Сорокина Е.Г. Физиологическая роль цикла окиси азота в организме человека и животных // Физиология человека. 1994. Т.20. №3. С.165-174.

63. Реутов В.П., Каюшин Л.П., Сорокина Е.Г. Цикл окиси азота как адаптационный механизм при гипоксии организма // Успехи физиологических наук. 1994. Т.25. №4. С.36.

64. Реутов В.П., Косицын Н.С. Оксид азота в биологии и медицине и принцип цикличности // Пульмонология. 2002. №2. С.422.

65. Реутов В.П., Косицын Н.С., Свинов М.М. и др. Активация цикла окиси азота при гипоксии индуцирует перераспределение белков в клетках тканей млекопитающих из растворимого в мембранносвязанное состояние // Мол. биол. 1998. Т.32. №2. С.378-379.

66. Реутов В.П., Кузенков В.С., Крушинский А.Л. и др. Развитие стрессорных повреждений у крыс линии Крушинского-Молодкиной, генетически предрасположенных к судорожным припадкам, при действии NO-генерирующего соединения и блокатора NO-синтазы // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия медико-биологических наук. 2002. № 1. С. 5–10.

67. Реутов В.П., Кузенков В.С., Крушинский А.Л. и др. Кортексин оказывает защитное действие на крыс линии Крушинского-Молодкиной, снижая смертность, площадь кровоизлияний и уменьшает уровень антител к AMPA- и NMDA-рецепторам глутамата // Аллергология и иммунология. 2009. Т.10. №2. С.178.

68. Реутов В.П., Куроптева З.В., Байдер Л.М. и др. Образование Hb-NO комплексов в крови и мозге крыс после гипобарической гипоксии // Евразийское Научное Объединение. 2016. Т.1. №1(13). С.55-60.

69. Реутов В.П., Орлов С.Н. Физиологическое значение гуанилатциклазы и роль окиси азота и нитросоединений в регуляции активности этого фермента // Физиол. человека. 1993. Т.19. №1. С.124–137.

70. Реутов В.П., Охотин В.Е., Шуклин А.В. и др. Оксид азота (NO) и цикл NO в миокарде: молекулярные, биохимические и физиологические аспекты // Успехи физиологических наук. 2007. Т. 38. № 4. С. 39-58.

71. Реутов В.П., Самосудова Н.В., Ларионова Н.П., Чайлахян Л.М. Влияние глутамата и NO-генерирующего соединения на ультраструктурные характеристики нейронной сети мозжечка // Новости медико-биологических наук // 2004. №1. С.57-60.

72. Реутов В.П., Самосудова Н.В., Ларионова Н.П., Чайлахян Л.М. Влияние глутамата и NO-генерирующего соединения на ультраструктурные характеристики нейронной сети мозжечка // Новости медико-биологических наук. 2004. №1. С.57.

73. Реутов В.П., Самосудова Н.В., Филиппова Н.А. и др. Кортексин и нитрит в сочетании с кортексином уменьшают отек и разрушение нейронов мозжечка при геморрагическом инсульте // Докл. РАН. 2009. Т.426. №3. С.410-413.

74. Реутов В.П., Самосудова Н.В., Филиппова Н.А. и др. Нитрит в сочетании кортексином и кортексин уменьшают разрушение нейронов мозжечка при геморрагическом инсульте // Нейроиммунология. 2009. Т.7. №1. С.88-89.

75. Реутов В.П., Сорокина Е.Г. NO-синтазная и нитритредуктазная компоненты цикла оксида азота // Биохимия. 1998. Т.63. №7. С.1029-1040.

76. Реутов В.П., Сорокина Е.Г. Цикл окиси азота — новый метаболический цикл, участвующий в регуляции внутриклеточной сигнализации // Мол. биол. 1998. Т. 32. № 2. С. 377–378.

77. Реутов В.П., Сорокина Е.Г. Проблема оксида азота в биологических системах: от NO-синтазных и нитритредуктазных систем в организме млекопитающих к циклу оксида азота, принципу цикличности и механизмам, лежащих в основе многочисленных заболеваний // Евразийское Научное Объединение. 2016. Т.1. №1(13). С.49-55.

78. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Гоженко А.И. и др. Цикл оксида азота как механизм стабилизации содержания NO и продуктов его превращения в организме млекопитающих // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2008. Т. 11. №1. С. 22–28.

79. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Каюшин Л.П. Цикл оксида азота в организме млекопитающих и нитритредуктазная активность гемсодержащих белков // Вопр. мед. химии. 1994. Т.40. №6. С.31-35.

80. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Косицын Н.С. Проблемы оксида азота и цикличности в биологии и медицине // Успехи соврем. биол. 2005. Т. 125. № 1. С. 41-65.

81. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Косицын Н.С. Лев Петрович Каюшин. К 80-летию со дня рождения // Успехи физиологических наук. 2005. №4 С.44-50.

82. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Косицын Н.С., Охотин В.Е. Проблема оксида азота в биологии и медицине и принцип цикличности. М.: УРСС. 2003. 6. 94 с.
83. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Охотин В.Е., Косицын Н.С. Циклические превращения оксида азота в организме млекопитающих. М.: Наука. 1997. 156 с.
84. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Пинелис В.Г. и др. Компенсаторно-приспособительные механизмы при нитритной гипоксии у крыс // Бюлл. эксперим. биол. и медицины. 1993. № 11. С.506-508.
85. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Пинелис В.Г. и др. Участвуют ли нитритные ионы в регуляции систем внутри- и межклеточной сигнализации? // Вопр. мед. химии. 1994. Т.40. №6. С.27-30.
86. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Каюшин Л.П., Родионов А.А. Окись азота как индуктор пространственного перераспределения белков в клетках млекопитающих при гипоксии // Успехи физиологических наук. 1994. Т.25. №4. С.36.
87. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Швалев В.Н. и др. Возможная роль диоксида азота, образующегося в местах бифуркации сосудов, в процессах их повреждения при геморрагических инсультах и образовании атеросклеротических бляшек // Успехи физиологических наук. 2012. Т. 43. № 4. С. 73-93.
88. Реутов В.П., Черток В.М., Швалев В.Н. Новые представления о роли вегетативной нервной системы и систем генерации оксида азота в сосудах мозга // Тихоокеанский медицинский журнал. 2016. №2. С.
89. Реутов В.П., Шехтер А.Н. Как в XX в. физики, химики и биологи отвечали на вопрос: что есть жизнь? // Успехи физических наук. 2010. Т.180. №4. С. 393-414.
90. Салыкина М.А., Сорокина Е.Г., Красильникова И.А. и др. Влияние селективных ингибиторов нейрональной и индуцибельной NO-синтазы на содержание АТФ и выживаемость культивируемых нейронов мозжечка крысы при гиперстимуляции глутаматных рецепторов // Биол. эксперим. биологии и медицины. 2013. Т.155. №1. С.47-50.
91. Самосудова Н.В., Ларионова Н.П., Реутов В.П., Чайлахян Л.М. Изменение молекулярного слоя мозжечка лягушки *Rana temporaria* под влиянием NO-генерирующего соединения // Докл. РАН СССР. 1998. Т. 361. № 5. С. 704–708.
92. Самосудова Н.В., Реутов В.П. Аутотипические септальные контакты глиальных клеток мозжечка как компенсаторно-приспособительная реакция в условиях токсического воздействия глутамата и NO-генерирующего соединения // Биологические мембраны: Журнал мембранной и клеточной биологии. 2013. Т.14. №5. С.32-37.
93. Самосудова Н.В., Реутов В.П. Пластические перестройки ультраструктуры синапсов в мозжечке при токсическом воздействии глутамата и NO-генерирующего соединения // Морфология. 2015. Т.148. №5. С.32-37.
94. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Крушинский А.Л. и др. Влияние двигательной активности на ультраструктуру нейронов мозжечка, неврологические нарушения и выживаемость крыс линии Крушинского-Молодкиной при развитии у них геморрагического инсульта // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2012. Т.153. №6. С.806-811.
95. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П. Оксид азота как модулятор контрастности основных элементов цитоскелета // Цитология. 2000. Т. 42. № 1. С. 72–78.
96. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П., Чайлахян Л.М. Возможное участие оксида азота в межнейронном взаимодействии // Докл. РАН. 2001. Т. 378. № 3. С. 417–420.
97. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П., Чайлахян Л.М. Локализация кальция в микротрубочках, выявляемая электрической стимуляцией мозжечка в присутствии NO-генерирующего соединения // Биологические мембраны: Журнал мембранной и клеточной биологии. 2003. Т.20. №1. С.27-32.
98. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П., Чайлахян Л.М. О возможной защитной роли аутотипических контактов при повреждении нейронной сети мозжечка токсическими дозами NO-генерирующего соединения // Цитология. 2005. Т. 47. № 3. С. 214–219.
99. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П. Нейро-глиальные контакты в молекулярном слое мозжечка при стимуляции параллельных волокон в присутствии оксида азота (модель инсульта) // Морфология. 2006. Т. 129. № 2. С. 84.
100. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П., Чайлахян Л.М. Нейро-глиальные контакты, образующиеся в мозжечке при электрической стимуляции в присутствии NO-генерирующего соединения // Морфология. 2007. Т. 131. № 2. С. 53–58.
101. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П. Изменение ультраструктуры синаптических пузырьков глутаматергических синапсов под воздействием NO-генерирующего соединения NaNO_2 // Бюлл. эксперим. биол. и мед. 2008. Т. 146. № 7. С. 13 – 17.
102. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П., Чайлахян Л.М. Образование нейроглиальных контактов при электрической стимуляции и воздействии NO-генерирующего соединения // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2007. №3(9). С.127-134.
103. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П. Роль гликогена отростков глиальных клеток мозжечка в условиях его повреждения нитритом натрия // Бюлл. эксперим. биол. и мед. 2010. Т. 150. № 8. С. 212–215.
104. Самосудова Н.В., Реутов В.П., Ларионова Н.П. Слияние клеток-зерен мозжечка лягушки при токсическом воздействии глутамата и NO-генерирующего соединения // Морфология. 2011. Т.140. № 4. С. 13–17.
105. Сорокина Е.Г., Семенова Ж.Б., Гранстрем О.К. и др. Белок S100B и аутоантитела к нему в диагностике повреждений мозга при черепно-мозговых травмах у детей // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2010. Т.110. №8. С.30-35.
106. Сорокина Е.Г., Вольпина О.М., Семенова Ж.Б. и др. Аутоантитела к $\alpha 7$ -субъединицам нейронального ацетилхолинового рецептора при черепно-мозговой травме у детей // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2011. Т.111. №4. С.56-60.
107. Сорокина Е.Г., Пинелис В.Г., Реутов В.П. и др. Оксид азота и нитритные ионы в энергетике нейронов мозжечка // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2007. Т.10. №4. С. 133-136.
108. Сорокина Е.Г., Реутов В.П., Винская Н.П. и др. Частичное ингибирование цитохромоксидазы митохондрий в

