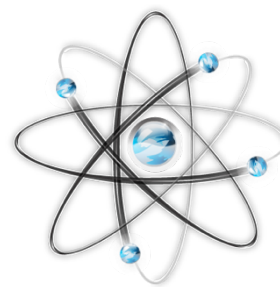


**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ
ISSN 2303-9868**

Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.
Главный редактор: Миллер А.В.
Адрес редакции: 620036, г. Екатеринбург, ул. Лиственная, д. 58.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org



**Meždunarodnyj
naučno-issledovatel'skij
žurnal**

**№2 (21) 2014
Часть 1**

Подписано в печать 08.03.2014.
Тираж 900 экз.
Заказ 14346.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО «Импекс».
620075, Екатеринбург, ул. Толмачева, д. 16, офис 12.

Сборник по результатам XXIV заочной научной конференции Research Journal of International Studies.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Полное или частичное воспроизведение или размножение, каким бы то ни было способом материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения авторов.

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

Члены редколлегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Екатеринбург - 2014

ОГЛВЛЕНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS	5
IMPULSE RESPONSE FUNCTION OF THE ACTION POTENTIAL IN NERVE FIBER	5
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫЕ ТОМОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ	8
OPTIMIZATION OF NEUTRON-PHYSICAL CHARACTERISTICS OF «DRY» STORAGE SYSTEMS OF SPENT NUCLEAR FUEL OF URANIUM-GRAPHITE PRESSURE TUBE REACTORS	15
ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТОКИ В СФЕРИЧЕСКОМ ДИОДЕ	19
АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ ОПИСЫВАЕМОГО НЕОДНОМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ УРАВНЕНИЙ НЕРНСТА-ПЛАНКА-ПУАССОНА ДЛЯ БИНАРНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА.	23
ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА В СМЕСИ АТОМАРНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ ГАЗОВ	32
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОКЛАСТЕРОВ В СТРУКТУРЕ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ	34
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ	35
ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ПЛОСКОМ ПРЯМОЛИНЕЙНОМ КАНАЛЕ	37
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ДИМЕРА В МОДЕЛИ ХАББАРДА В ПРИБЛИЖЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ	39
НЕЛИНЕЙНЫЙ ОСЦИЛЛЯТОР С ГИСТЕРЕЗИСНЫМИ СВОЙСТВАМИ	43
РОЛЬ ЗАРЯЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕБАЯ В ТРИБОЛОГИИ	49
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY	50
О ВЛИЯНИИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ОНКОЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	50
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: ПЕПТИДНЫЕ БИОРЕГУЛЯТОРЫ В ПРОФИЛАКТИКЕ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО СТАРЕНИЯ	52
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ <i>FLAVOBACTERIUM PSYCHROPHILUM</i>	53
ПРОФИЛАКТИКА И ЛЕЧЕНИЕ БОТРИОЦЕФАЛЕЗА И КАВИОЗА КАРПОВЫХ РЫБ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ	54
СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ <i>VACCINIUM VITIS-IDAEA</i> L. В ЧЕРДЫНСКОМ РАЙОНЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ	56
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРИРУЮЩИХ СПОСОБНОСТЕЙ КОМПОСТНЫХ ЧЕРВЕЙ ВИДОВ <i>EISENIA FETIDA</i> (SAVIGNY, 1826) И <i>EISENIA HORTENSIS</i> (MICHAELSEN, 1889) (OLIGOSCHAETA, LUMBRICIDAE)	57
ВЛИЯНИЕ СТРЕССОВЫХ СОСТОЯНИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СПОРТСМЕНА В УСЛОВИЯХ СОРЕВНОВАНИЙ	58
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: «ЦЕНА» АДАПТАЦИИ К МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ	59
ИНТРОДУКЦИЯ ВИДОВ РОДА <i>HERACLEUM</i> L. И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ КОЛЛЕКЦИОННОГО ФОНДА БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА	61
УЧАСТИЕ ГИППОКАМПА В ГОРМОНАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПИЩЕВОЙ АКТИВНОСТИ	62
О СХОДСТВЕ И РАЗЛИЧИИ СИГНАЛЬНЫХ ПУТЕЙ КЛЕТОЧНОГО ОТВЕТА ЭРИТРОЦИТОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЙ И СВЕТОВОЙ СТИМУЛЫ	65
РАЗВЕДЕНИЕ ПОТАМОТРИГОНИД В АКВАКУЛЬТУРЕ	67
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС БАСЕЙНА РЕКИ СВЯЯГИ, КАК БАЗА СОХРАНЕНИЯ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЕГИОНА	68
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ <i>FRAGARIA ANANASSA</i> DUCH. НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЗКОПОЛОСНОГО СПЕКТРА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ	70
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING	71
СВОЙСТВА ТРАФИКА IPTV В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ	71
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ – НОВЫЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЛИКВИДАЦИИ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОГО ГКМ	73
CFD-МОДЕЛИРОВАНИЕ ОМЫВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБ УДОБООБТЕКАЕМОЙ ФОРМЫ С НЕПОЛНЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ОРЕБРЕНИЕМ	76
МОЛОЧНАЯ СЫВОРОТКА МЕМБРАННОЙ ОБРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВЛЕННЫХ СЫРОВ	80

СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОБЕТОНА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ	84
К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЙ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ	85
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: ИНФОРМАЦИОННОЕ НЕРАВЕНСТВО В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ	87
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКВИВАЛЕНТОВ ПО АЛЮМИНИЮ И МОЛИБДЕНУ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛИМОРФНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ СЛИТКОВ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ	88
КИСЛОМОЛОЧНЫЙ НАПИТОК СМЕШАННОГО БРОЖЕНИЯ	89
EFFECT OF DYNAMIC MACHINE-TOOL FEATURES FOR QUALITY OF MACHINING SURFACE	91
НОВЫЕ СРЕДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫВКИ СУДОВЫХ ВОДЯНЫХ СИСТЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ	93
ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ И НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГРУППЫ КРОВИ У РЕБЕНКА В СИСТЕМЕ АВ0	95
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	97
ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА SIRDELETE	99
ВЫСОКОПРОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ	101
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ГЛИН С ЦЕЛЬЮ ПРИВИТИЯ ЧАСТИЦ ДРУГОЙ ПРИРОДЫ	103
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА В ЭРЛИФТНОМ РЫБОПОДЪЁМНИКЕ	106
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНТЕГРАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДСХЕМ	109
МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ	110
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НОРМИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ	111
СБОРКА И МОНТАЖ СУДОВЫХ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ ЕДИНИЦ ПО МЕТОДУ РАЗОВОЙ СБОРКИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ.	113
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: ТЕХНОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА, ОБЛАДАЮЩЕГО АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ	116
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ СКОРОСТИ НА ОСНОВЕ БЕСКОНТАКТНОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ОГРАНИЧЕННЫМ УГЛОМ ПОВОРОТА	118
ВАРИАНТ ВОЗВЕДЕНИЯ ВАХТОВЫХ ПОСЕЛКОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА	120

Понетаева Е.Г.¹, Богатов Н.М.², Григорьян Л.Р.³, Богатов Н.Е.⁴, Богатов Е.М.⁵, Щербаков А.С.⁶

¹Аспирант, Кубанский государственный университет; ²Доктор физико-математических наук, профессор, Кубанский государственный университет; ³Кандидат физико-математических наук, доцент, Кубанский государственный университет; ⁴Магистрант, Кубанский государственный университет; ⁵Магистрант, Кубанский государственный университет; ⁶Магистрант, Кубанский государственный университет

ФУНКЦИЯ ИМПУЛЬСНОГО ОТКЛИКА ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ В НЕРВНОМ ВОЛОКНЕ

Аннотация

Проанализировано поведение импульсного сигнала при его распространении в нервном волокне. Сигнал бесконечно малой длительности на входе аксона имеет вид асимметричного импульса в пространственном и временном сечениях аксона. Максимум импульса уменьшается, а ширина увеличивается с увеличением пространственной координаты и времени.

Ключевые слова: нервное волокно, импульсный сигнал, функция импульсного отклика

Ponetaeva E.G.¹, Bogatov N.M.², Grigoryan L.R.³, Bogatov N.E.⁴, Bogatov E.M.⁵, Csherbakov A.S.⁶

¹Postgraduate student, Kuban State University; ²Doctor in Physics and mathematics, Professor, Kuban State University; ³PhD in Physics and mathematics, associate professor, Kuban State University; ⁴Master student, Kuban State University; ⁵Master student, Kuban State University; ⁶Master student, Kuban State University

IMPULSE RESPONSE FUNCTION OF THE ACTION POTENTIAL IN NERVE FIBER

Abstract

Behavior of the impulse signal was analyzed during the propagation process in the nerve fiber. An infinitesimal duration signal which is used as an axon input value has a view of asymmetrical impulse in space and time cross section. The maximum of pulse decreases and width of signal increases when coordinate and time increase.

Keywords: nerve fiber, impulse signal, impulse response function.