нейронах мозжечка защищает их от повреждений при действии токсических доз глутамата и нитрита // Известия национальной академии Беларуси. Серия медико-биологических наук. 2003. № 2. С. 59–63.

109. *Сорокина Е.Г., Реутов В.П., Гранстрем О.К. и др.* Возможная роль оксида азота в повреждении глутаматных рецепторов при эпилепсии // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия медико-биологических наук. 2002. № 1. С.18–22.

110. *Сорокина Е.Г., Реутов В.П., Гранстрем О.К. и др.* Изучение механизмов образования аутоантител при эпилепсии и гипоксии // Нейроиммунология. 2003. Т. 1. № 2. С.137–138.

111. *Сорокина Е.Г., Реутов В.П., Пинелис В.Г. и др.* Роль оксида азота в образовании аутоантител к рецепторам глутамата // Нейроиммунология. 2002. Т. 1. № 1. С.267–269.

112. *Сорокина Е.Г., Реутов В.П., Пинелис В.Г. и др.* Механизм потенцирующего действия альбумина при токсическом воздействии глутамата: возможная роль окиси азота // Биологические мембраны 1999. Т. 16. № 3. С. 318–323.

113. *Сорокина Е.Г., Реутов В.П., Пинелис В.Г., Коршунова Т.С.* Взаимосвязь между содержанием окиси азота, циклического гуанозинмонофосфата и эндотелина в крови при нитритной гипоксии // Успехи физиологических наук. 1994. Т.25. №4. С.70.

114. *Сорокина Е.Г., Семенова Ж.Б., Базарная Н.А. и др.* Аутоантитела к рецепторам глутамата и продукты метаболизма оксида азота в сыворотке крови детей в остром периоде черепно-мозговой травмы // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2008. Т.108. №3. С.67-72.

115. *Сорокина Е.Г., Семенова Ж.Б., Карасева О.В.* Повреждение и регенерация мозга при легкой и тяжелой черепно-мозговой травме у детей // В сборнике: Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии. Материалы Международной конференции. Весенняя сессия. Под редакцией Е.Л. Глориозова. 2015. С.139-144.

116. *Уразаев А.Х., Зефирова А.Л.* Физиологическая роль оксида азота // Успехи физиологических наук. 1999. Т. 30. № 1. С. 54-72.

117. *Фадюкова О.Е., Кузнецов В.С., Реутов В.П. и др.* Антистрессорное и ангиопротекторное влияние оксида азота на крыс линии Крушинского-Молодкиной, генетически предрасположенных к аудиогенной эпилепсии // Российский Физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2005. Т. 90. № 1. С. 89–96.

118. *Черток В.М., Зенкина В.Г.* Регуляция функций яичников // Успехи физиологических наук. 2015. Т. 46. № 4. С. 74-89.

119. *Швалев В.Н., Реутов В.П., Рогоза А.Н. и др.* Морфофункциональные исследования нейрогенной природы заболеваний сердечно-сосудистой системы. Морфологические ведомости. 2014. №1. С.6-20.

120. *Швалев В.Н., Реутов В.П., Рогоза А.Н. и др.* Развитие современных представлений о нейрогенной природе кардиологических заболеваний. Тихоокеанский медицинский журнал. 2014. №1. С.10-14.

121. *Швалев В.Н., Рогоза А.Н., Реутов В.П. и др.* Развитие традиций Казанской медицинской школы – изучение морфологических основ нервной трофики. Казанский медицинский журнал. 2014. Т. 95. № 2. С.175-180.

122. *Azhipa Ia.I., Reutov V.P., Kaiushin L.P.* The ecological and biomedical aspects of the problem of environmental pollution by nitrates and nitrites // Fiziol. Cheloveka. 1990. V.16. №3. P.131-149.

123. *Cosby K., Partovi K.S., Crawford J.H. et al.* Nitrite reduction to nitric oxide by deoxyhemoglobin vasodilates the human circulation // Nat. Med. 2003. V. 9. №12. P. 1498-1505.

124. *D'iaconova T.L., Reutov V.P.* Nitrites block the Ca-dependent habituation of neurons at the level of an electroexcitable membrane: a possible role for nitric oxide // Vopr. Med. Khim. 1994. V.40. №6. P.20-25.

125. *D'iaconova T.L., Reutov V.P.* Effect of nitrite on the excitability of brain neurons in helix // Ross Fiziol. Zh. Im. I.M. Sechenova. 1998. V.84. №11. P. 1264-1272.

126. *D'ykonova T.L., Reutov V.P.* The effects of nitrite on the excitability of brain neurons in the common snail // Neuroscience and Behavioral Physiology. 2000. V.30. №2. P. 179-186.

127. *Fadyukova O., Kuzenkov V., Reutov V. et al.* Antistress and angioprotective influence of nitric oxide and nitrite in epilepsy-prone rats of Krushinsky–Molodkina strain // Nitric Oxide. 2011. V.24. №5. P.29-30.

128. *Il'nitsky A.P., Ryzhova N.I., Kolpakova A.S. et al.* Urethan-induced pulmonary adenoma and Rausher's leukemia modified by sodium nitrite in mice: a possible role for nitric oxide and nitric dioxide // Experimental oncology. 1997. V.19. №2. P.101-109.

129. *Kouzenkov V.S., Krushinsky A.L., Reutov V.P.* Deficiency in rats after semi-global brain ischemia // Moscow University Biological Science Bulletin. 2011. V.66. №1. P.1-4.

130. *Krushinsky A.L., Kuzenkov V.S., Reutov V.P. et al.* Nitric oxide is involved in the protective effects of short-term adaptation to hypoxia in the course of stress-induced disorders in Krushinsky-Molodkina Rats // Biology Bulletin. 2007. V.34. №3. P.271-276.

131. *Krushinsky A.L., Kuzenkov V.S., D'iaconova V.E. et al.* Inhibitors of neuronal and inducible NO-synthase enhance the effect of short-term adaptation to hypoxia in rats of Krushinsky-Molodkina strain // Izv. Akad. Nauk. Ser. Biol. 2015. №1. P. 77-84.

132. *Lundberg J.O., Gladwin M.T., Ahluwalia A. et al.* Nitrate and nitrite in biology, nutrition and therapeutics // Nat Chem Biol. 2009. V. 5. № 12. P. 865-869.

133. *Menshikova E.B., Zenkov N.K., Reutov V.P.* Nitric oxide and NO-synthase in mammals in different functional states // Biochemistry (Moscow). 2000. V.65. №4. P.409-426.

134. *Pinelis V.G., Sorokina E.G., Reutov V.P. et al.* The toxic effect of glutamate and nitrite on the cyclic on the cyclic GMP level in neurons and then viability // Dokl. Acad. Nauk. 1997. V.352. №2. P.259-261.

135. *Reutov V.P.* Biochemical predetermination of the NO synthase and nitrite reductase components of the nitric oxide cycle // Biochemistry (Moscow). 1999. V.64. №5. P.528-542.

136. *Reutov V.P.* Nitric oxide cycle in mammals and the cyclicity principle // *Biochemistry (Moscow)*. 2002. V.67. №3. P.293-311.
137. *Reutov V.P., Kaiushin L.P., Sorokina E.G.* Physiological role of the nitric oxide cycle in man and animals // *Fiziol. Cheloveka*. 1994. V.20. №3. P.165-174.
138. *Reutov V.P., Kayushin L.P., Sorokina E.G.* Physiological role of nitric oxide cycle in human and animal organism // *Human Physiology*. 1994. V.20. P. 219-229.
139. *Reutov V.P., Krushinsky A.L., Kuzenkov V.S., Koshelev V.B.* Protective Effect of Hypoxic Preconditioning on Stress Resistance of Krushinsky-Molodkina Rats Genetically Prone to Audiogenic Epilepsy // *Hypoxia Med. J.* 2004. V. 12. № 3-4. P.51-54.
140. *Reutov V.P., Orolov S.N.* Physiological importance of guanylate cyclase and the role of nitric oxide and nitro compounds in the regulation of the activity of that enzyme // *Fiziol. Cheloveka*. 1993. V.19. №1. P.124-137.
141. *Reutov V.P., Samosudova N.V., Larionova N.P. et al.* Cortixin and combination of nitrite with cortixin decrease swelling and destruction of cerebellar neurons in hemorrhagic stroke // *Doklady Biological Sciences*. 2009. V.426. №1. P.201-204.
142. *Reutov V.P., Schechter A.N.* How in the 20th century physicists, chemists and biologists answered the question: what is life? // *Physics-Uspokhi*. 2010. V.53. №4. P.377-396.
143. *Reutov V.P., Sorokina E.G.* NO-synthase and nitrite-reductase components of nitric oxide cycle // *Biochemistry (Moscow)*. 1998. V.63. №7. P. 874-884.
144. *Salykina M.A., Sorokina E.G., Krasilnikova I.A. et al.* Effects of selective inhibitors of neuronal and inducible NO-synthase on ATP content and survival of cultured rat cerebellar neurons during hyperstimulation of glutamate receptors // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2013. V.155. №1. P.40-43.
145. *Samosudova N.V., Larionova N.P., Reutov V.P.* Fusion of frog cerebellar granule cells induced by the toxic effects of glutamate and NO-generating compound // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2012. V.12. №8. P.797-801.
146. *Samosudova N.V., Larionova N.P., Reutov V.P.* Role of glycogen in processes of cerebellar glial cells under conditions of its damage with sodium nitrite // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2010. V.150. №2. P.247-250.
147. *Samosudova N.V., Reutov V.P.* Autotypical septal contacts of cerebellar glial cells as protective reaction under toxic action of glutamate and nitric oxide // *Biochemistry (Moscow) Supplement. Series A. Membrane and Cell Biology*. 2013. V.7. №2. P.157-162.
148. *Samosudova N.V., Reutov V.P., Larionova N.P., Chailakhyan L.M.* Neuron-glial contacts formed in the cerebellum during electrical stimulation in the presence of an NO-generating compound // *Neurosci. Behav. Physiol.* 2008. V.38. №4. P.363-368.
149. *Sorokina E.G., Reutov V.P., Pirelis V.G. et al.* The mechanism of potentiation of the glutamate-induced neurotoxicity by serum albumin. A possible role of nitric oxide // *Biochemistry (Moscow) Supplement. Series A. Membrane and Cell Biology*. 2000. V.13. №3. P.389-396.
150. *Sorokina E.G., Salykina M.A., Goryunova A.V. et al.* Autoantibodies to the $\alpha 7$ -subunit of the neuronal acetylcholine receptor in craniocerebral trauma in children // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2012. V.42. №7. P.740-744.
151. *Sorokina E.G., Semenova Zh.B., Bazarnaya N.A. et al.* Autoantibodies to glutamate receptors and products of nitric oxide metabolism in serum in children in the acute phase of craniocerebral trauma // *Neurosci. Behav. Physiol.* 2009. V.39. N4. P.329-334.
152. *Zweier J.L., Wang P., Samouilov A., Kuppusamy P.* Enzyme-independent formation of nitric oxide in biological tissues // *Nat. Med.* 1995. V.1. №8. P.804-809.

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

УДК 611.0188

Нервная трофика и механизмы ее нарушения при сердечно-сосудистых заболеваниях: возможная роль оксида и диоксида азота

Швалев Вадим Николаевич, доктор медицинских наук;

Рогоза Анатолий Николаевич, доктор биологических наук

Научно-производственный комплекс Кардиологический научный центр Минздравсоцразвития

Реутов Валентин Палладиевич, доктор биологических наук

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (Москва, Россия)

Данные литературы и результаты собственных исследований показывают, что при диагностике состояния сердечно-сосудистой системы необходимо учитывать изменения нервной трофики и рефлекторной регуляции сосудов и сердца, сопровождающиеся переключением преимущественно нервно-гуморальной регуляции на регуляцию гуморальную. В настоящем обзоре анализируются два открытия, сделанные в лаборатории нейроморфологии Кардиологического научного центра за последние два десятилетия и одно открытие, сделанное в Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Первое открытие состоит в обнаружении нового явления возникновения медиаторного этапа формирования нервной системы как переходного момента от зародышевого к началу плодного периода в пренатальном развитии человека. Второе открытие состоит в обнаружении феномена ранней инволюции симпатического отдела вегетативной нервной системы, начинающейся в конце третьего десятилетия жизни человека. Эти положения возрастных преобразований нервной трофики могут иметь кардинальное значение при диагностике основных сердечно-сосудистых заболеваний.

Открытие, сделанное в Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН и зарегистрированное Госкомитетом по делам открытий и изобретений СССР под №148, состоит в обнаружении при гипоксии явления возникновения нитрозильных комплексов железа, за которые ответственны комплексы NO с гемсодержащими белками. В дальнейшем было установлено, что NO способен участвовать в циклических превращениях, в ходе которых образуются кроме NO, диоксид азота (NO₂), нитраты (NO₃-) и нитриты (NO₂-). Выводы, вытекающие из этих исследований, позволяют понять, почему до тех пор, пока свободнорадикальные соединения участвуют в нормальных циклических процессах, патологии не наступает и атеросклеротические бляшки не образуются. Однако, при старении организма, когда нарушаются нормальные циклические процессы с участием активных форм азота и кислорода, появляется возможность для образования весьма агрессивных пероксинитритов, которые могут разлагаться с образованием NO₂ и ОН-радикалов и повреждать антиоксидантную защиту в виде фенолов биологического происхождения – норадреналина и адреналина – медиаторов, вырабатываемых симпатическими нервными волокнами. С этого момента запускаются механизмы развития атеросклероза, и начинается этап перехода от физиологической нормы к патологии – началу сердечно-сосудистых заболеваний.

Ключевые слова: атеросклеротические бляшки, нервная трофика, нитраты, нитриты, оксид азота, диоксид азота, цикл оксида азота, цикл супероксидного анион-радикала, адреналин, надрадреналин, циклические процессы.

Введение. Известно, что понятие «нервная трофика» (от греч. — trophe — питание) отображает регулирующее воздействие нервной системы на структурно-химическую организацию тканей и органов, а также их развитие и рост благодаря постоянному влиянию на обмен веществ [1]. На протяжении XX в. было установлено, что трофические нервы по своей специфике относительно немногочисленны. В первую очередь к ним относятся симпатические (адренергические) нервные окончания, медиаторы которых стимулируют обмен веществ в миокарде, определяют интенсивность липидного обмена и регулируют многие другие жизненно необходимые процессы [1, 45, 48-63]. В конце XX в. к активным соединениям, обеспечивающим нервную трофику, присоединился оксид азота (NO) и продукты его превращения (нитраты (NO₃-) и нитриты (NO₂-), способные в результате циклических реакций вновь трансформироваться в NO [26-29, 33, 34, 37, 40-42, 56-58, 60]. Учитывая тот

факт, что современный человек живет в условиях постоянного воздействия нитратов и нитритов на его организм, эта проблема становится весьма актуальной [2-25, 30-32, 35, 38, 39, 43, 54, 55, 59].

Нейрогистохимические исследования [48-53]. Наши исследования пре- и постнатального онтогенеза иннервации кровеносных сосудов и сердца в условиях нормы и при некоторых сердечно-сосудистых заболеваниях основаны на изучении развития иннервации этих органов у эмбрионов и плодов человека количественными нейрогистохимическими методами. Кроме того нами были исследованы и проанализированы состояния нервных сплетений кровеносных сосудов и сердца в постнатальном периоде у здоровых людей вплоть до старческого возраста. Аналогичный количественный нейрогистохимический анализ холин- и адренергических нервных сплетений кровеносных сосудов и сердца проводили также у больных гипертонической бо-

лезны и больных с развивающимся атеросклерозом. Параллельно изучали барорефлекторную регуляцию сосудов у больных гипертонической болезнью, показатели которой сопоставлялись с данными, полученными нейростохимическими способами о состоянии нервного аппарата сердечно-сосудистой системы соответствующего возраста.

Известно, что сокращения сердечной мышцы эмбриона возникают уже на третьей неделе онтогенеза. Миокард начинает свою работу вследствие автоматии функционирования синусного узла. Скелетная мускулатура осуществляет затем сокращения в связи с возникновением и функционированием барорецепторов — начального звена все нарастающего количества рефлекторных дуг у плода. При нейростологических исследованиях обнаружено, что рефлекторные процессы, происходящие в организме, начинают свою работу одновременно с функционирования афферентных нервных окончаний. Обмен веществ непрерывно контролируется при помощи сигнальной системы хеморецепторов — чувствительных окончаний, настроенных на восприятие сигнальных молекул, свойственных каждой ткани, составляющей тот или иной орган. При этом барорецепторы постоянно информируют центральную нервную систему (ЦНС) о состоянии кровяного давления.