Regular functioning of the living organism is impossible without the exchange of information between its subsystems. One of the ways of information transfer is propagation of electrical impulses in the nerve fiber. Electric character of nerve pulses is proved in researches done by Hodgkin A.L., Huxley A.F. and others [1-3].

Modeling of bioelectrical effects is widely used in modern electrophysiology to study the processes occurring in living electroexcitable structures [4-7]. Soliton model of nerve fiber transmembrane potential change occurring in process of excitation propagation was developed in works [8-11]. Accurate analytical solution of nerve impulse propagation within Hodgkin-Huxley's model, based on the integral Laplace transformation and Efros theorem when the input excitation pulse deviates from the Heaviside step function was obtained in [12].

Simulated results are generally consistent with the experimental data. Applied problems, e.g. bioprosthetics, require a solution of a general problem: an analysis of changes of arbitrary signals in nerve fiber. The problem of action potential propagation in nerve fiber for arbitrary input pulses was successfully solved in [13].

The aim of this research is to calculate the impulse response function of the action potential in nerve fiber.

Action potential is the change of the membrane potential between intracellular medium and extracellular substance, which moves with nerve signal propagation, when nerve cells are excited. Equation (1) described an action potential, $V(x,t)$, propagation in nerve fiber [1].

Error! Objects cannot be created from editing field codes., (1)

where r is a radius of the axon, ρ_a is a resistivity of the axoplasm, C_m is a capacitance per unit area of membrane, ρ_m is a resistivity of membrane material, l is a membrane thickness, the action potential is measured from the resting potential.

We search for the solution of the equation (1) when $x \in [0, \infty)$, $t \in [0, \infty)$ meeting next conditions:

$$V(x,t)|_{x=0} = V_0(t), \quad (2)$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} V(x,t) = 0, \quad (3)$$

$$V(x,t)|_{t=0} = 0. \quad (4)$$

We impose following conditions on the function $V_0(t)$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |V_0(t)| dt = \text{const}, \quad (5)$$

$$V_0(t) = 0 \text{ при } t < 0, \quad (6)$$

and denote

$$\lambda = \sqrt{\frac{r l \rho_m}{2 \rho_a}}, \quad \tau = l \rho_m C_m, \quad (7)$$

where λ is a constant of the neuron fiber length, τ is a constant of signal attenuation.

Then equation (1) takes a form

$$\lambda^2 \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} - \tau \frac{\partial V}{\partial t} - V = 0 \quad (8)$$

We introduce dimensionless variables:

$$x' = \frac{x}{\lambda}, \quad t' = \frac{t}{\tau}, \quad V' = \frac{V - V_0}{V_0}, \quad (9)$$

where V_0 is a resting potential.

In terms of dimensionless variables (9) the equation (8) takes a form

$$\frac{\partial^2 V'}{\partial x'^2} - \frac{\partial V'}{\partial t'} - V' = 0 \quad (10)$$

Then we represent the solution of the equation (10) as a Fourier integral

$$V'(x',t') = \int_{-\infty}^{\infty} U(v') e^{\alpha(v')x'} e^{2\pi i v' t'} dv' \quad (11)$$

In equation (11) $U(v')$ is a Fourier transform of the function $V'_0(t')$ which satisfies the condition (5),

$$U(v') = \int_{-\infty}^{\infty} V_0'(t') e^{-2\pi i v' t'} dt' \quad (12)$$

The characteristic equation follows from the equations (10) and (11)

$$\alpha^2(v') - 2\pi i v' = 0, \quad (13)$$

$\alpha(v')$ is a complex function

$$\alpha(v') = \text{Re} \alpha(v') + i \text{Im} \alpha(v') \quad (14)$$

We can find imaginary part of $\alpha(v')$ from the equation (14) considering condition (3). The result is:

$$\text{Im} \alpha(v') = \begin{cases} -\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sqrt{1+(2\pi v')^2} - 1}, & v' \geq 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sqrt{1+(2\pi v')^2} - 1}, & v' < 0 \end{cases} \quad (15)$$

Similarly, we can find the real part of $\alpha(v')$

$$\text{Re} \alpha(v') = \frac{\pi v'}{\text{Im} \alpha(v')} \quad (16)$$

The equation (15) shows that $\text{Im} \alpha(v')$ is an odd function of v' and the equation (16) shows that $\text{Re} \alpha(v')$ is an even function. We will have a solution of the equation (10) with $x' \geq 0$ for input arbitrary excitation pulse $V_0'(t')$ if we insert (14 – 16) to the (11).

$$V'(x', t') = 2 \int_0^{\infty} (\text{Re} U(v') \cos(\text{Im} \alpha(v') x' + 2\pi v' t') - \text{Im} U(v') \sin(\text{Im} \alpha(v') x' + 2\pi v' t')) e^{\text{Re} \alpha(v') x'} dv' \quad (17)$$