Совершенствование современной диагностики состояния плода человека позволяет анализировать его двигательную активность от начала ее возникновения. Данные, полученные современными методами, показывают, что двигательная активность плода постепенно увеличивается, что свидетельствует о ее важной роли в развитии мышц зародыша человека в период пренатального онтогенеза. В постнатальном онтогенезе барорефлекторная регуляция определяет формирование суточного профиля артериального давления и с возрастом эти процессы достигают своего максимального развития. При нарушениях барорефлекторной регуляции возникают предпосылки к развитию гипертонической болезни. В связи с этим диагностика состояния барорецепторов у пациентов является одной из важнейших в практической деятельности кардиологов.

Возвращаясь к описанию особенностей эмбрионального периода онтогенеза зародыша человека при помощи количественного нейростохимического метода исследования, следует отметить, что, начиная с третьего месяца развития, у зародыша появляются в нервных терминалях вначале медиатор холинергической природы — ацетилхолин, а затем медиатор симпатической нервной системы — норадреналин. Биохимики установили, что именно в эти сроки осуществляется формирование тканевых рецепторов, что в целом свидетельствует о начале медиаторного этапа развития зародыша человека. Таким образом, с третьего месяца внутриутробной жизни у зародыша человека начинается плодный период развития и одновременно завершается формирование плаценты.

Исследование морфометрическими методами динамики возрастных преобразований насыщенности сердца ребенка нервными окончаниями показывает следующую закономерность. Первые 7-10 лет жизни ребенка характеризуются высокими темпами нарастания показателей плотности холин- и адренергических терминалей как по ходу кровеносных сосудов, так и в миокарде, и наибольшая их концентрация постоянно отмечается в стенке правого предсердия, затем по количественным показателям следует левое предсердие, правый желудочек и, наконец — стенка левого желудочка. Следует отметить, что последняя (стенка левого желудочка), наименее снабженная нервными сплетениями, в большей степени подвергается патоло-

гическим изменениям. Ко времени наступления половой зрелости насыщенность стенок кровеносных сосудов и сердца нервными сплетениями становится максимальной. Особенно велика их плотность в зоне синусового узла, расположенного в стенке правого предсердия, а также по ходу так называемых «проводящих» волокон сердца, по которым возбуждение регулярно, во время очередного сокращения, распространяется от предсердий к желудочкам. Основным путем прохождения нервных проводников являются также коронарные сосуды и их ветвления, вплоть до капиллярного русла. Следует отметить, что к половой зрелости дифференцируются также внутрисердечные узлы, или ганглии, состоящие из нервных клеток различной природы — преимущественно моторных, отдельных чувствительных и небольших клеток хромаффинного характера. Нейроны внутрисердечных ганглиев тесно связаны с разными отделами нервной системы. Особенно много контактов (синапсов) образуют на них волокна блуждающих нервов. Эти синапсы в основном расположены на холинергических (парасимпатических) нейронах, передающих импульсы на ткани сердца. Выявляются также СИФ-клетки (от англ. SIF — small intensely fluorescent — мелкие, интенсивно флуоресцирующие) — резервуары многих биологически активных веществ. Особняком расположены собственные чувствительные нейроны внутрисердечных узлов, осуществляющих «местные» реакции. Наконец, вся деятельность ганглиев, в том числе и участие в ней адренергических терминалей, контролируется рецепторами центрального происхождения.

Снижение иннервация кровеносных сосудов и сердца сопровождается активацией гуморальной регуляции [1, 48-53]. Можно считать установленным, что наиболее полноценное, стабильное состояние нервного аппарата сосудов и сердца человека наблюдается в среднем с индивидуальными колебаниями до 30-35-летнего возраста. На обширных материалах ранних вскрытий здоровых людей, погибших в результате несчастных случаев, количественные исследования плотности адренергических нервных сплетений показали, что после 30-35-летнего возраста эти показатели медленно, но неуклонно начинают снижаться. Первыми изменяются симпатические нервные сплетения, осуществляющие трофическое воздействие на сердце. Они постепенно разрежаются, и уже не могут принести к мембранам кардиомиоцитов столь обильного потока катехоламинов, как это было в юном возрасте.

Нарастающее снижение тканей нервного снабжения — их денервация — вызывает защитный эффект: по закону Кеннона-Розенблюта (1951) в денервированных тканях прогрессивно возрастает чувствительность к гуморальным факторам. В соответствии с этим законом было показано, что на мембранах кардиомиоцитов в ответ на десимпатизацию увеличивается количество адренорецепторов. В связи с этим хотелось бы отметить работу Р.А. Стропуса [45], который после раннего вскрытия человека, погибшего в результате несчастного случая, произвел на участке сердечной мышцы морфофизиологический эксперимент — сопоставил реакцию на воздействие адреналина нормального и десимпатизированного миокарда [45]. Десимпатизированные мышечные волокна обнаружили повышенную чувствительность, сокращались во много раз интенсивнее, чем нормально снабженные адренергическими нервными волокнами участки сердечной мускулатуры. Изучение иннервации сердца, проведенное нами, позволило установить возрастные изменения органелл и включений в шейно-грудных нейронах, являющихся, как известно, источни-

ками симпатической иннервации внутренних органов и кровеносных сосудов.

Итак, лишаясь с возрастом многих симпатических нервных окончаний, мгновенно мобилизуя их работу, волокна миокарда оснащаются все большим количеством адренорецепторов, активно реагирующих на катехоламины, приносимых с кровью, что можно рассматривать как компенсаторно-приспособительную реакцию. Тем самым природа, как бы стремится защитить сердце человека, сменяя непосредственную нервную регуляцию на регуляцию гуморальную [46]. Эта регуляция осуществляется с возрастом значительно медленнее, однако сердце при такой регуляции может активно работать вплоть до старческого возраста [46]. Важно, чтобы снижение иннервации кровеносных сосудов и сердца проходило равномерно во всей массе сердца, на протяжении всей его проводящей системы и кровеносных сосудов. Учитывая негативную роль депрессии, как фактора развития и прогрессирования сердечно-сосудистых заболеваний, необходимо создавать условия для физической и творческой активности на протяжении всей жизни человека [47].

Сопоставление результатов спектрального анализа сердечного ритма с нейро-гистологическими исследованиями [50]. Исследование процесса десимпатизации сердца человека, начиная с конца третьего десятилетия жизни, приоткрывает одну из тайн нормальной работы сердца. Становится понятным, почему в норме у здоровых людей реакция сердечно-сосудистой системы, в частности, в спорте в 40-летнем возрасте уже не столь мгновенна, как у молодых. Н.А. Тарский, используя метод спектрального анализа сердечного ритма, провел исследование возрастной активности симпатического отдела вегетативной нервной системы у 43 здоровых людей в возрасте 18-71 лет. Сопоставление результатов спектрального анализа сердечного ритма с описанными выше нейрогистологическими данными показали хорошее совпадение [50]. Тем самым был подтвержден феномен ранней возрастной инволюции симпатической иннервации сердца. Возможность оценки вегетативных влияний на характер сердечного ритма с помощью методов спектрального анализа была показана еще в конце 60-х годов. Дальнейшие исследования подтвердили, что вегетативная регуляция сердца проявляется в модуляции быстрых колебаний АД и ЧСС (с периодом менее минуты), особенно в частотах между 0,2 и 0,4 Гц (высокочастотный — ВЧ-диапазон спектра) и в области частоты 0,1 Гц (низкочастотный — НЧ-диапазон). Оказалось, что пиковая частота ВЧ-диапазона отражает частоту дыхания, а его мощность — активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. В работах ряда авторов было установлено, что уровень симпатической активности линейно снижается с возрастом. Применив частотно-временной анализ последовательных кардиоциклов, Н.А. Тарский показал, что снижение суммарной мощности НЧ-диапазона с возрастом происходит нелинейно. Используя метод кластерного анализа, было установлено, что практически здоровых людей можно разделить на две группы, достоверно различающихся между собой. При этом линия раздела приходится на возраст 42 года. В результате было обнаружено, что снижение симпатической активности в норме определяется, в среднем, начиная с четвертого десятилетия жизни, а кривая, полученная при клинических наблюдениях, повторяет результаты вышеописанных нейрогистохимических исследований, свидетельствующих о снижении плотности адренергических нервных сплетений, начинающихся после достижения 30-35-летнего

возраста. Клинически этот феномен замены непосредственной нервной регуляции сердечно-сосудистой системы на гуморальную регуляцию начинает определяться несколько позже, что, вероятно, происходит в связи с включением адаптационных механизмов, замедляющих функциональные проявления постепенной смены возрастных регуляторных влияний со стороны вегетативной нервной системы [48-53].

Итак, было установлено, что, начиная с четвертого десятилетия жизни, значение гуморальных механизмов адренергической регуляции сердца возрастает. Мнение ряда клиницистов о том, что активность симпатической нервной системы в пожилом возрасте повышается, с нашей точки зрения, неверно. Мы считаем, что в связи с десимпатизацией сердца увеличивается чувствительность миокарда к гуморальным факторам за счет компенсаторного нарастания количества адренорецепторов, чем и объясняется явная эффективность применения клиницистами адреноблокаторов. Об этом может свидетельствовать и урежение пульса пожилых и старых людей, которое также является следствием того, что холинергические сплетения остаются в тканях сердца значительно дольше, чем симпатические, и сохраняют свое влияние на регуляторные механизмы миокарда до глубокой старости. В заключение следует отметить, что изучение взаимозависимости холинергического контроля и адренокортикальных реакций в механизмах регуляции сердечно-сосудистой системы по-прежнему остаются весьма актуальными проблемами современной кардиологии [46, 48-53].

Заключение. О том, что предрасположенность сосудистой стенки к развитию атеросклероза неодинакова известно давно. Известно также, что важную роль в развитии атеросклероза играют свободные радикалы [44]. Атеросклеротические бляшки чаще возникают в областях турбулентного кровотока (бифуркации сосудов) и, по нашим наблюдениям, в участках, характеризующихся пониженной концентрацией адренергических нервных сплетений. Обнаружено, что процессы дистрофии стенки сосуда могут развиваться наряду с нарушениями в других тканевых элементах со стороны эластичных волокон, которые могут проникать в стенку сосуда вплоть до эндотелия. Естественно возникает вопрос: каковы могут быть причины этих изменений и нарушений?

Ткани стенки кровеносных сосудов находятся под постоянной защитой циклических регуляторных механизмов, в том числе с участием активных форм азота и кислорода. Турбулентность кровотока в местах разветвления сосудов приводит к увеличению напряжения сдвига эндотелия и активации синтеза фактора релаксации сосудов — оксида азота (NO) и ряда продуктов его превращения. Циклический метаболизм NO, NO₂, NO₂⁻ и продуктов их превращений с участием белков и ферментов может способствовать более экономному использованию этих соединений, а нарушение этих процессов с участием химически активных свободнорадикальных соединений может вызывать локальные повреждения мембран клеток и нервных окончаний [44]. Среди продуктов превращения NO наиболее повреждающими ткани сосуда свойствами обладают пероксинитриты (ONOO⁻), которые после протонирования способны распадаться с образованием высокоактивных OH-радикалов и диоксида азота (NO₂). Мишенями токсического действия NO₂ в тканях, как правило, являются ненасыщенные жирные кислоты [30, 31]. Это связано с тем, что NO₂ способен отрывать α-углеродный атом водорода,

разрывать двойную связь в ненасыщенных жирных кислотах и образовывать на них парамагнитные центры. Кроме того, NO₂ способен взаимодействовать с ОН-группами, входящими в состав фенолов биологического происхождения, к которым относятся аминокислота тирозин и гормоны адренергической нервной системы адреналин и норадреналин. В связи с этим мембраны клеток и нервные окончания в локусах сосудов, подверженных изменению скорости кровотока, будут испытывать воздействие нитро-

зативного стресса, связанного с повышенным образованием NO, NO₂ и продуктов их превращения. Такой нитрозативный стресс может оказаться причиной повреждения эндотелия сосудов и нервных сплетений. Таким образом, в тех местах, где неравномерен ток крови и нарушается нервная трофика, предрасположенность сосудистой стенки к развитию атеросклероза может быть обусловлена нитрозативным стрессом, связанным с повышенным синтезом NO, NO₂ и продуктов их превращений [44].

Литература:

1. Ажипа Я.И. Трофическая функция нервной системы. М., 1990. 672 с.
2. Ажипа Я.И., Реутов В.П., Каюшин Л.П. Экологические и медико-биологические аспекты проблемы загрязнения окружающей среды нитратами и нитритами // Физиология человека. 1990. Т. 20. №3. С. 165 - 174.
3. Ажипа Я.И., Реутов В.П., Каюшин Л.П., Никишкин Е.И. Конформационные изомеры комплексов гемоглобина с окисью азота, возникающие в крови при действии нитрита натрия // Изв. АН СССР. сер. биол. 1983. №2. С. 240 - 250.
4. Байдер Л.М., Реутов В.П., Крушинский А.Л. и др. Исследование методом ЭПР влияния гипоксии на образование оксида азота (NO) в крови крыс линии Крушинского-Молодкиной // Биофизика. 2009. Т.54. № 5. С. 894 — 899.
5. Гусакова С.В., Ковалев И.В., Смаглий Л.В. и др. Газовая сигнализация в клетках млекопитающих // Успехи физиологических наук. 2015. Т.46. №4. С.53-73.
6. Доломатов С.И., Гоженко А.И., Москаленко Т.Я. и др. Влияние аскорбиновой кислоты на почечный транспорт эндогенных нитратов и нитритов у человека // Экспер. и клин. фармакол. 2005. Т.68. №1. С.50-52.
7. Дьяконова Т.Л., Реутов В.П. Нитриты блокируют Ca²⁺-зависимое привыкание нейронов на уровне электровозбудимой мембраны: возможная роль окиси азота // Вопр. мед. химии. 1994. Т. 40. № 6. С. 20—25.
8. Дьяконова Т.Л., Реутов В.П. Влияние нитрита на возбудимость нейронов мозга виноградной улитки // Рос. физиол. Журн. им. И.М. Сеченова. 1998. Т.84. № 11. С. 1264—1272.
9. Зенков Н.К., Меньщикова Е.Б., Реутов В.П. NO-синтазы в норме и при патологии различного генеза // Вестник РАМН. 2000. №4. С.30-34.
10. Ильницкий А.П., Реутов В.П., Рыжова Н.И., Колпакова А.С., Дерягина В.П., Некрасова Е.А., Савлущинская Л.А., Травкин А.Г. Модифицирующее действие нитритов на легочный бластомиогенез и вирусный лейкогенез у мышей: возможная роль окиси и двуокиси азота // Вестник Российской академии медицинских наук. 2000. №4. С.30-34.
11. Кондакова И.В., Загребельная Г.В., Реутов В.П. Влияние пероксидных радикалов и оксида азота на пролиферирующую активность опухолевых клеток // Известия национальной академии наук Беларуси. Сер. мед.-биол. наук. 2003. №1. С. 78-82.
12. Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Дьяконова В.Е., Реутов В.П. Влияние ингибиторов индуцибельной и нейрональной NO-синтаз на развитие аудиогенных стрессорных повреждений у крыс линии Крушинского-Молодкиной // Бюл. эксперим. биол. и мед. 2010. Т. 150. № 7. С. 38—41.
13. Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Дьяконова В.Е., Реутов В.П. Влияние ингибиторов нейрональной и индуцибельной NO-синтаз на развитие геморрагического инсульта в эксперименте // Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова. 2014. Т.114. №8. Вып.2. С.21-27.
14. Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Дьяконова В.Е., Реутов В.П. Ингибиторы нейрональной и индуцибельной NO-синтаз усиливают протекторный эффект кратковременной адаптации к гипоксии у крыс линии Крушинского-Молодкиной // Изв. РАН. Сер. биол. 2015. №1. С.77-85.
15. Крушинский А.Л., Кузенков В.С., Кошелев В.Б., Реутов В.П. Ингибиторы нейрональной и индуцибельной NO-синтаз усиливают протекторный эффект кратковременной адаптации к гипоксии у крыс линии КМ в условиях акустической экспозиции // Патогенез. 2008. № 3. С. 68—69.
16. Крушинский А.Л., Реутов В.П., Кузенков В.С. и др. Оксид азота участвует в защитном эффекте от акустического стресса при кратковременной адаптации крыс линии Крушинского-Молодкиной к гипоксии // Изв. РАН. Сер. биол. 2007. №3. С. 329—335.
17. Крушинский А.Л., Реутов В.П., Кузенков В.С. и др. Влияние NO-генерирующего соединения и ингибитора NO-синтазы на реализацию механизмов кратковременной адаптации к гипоксии у крыс линии Крушинского-Молодкиной // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2007. Т.10. №4. С.117-123.
18. Кузенков В.С., Реутов В.П., Крушинский А.Л. и др. Оксид азота вносит положительный вклад в протекторное действие кратковременной адаптации к гипоксии на развитие стрессорных повреждений у крыс линии Крушинского-Молодкиной // Вестник Московского университета. Биология. 2010. Т. 16. №1. С. 3—7.
19. Кузенков В.С., Крушинский А.Л., Реутов В.П. Влияние нитрата натрия на развитие неврологического дефицита у крыс при неполной глобальной ишемии мозга // Вестн. Моск. Ун-та. Биология. 2011. Т.16. № 1. С. 3—6.
20. Кузенков В.С., Крушинский А.Л., Реутов В.П. Влияние нитрата калия на неврологические нарушения при экспериментальной ишемии мозга // Вестн. Моск. Ун-та. Биология. 2012. Т. 16. № 4. С. 3—6.
21. Кузенков В.С., Крушинский А.Л., Реутов В.П. Влияние типа катиона и концентрации нитратов на неврологические нарушения, вызванные экспериментальной ишемией мозга // Бюл. эксперим. биологии и медицины. 2013. №6. С.710-713.
22. Куроптева З.В., Реутов В.П., Байдер Л.М. и др. Влияние гипоксии на образование оксида азота в тканях сердца животных // Докл. РАН. 2011. Т. 441. № 3. С. 406—410.