Let $V_0'(t') = \delta(t')$, where $\delta(t')$ is delta function. We denote the corresponding solution of (17) as $h(x', t')$ and name it impulse response function. From (12) we have $U(v') \equiv 1$ then:

$$h(x', t') = \begin{cases} 2 \int_0^{\infty} e^{x' \text{Re} \alpha(v')} \cos(x' \text{Im} \alpha(v') + 2\pi v' t') dv', & t' \geq 0 \\ 0, & t' < 0 \end{cases} \quad (18)$$

According to the Plancherel theorem, for arbitrary input excitation impulse $V_0'(t')$ we have:

$$V'(x', t') = \int_{-\infty}^{\infty} V_0'(t'') h(x', t' - t'') dt'' \quad (19)$$

Fig. 1 – 4 show the function $h(x', t')$ changes with different argument values. The function for $x' = \text{const}$ is shown in Fig. 1 and Fig. 2. The function for $t' = \text{const}$ is shown in Fig. 3 and Fig. 4.

Behavior of the impulse signal was analyzed during the propagation process in the nerve fiber. An infinitesimal duration signal $h(0, t') = \delta(t')$ which is used as an axon input value has a view of asymmetrical impulse in space and time cross section. The maximum of pulse decreases and width of signal increases when x' and t' increase.

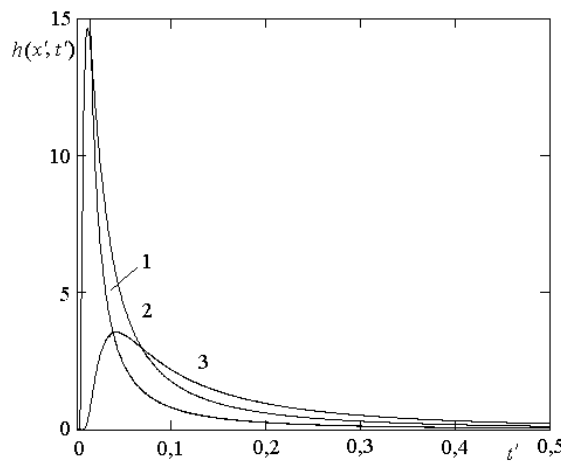


Fig. 1. The function $h(x', t')$: 1 – $x' = 0,1$; 2 – $x' = 0,25$; 3 – $x' = 0,5$

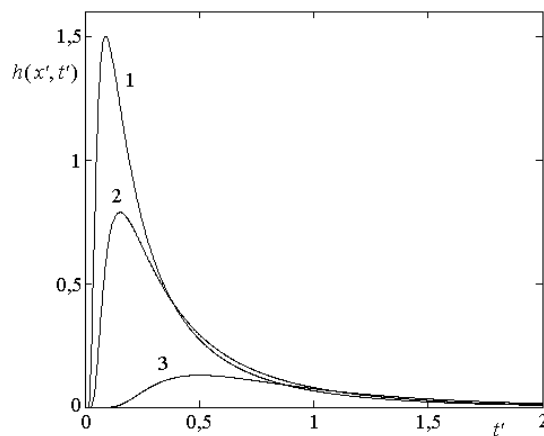


Fig. 2. The function $h(x', t')$: 1 – $x' = 0,75$; 2 – $x' = 1$; 3 – $x' = 2$

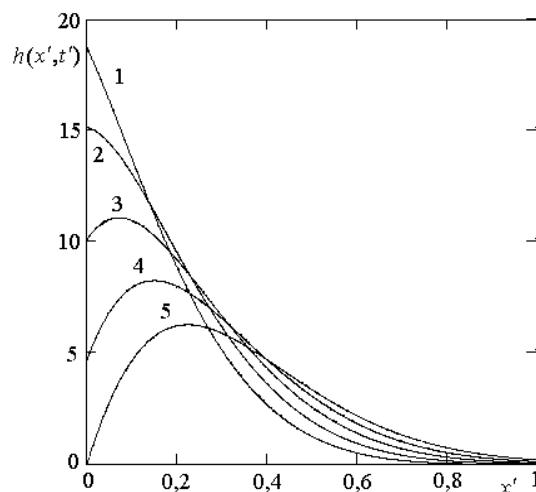


Fig. 3. The function $h(x', t')$: 1 – $t' = 0,01$; 2 – $t' = 0,02$; 3 – $t' = 0,03$; 4 – $t' = 0,04$; 5 – $t' = 0,05$