23. Мавлетова Д.А., Реутов В.П., Ряполов В.В., Дворкин Г.А. Влияние оксида азота и гипертермии на содержание белков теплового шока в культуре опухолевых клеток // Докл. РАН. 2006. Т.411. №6. С.837-840.
24. Меньщикова Е.Б., Зенков Н.К., Реутов В.П. Оксид азота и NO-синтазы в организме млекопитающих при различных функциональных состояниях // Биохимия. 2000. Т.65. №4. С. 485–503.
25. Пинелис В.Г., Сорокина Е.Г., Реутов В.П. и др. Влияние токсического воздействия глутамата и нитрита на содержание циклического ГМФ в нейронах и их выживаемость // Докл. РАН. 1997. Т. 352. № 2. С. 259–261.
26. Реутов В.П. Цикл окиси азота в организме млекопитающих // Успехи биол. химии. 1995. Т. 35. С. 189–228.
27. Реутов В.П. Биохимическое предопределение NO-синтазной и нитритредуктазной компонент цикла оксида азота // Биохимия. 1999. Т. 64. № 5. С. 634–651.
28. Реутов В.П. Медико-биологические аспекты циклов оксида азота и супероксидного анион-радикала // Вестн. РАМН. 2000. № 4. С. 35–41.
29. Реутов В.П. Цикл оксида азота в организме млекопитающих и принцип цикличности // Биохимия. 2002. Т. 67. № 3. С. 353–376.
30. Реутов В.П., Ажипа Я.И., Каюшин Л.П. Изучение методом электронного парамагнитного резонанса продуктов взаимодействия окислов азота с некоторыми органическими соединениями // Бюл. эксперим. биол. и медицины. 1978. № 9. С. 299–301.
31. Реутов В.П., Ажипа Я.И., Каюшин Л.П. Исследование парамагнитных центров, возникающих при взаимодействии двуокиси азота с олеиновой кислотой и тирозином // Докл. АН СССР. 1978. Т. 241. № 6. С. 1375–1377.
32. Реутов В.П., Ажипа Я.И., Каюшин Л.П. Кислород как ингибитор нитритредуктазной активности гемоглобина // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1983. № 3. С. 408-418.
33. Реутов В.П., Каюшин Л.П., Сорокина Е.Г. Физиологическая роль цикла окиси азота в организме человека и животных // Физиология человека. 1994. Т.20. №3. С.165-174.
34. Реутов В.П., Л.П. Каюшин, Е.Г. Сорокина. Цикл окиси азота как адаптационный механизм при гипоксии организма // Успехи физиологических наук. 1994. Т.25. №4. С.36.
35. Реутов В.П., Кузенков В.С., Крушинский А.Л. и др. Развитие стрессорных повреждений у крыс линии Крушинского-Молодкиной, генетически предрасположенных к судорожным припадкам, при действии NO-генерирующего соединения и блокатора NO-синтазы // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия медико-биологических наук. 2002. № 1. С. 5–10.
36. Реутов В.П., Орлов С.Н. Физиологическое значение гуанилатциклазы и роль окиси азота и нитросоединений в регуляции активности этого фермента // Физиол. человека. 1993. Т.19. №1. С.124–137.
37. Реутов В.П., Охотин В.Е., Шуклин А.В. и др. Оксид азота (NO) и цикл NO в миокарде: молекулярные, биохимические и физиологические аспекты // Успехи физиологических наук. 2007. Т.38. № 4. С. 39–58.
38. Реутов В.П., Самосудова Н.В., Филиппова Н.А. и др. Кортесин и нитрит в сочетании с кортесином уменьшают отек и разрушение нейронов мозжечка при геморрагическом инсульте // Докл. РАН. 2009. Т.426. №3. С.410-413.
39. Реутов В.П., Самосудова Н.В., Филиппова Н.А. и др. Нитрит в сочетании с кортесином и кортесин уменьшают отек и разрушение нейронов мозжечка при геморрагическом инсульте // Нейроиммунология. 2009. Т.7. №1. С.88-89.
40. Реутов В.П., Сорокина Е.Г. Цикл окиси азота — новый метаболический цикл, участвующий в регуляции внутриклеточной сигнализации // Мол. биол. 1998. Т. 32. № 2. С. 377–378.
41. Реутов В.П., Сорокина Е.Г. NO-Синтазная и нитритредуктазная компоненты цикла оксида азота // Биохимия. 1998 б. Т. 63. № 7. С.1029–1040.
42. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Каюшин Л.П. Цикл окиси азота и нитритредуктазная активность гемсодержащих белков в организме млекопитающих // Вопр. мед. химии. 1994. Т.40. № 6. С.31-35.
43. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Пинелис В.Г. и др. Компенсаторно-приспособительные механизмы при нитритной гипоксии у крыс // Бюл. эксперим. биологии и медицины. 1993. № 11. С.506-508.
44. Реутов В.П., Сорокина Е.Г., Швалев В.Н. и др. Возможная роль диоксида азота, образующегося в местах бифуркации сосудов, в процессах их повреждения при геморрагических инсультах и образовании атеросклеротических бляшек // Успехи физиологических наук. 2012. Т.43. №4. С. 72-91.
45. Стропус Р.А. Холинергическая и адренергическая иннервация сердца и ее изменения при сердечно-сосудистой патологии // Дис... докт. мед наук. М. 1982. 301 с.
46. Чазов Е.И. Роль нарушений регуляторных механизмов в формировании заболеваний сердечно-сосудистой системы // Терап. Архив. 1999. №9. С. 8-12.
47. Чазов Е.И. Депрессия, как фактор развития и прогрессирования сердечно-сосудистых заболеваний // Сердечно-сосудистая недостаточность. 2009. Т.4. №1. С. 6-8.
48. Швалев В.Н. Возрастные изменения регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы и значение синтазы оксида азота в норме и при патологии // Кардиология. 2007. Т.47. №5. С. 67-72.
49. Швалев В.Н., Каргина-Терентьева Р.А., Кареева Н.И. Феномен очаговой десимпатизации магистральных сосудов при развитии атеросклероза // Морфология. 1996. Т.110. №4. С.102-104.
50. Швалев В.Н., Тарский Н.А. Феномен ранней возрастной инволюции симпатического отдела вегетативной нервной системы // Кардиология. 2001. №2. С. 10-14.
51. Швалев В.Н., Реутов В.П., Рогоза А.Н. и др. Анализ возрастных изменений нервной трофики сердечно-сосудистой системы в норме и в условиях патологии // Морфологические ведомости. 2012. №3. С.6-11.
52. Швалев В.Н., Реутов В.П., Рогоза А.Н. и др. Развитие современных представлений о нейрогенной природе кардиологических заболеваний // Тихоокеанский медицинский журнал. 2014. №1. С. 11-15.
53. Швалев В.Н., Рогоза А.Н., Реутов В.П. и др. Развитие традиций казанской медицинской школы — изучение морфологических основ нервной трофики // Казанский медицинский журнал. 2014. Т.95. №2. С. 175-180.

54. Lundberg J.O., Gladwin M.T., Ahluwalia A. et al. Nitrate and nitrite in biology, nutrition and therapeutics // Nat Chem Biol. 2009. V. 5. № 12. P. 865-869.
55. Menshikova E.B., Zenkov N.K., Reutov V.P. Nitric oxide and NO-synthase in mammals in different functional states // Biochemistry (Moscow). 2000. V.65. №4. P.409-426.
56. Reutov V.P. Biochemical predetermination of the NO synthase and nitrite reductase components of the nitric oxide cycle // Biochemistry (Moscow). 1999. V.64. №5. P.528-542.
57. Reutov V.P. Nitric oxide cycle in mammals and the cyclicity principle // Biochemistry (Moscow). 2002. V.67. №3. P.293-311.
58. Reutov V.P., Kayushin L.P., Sorokina E.G. Physiological role of nitric oxide cycle in human and animal organism // Human Physiology. 1994. V.20. P. 219-229.
59. Reutov V.P., Krushinsky A.L., Kuzenkov V.S., Koshelev V.B. Protective Effect of Hypoxic Preconditioning on Stress Resistance of Krushinsky-Molodkina Rats Genetically Prone to Audiogenic Epilepsy // Hypoxia Med. J. 2004. Vol. 12. № 3-4. P.51-54.
60. Reutov V.P., Sorokina E.G. NO-synthase and nitrite-reductase components of nitric oxide cycle // Biochemistry (Moscow). 1998. V.63. №7. P. 874-884.

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Применение пищевых растений в народной медицине Якутии

Чирикова Надежда Константиновна, кандидат фармацевтических наук, доцент;

Ефремова Марина Иннокентьевна, студент;

Федоров Андрей Андреевич, студент

Северо-Восточный Федеральный университет им. М.К. Аммосова

(Республика Саха (Якутия), г. Якутск)

Аннотация. В результате опроса травников и сельских жителей из 20 районов Якутии, использующих дикорастущие растения как пищевые, нами составлен список из 35 растений, применяемые как пищевые до настоящего времени (не считая плодово-ягодные растения). Наиболее перспективными растениями Якутии являются: уерэ-ото — полынь обыкновенная, унньуула — сусак зонтичный, ымыйах — копеечник горошковидный и древесная заболонь.

Ключевые слова: пищевые растения; Якутия; рацион питания; биологически активные вещества; экстремальные условия.

Якутию называют краем «вечной мерзлоты» и «Полюса холода». Условия криолитозоны оказывают существенное влияние на формирование всех факторов среды: климата, почвы, форм рельефа, растительности и т.д.

Растительность Якутии представлена в основном тайгой, которая занимает около 75% территории. Флора включает около 1590 видов высших растений. Совмещение в одном регионе различных абиотических факторов отразилось не только на характере растительности Якутии, но и на химическом составе местных растений [2]. Установлено, что местные пищевые растения, приспособившиеся к экстремальным условиям произрастания, более богаты питательными и различными биологически активными веществами, чем такие же растения, произрастающие в более мягких условиях юга [1].

При традиционном белково-липидном типе обмена веществ, рацион питания местного населения Якутии был смешанным, т. е. при преобладании в рационе продуктов животного происхождения в рацион включалось значительное количество растительной пищи, которую составляли дикорастущие пищевые растения. При этом следует учесть данные многих авторов, что для каждой популяции людей более полезными являются продукты, произведенные из растительного, животного и минерального сырья, заготовленного в местах ее исконного обитания.

Якуты испокон веков знали ценность лечебных растительных трав, используемых в пищу. Сбор дикорастущих ягод, съедобных трав и корней, был распространен среди якутов в прошлом, когда еще не было хлеба, чая, соли. В составе пищи якутов до развития хлебопашества, т.е. до 80-90-х гг. XIX в., очень большое место после молочных и мясных продуктов занимали продукты растительного происхождения — стебли и корни дикорастущих растений, ягоды и древесная заболонь. Количество и состав потребляемых растительных продуктов зависели от характера хозяйства, его экономической мощи, обеспеченности рабочей силой и от физико-географических особенностей отдельных мест и районов области [3].

В результате опроса травников и сельских жителей из 20 районов Якутии, использующих дикорастущие растения как пищевые, нами составлен список из 35 растений, применяемые до настоящего времени (не считая плодово-ягодные растения). В результате опроса установили, что в центральных улусах больше всего используют:

- уерэ-ото — полынь обыкновенная - *Artemisia vulgaris* L. для улучшения пищеварения, возбуждающее аппетит и как общетонизирующее, противовоспалительное и стимулирующее средство;

- кучу — иван-чай, кипрей - *Epilobium angustifolium* L. для нормализации пищеварения, укрепления организма, также как мягкое мочегонное и слабительное средство;

- кииһилэ — щавель кислый - *Rumex acetosa* L. для улучшения пищеварения, обладает вяжущим и диуретическим действием;

- заболонь лиственницы даурской, *Larix dahurica* Turcz. - *тишт* (тюрк. *тишт*, *тыт*) и сосны лесной - *Pinus silvestris* L. - *бэс* для улучшения пищеварения.

В северных улусах широко применяют такие растения как:

- уерэ-ото — полынь обыкновенная - *Artemisia vulgaris* L. для улучшения пищеварения, возбуждающее аппетит и как общетонизирующее, противовоспалительное и стимулирующее средство;

- кедровый стланик — *Pinus pumila* R. как иммуностимулирующее, противовоспалительное и для улучшения состояния организма;

- ымыйах — копеечник горошковидный - *Hedysarum Gmelini* L. для улучшения работы ЖКТ, используют как общеукрепляющее и повышает работоспособность средство;

- унньуула — сусак, хлебница - *Butomus umbellatus* L. нормализует пищеварение, повышает жизненный тонус, а также применяется как слабительное, мочегонное средство.

Продукты на основе пищевых растений помогут улучшить качество жизни людей, они должны входить в пищевой рацион населения, особенно в северных районах Сибири, где большинство сельскохозяйственных культур не выращиваются в силу суровых климатических условий. К тому же многие виды диких пищевых растений не только не уступают, но даже превосходят по питательности и вкусовым качествам культурные растения. В связи с вышесказанным, дальнейшее исследование пищевых растений Якутии, в первую очередь изучение химического состава растительного сырья, позволит широко применять их для укрепления и сохранения здоровья организма человека.

Литература:

1. Васильева В. Т. Экология, биохимический состав и пищевая ценность полыни обыкновенной и сусака зонтичного в Центральной Якутии: дис. ... канд.биол.наук: 03.00.16 —Якутск, 2006. — 150 с.
2. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. — Якутск: Якут. кн. изд-во, 1973. — 118 с.
3. Саввин А.А. Пища якутов до развития земледелия (опыт историко-этнографической монографии) — Якутск: ИГИ АН РС (Я), 2005. — 376 с.

Анатомо-диагностическое изучение травы горца земноводного наземной формы

Коновалова Варвара Михайловна, студент;

Плотникова Александра Анатольевна, студент

Волгоградский Государственный Медицинский Университет (г. Волгоград)

Введение. Одним из перспективных источников фито-препаратов считаются лекарственные растения, содержащие флавоноиды, которые в силу широкого распространения в растениях и большого структурного разнообразия в настоящее время находятся в центре внимания исследователей в области фармакогнозии во всей мировой фармацевтической науке. Это связано с тем, что флавоноиды обладают выраженными антиоксидантными, гепатопротекторными, ангиопротекторными, желчегонными, нейтропными и другими фармакологическими свойствами. Вместе с тем, созданию лекарственных препаратов на основе флавоноидных растений препятствует недостаточная степень изученности их химического состава, зависимостей в ряду «химическая структура — спектральные характеристики» и «компонентный состав — фармакологические свойства». В связи с этим возникла необходимость в поиске нового лекарственного сырья, содержащего флавоноиды, и их дальнейшего изучения [01-11].

Горец земноводный (*Polygonum amphibium* (L.) Delarbre) наземная форма (*terrestre*) (род — *Persicaria* (L.) Mill., семейство — *Polygonaceae* Juss.). Представляет собой многолетнее травянистое растение. Корневище мощное, разветвленное, крупное, слегка изогнутое, ползучее, темно-коричневого цвета. Высота побегов наземной формы до 60 см. От корневища отходят от одного до нескольких стеблей. Они прямостоячие, густо облиственные. Листья простые, линейно-ланцетовидной формы, со слегка заостренной верхушкой, клиновидным основанием, цельнокрайние, сверху темно-зеленые, с нижней стороны — светло-зеленые. У основания листьев имеются пленчатые растрескивания, почти полностью охватывающие междоузлия. Цветки мелкие, правильные, в безлистных густых цилиндрических колосках на отдельных цветочных побегах; околоцветник розовый. Плод — сухой орешек, зеленовато-бурого цвета [12].

Горец земноводный (наземная форма) произрастает на песчаных и супесчаных почвах по болотам, озерам и берегам рек, на приречных лугах, вдоль дорог, часто образует большие заросли. Встречается по всей Европейской части России, на Кавказе, в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, на Украине. На территории Волгоградской области произрастает в поймах рек.

Химический состав Горца земноводного (на основании данных, полученных Бурятским государственным университетом) включает в себя [13]:

- Наземная часть — стероиды, стилибуны, фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды, витамины С и К
- Подземная часть — дубильные вещества, углеводы, полисахариды, кумарины, витамины С и К

Все это говорит о перспективности данного растения с точки зрения применения его в медицинской практике при

этом как наземной, так и подземной его частей. А широкое распространение горца земноводного по территории нашей страны [14] и в Волгоградской области в частности позволяет делать вывод о его значительном сырьевом потенциале.

Целью нашей работы является изучение анатомического строения листьев Горца земноводного (наземной формы), для выявления диагностических признаков, позволяющих идентифицировать сырье этого растения.

Материалы и методы. Материалом для анатомо-диагностического исследования явилась трава Горца земноводного (наземной формы), собранная в фазу вегетации от дикорастущих популяций в июле - августе 2015 года в Среднеахтубинском районе Волгоградской области. При приготовлении микропрепаратов руководствовались статьей «Техника микроскопического и микрохимического исследования лекарственного растительного сырья» ГФ XI [15]. Изучение и фотографирование микрообъектов выполняли с помощью микроскопа Levenhuk T-87 с цифровой камерой Levenhuk — 510S. Определение морфологических признаков проводилось на сырье, полученным путем кипячения в течение 1-2 минут в 2-5% растворе КОН. Из подготовленного материала готовили поперечные срезы с помощью лезвия. Срез помещали в каплю раствора хлоралгидрата на предметное стекло. Накрывали покровным стеклом, слегка подогревая для удаления пузырьков воздуха, и после охлаждения рассматривали под микроскопом.

Результаты и обсуждения. Нами была выявлена следующая картина анатомического строения листа горца земноводного. На микропрепарате поперечного среза листа видно, что клетки верхнего и нижнего эпидермиса многоугольные (4-5 угольные) с прямыми стенками (рис.1). Устьица встречаются на обеих сторонах листа и окружены 2-3 клетками. Устьичный аппарат дицитного типа (рис.2). В клетках верхнего эпидермиса имеются многочисленные округло-овальной формы вместилища с бурым или бесцветным содержимым (рис.3).

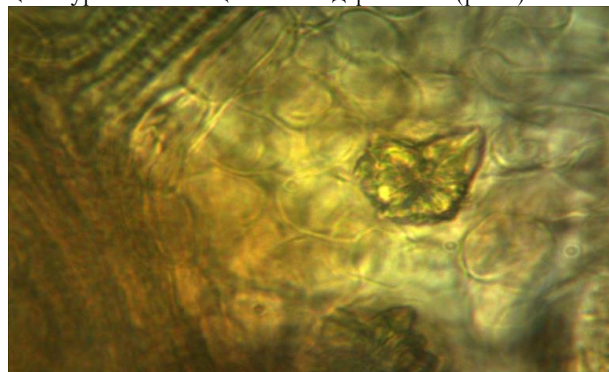


Рис. 1 Клетки нижнего эпидермиса

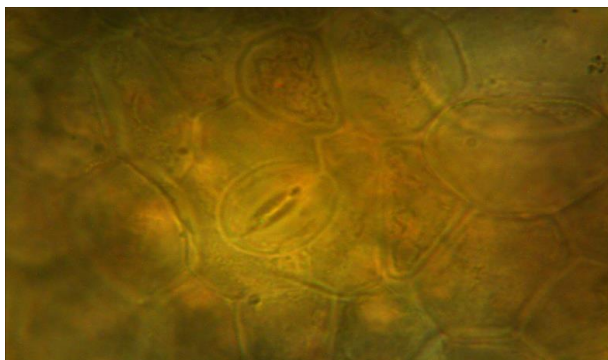


Рис.2 Устьичный аппарат

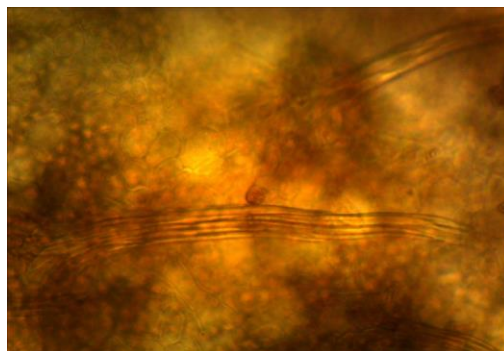


Рис. 5 Пучковый волосок на поверхности листа

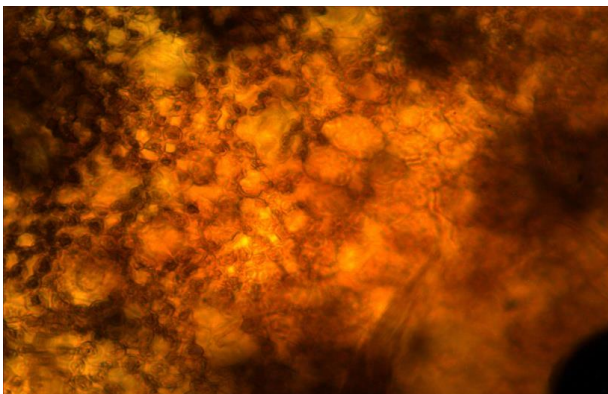


Рис. 3 Вместилища с бурым или бесцветным содержимым

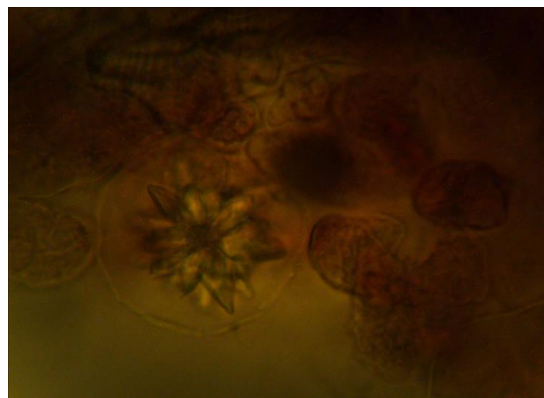


Рис. 6 Друза оксалата кальция

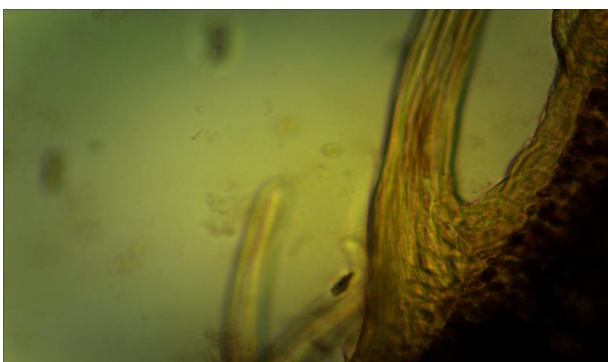


Рис. 4 Пучковый волосок по краю листа

По краю листа (рис.4), а также по всей его поверхности обнаруживаются пучковые волоски (рис.5). Они представляют собой простые, прижатые друг к другу одноклеточные волоски. Оксалат кальция представлен в виде друз (рис.6).

Вывод. Отличительными особенностями строения надземной части горца земноводного является диацитный тип устьичного аппарата, наличие пучковых волосков не только по краю листа, но и по всей поверхности, вместилищ с бурым или бесцветным содержимым. Указанные анатомо-диагностические признаки травы Горца земноводного (наземной формы) могут быть использованы для разработки раздела фармакопейной статьи «Микроскопия» сырья «Горца земноводного трава».

Литература:

1. Яницкая А.В., Митрофанова И.Ю., Хейлик Ю.В. - Оптимизация процесса экстрагирования флавоноидов из травы мелколепестника канадского - Вестник Волгоградского государственного медицинского университета 2014. № 2 (50). - С. 20-23.
2. Куркин В.А., Куркина А.В., Авдеева Е.В. Флавоноиды как биологически активные соединения лекарственных растений // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 11-9. — С. 1897-1901;
3. Митрофанова И.Ю., Яницкая А.В., Гукасова В.В. - Влияние технологических факторов на эффективность экстрагирования флавоноидов из травы девясила британского (*Inula britannica* L.) - Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация 2014. Т. 25. № 4 (175). - С. 244-249.
4. Mitrofanova I.Yu., Yanitskaya A.V. - Assay of the total content and dynamics of the accumulation of polyfructans in the rhizomes and roots of the elecampane (*inula helenium* L.) Grown in the volgograd region - Pharmaceutical Chemistry Journal 2013. Т. 47. № 3. - С. 169-171.
5. Mitrofanova I.Yu., Yanitskaya A.V., Butenko D.V. - Methodological aspects of optimizing the choice of plants for creation of new drugs - Bulletin of Experimental Biology and Medicine - 2013. Т. 155. № 5. - С. 647-649.
6. Яницкая А.В., Митрофанова И.Ю. - Валидационная оценка методики количественного определения флавоноидов в траве девясила британского - Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2013. № 3 (47). - С. 47-49.
7. Яницкая А.В., Митрофанова И.Ю. - Состав и содержание фенольных соединений в надземной части белокудренника черного, произрастающего в Волгоградской области - Вестник Волгоградского государственного медицинского университета 2013. № 4 (48). - С. 70-71.
8. Яницкая А.В., Митрофанова И.Ю. - Разработка методики количественного определения флавоноидов в траве де-

вясилы германского - Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2013. Т. 23. № 18. - С. 211-214.

9. Гукасова В. В., Митрофанова И.Ю., Яницкая А.В. - Сравнительное изучение содержания флавоноидной фракции в разных морфологических группах девясила британского - II гаммермановские чтения / сборник научных трудов Санкт-Петербурга, СПбХА, 2014, - С. 35-36

10. Митрофанова И.Ю., Яницкая А.В., Гукасова В.В. Влияние технологических факторов на эффективность экстрагирования флавоноидов из травы девясила британского (*Inula britannica* L.)/Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация 2014. Т. 25. № 4 (175). С. 244-249.

11. Яницкая А.В., Гукасова В.В., Рабичева А.С. - Методика математического моделирования процесса экстрагирования некоторых видов девясила // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2014. № 4 (52). С. 109-111.

12. <http://www.plantarium.ru/page/view/item/27361.html>

13. Николаева Г.Г., Бальхаева М.В., Николаева И.Г., Маняк В.А. — Изучение фенольного состава растений: горца Растопыренного, г. узколистного, г. земноводного, г. птичьего методом ВЭЖХ — Вестник Бурятского Государственного Университета, Спецвыпуск С/2012 — С. 127-130

14. Яницкая А.В., Митрофанова И.Ю. Валидационная оценка методики количественного определения флавоноидов в траве девясила британского//Вестник Волгоградского государственного медицинского университета.2013. № 3 (47). С. 47-49.

15. Я.В.Яницкая, И.В.Землянская Диагностические признаки некоторых видов рода Полынь (*Artemisia* L.), произрастающих в Волгоградской области. Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2012.- 120с.