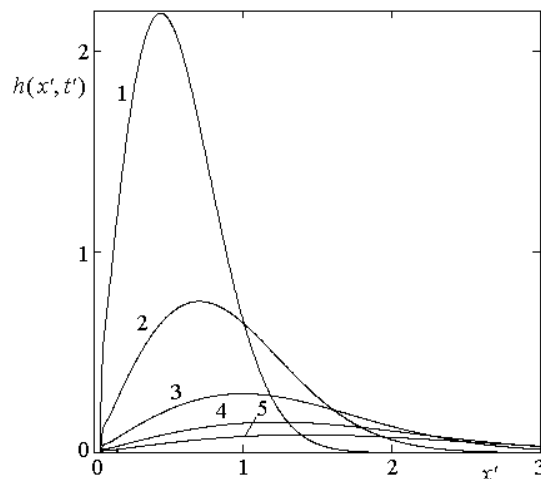


Fig. 4. The function $h(x', t')$: 1 – $t' = 0,1$; 2 – $t' = 0,25$; 3 – $t' = 0,5$; 4 – $t' = 0,75$; 5 – $t' = 1$

References

1. Hodgkin A. L., Rushton W. A. H. The electrical constants of a crustacean nerve fiber // Proc. Roy. Soc. London. 1946. Ser B. V. 133. P. 444-479.
2. Hodgkin A. L., Huxley A. F. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve // J. Physiol. (London). 1952. V. 117. N4. P. 500-544.
3. Hodgkin A.L. Nerve impulse. M.: Mir, 1965. 128 c. (Rus)
4. Frankenhaeuser B., Huxley A. The action potential in the myelinated nerve fibre of *Xenopus Laevis* as computed on the basis of voltage clamp data // J.Physiol. 1964. N2. P. 302-315.
5. Fomin S.V., Berkinblit M.B. Mathematical problems in biology. M.: Nauka, 1973. 200 c. (Rus)
6. Abbott L. F., Kepler T. B. Model neurons: from Hodgkin-Huxley to Hopfield // Statistical Mechanics of Neural Networks, L. Garrido, ed., no. 368 in Lecture notes in Physics, Springer-Verlag, 1990. P. 5-18.
7. Dominique Debanne. Information processing in the axon // Nature Reviews Neuroscience. 2004. V.5. N4. P. 304-316.
8. Maksimenko E.V. The analytical model of the nerve impulse // Obozrenie prikladnoy i promishlennoy matematiki. 2003. T. 10. Vol.3. pp. 696-697. (Rus)
9. Maksimenko E.V. The Korteweg-de Vries equation using for transmembrane potential modeling in nerve fiber // Vestnik Severo-Kavkazskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, seriya «Estestvennonauchnaya». 2004. №1(7). pp. 234-235. (Rus)
10. Maksimenko E.V. The nerve impulse propagation modeling with computer using // Obozrenie prikladnoy i promishlennoy matematiki. 2004. T. 11. Vol.2. pp. 368-369. (Rus)

11. Maksimenko E.V. About mathematical methods using in biological researches // Obozrenie prikladnoy i promishlennoy matematiki. 2005. T. 12. Vol. 2. pp. 431-432. (Rus)
12. Selezov I.T., Morozova L.V. Generalization of the action potential excitation and propagation in nerve fiber problem // Prikladna gidrimehanika. 2010. T. 12. N. 3. pp. 75-83. (Ua)
13. Bogatov N.M., Grigoryan L.R., Ponetaeva E.G. The modeling of electrical impulses propagation in nerve fiber // Collective monograph. Sovremennye problemy fiziki, biofiziki i infokommunikacionnyh tehnologiy. Krasnodar: Krasnodarskiy CNTI, 2012. pp. 33 – 44. (Rus)

Синицын А.С.¹, Богатов Н.М.², Бондаренко Р.С.³, Бут А.В.⁴, Козырев В.Г.⁵

¹Аспирант, Кубанский государственный университет, ГБУЗ «Детская Краевая Клиническая больница» МЗ КК; ²Доктор физико-математических наук, профессор, Кубанский государственный университет; ³Магистрант, Кубанский государственный университет; ⁴Магистрант, Кубанский государственный университет; ⁵Магистрант, Кубанский государственный университет

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫЕ ТОМОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Аннотация

В статье рассмотрено влияние температуры на магнитно-резонансные томографические изображения фантомов. Показано, что T_2 – взвешенные изображения более подходят для МР термографии, чем T_1 – взвешенные изображения.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, температура.

Sinicyn A.S.¹, Bogatov N.M.², Bondarenko R.S.³, But A.V.⁴, Kozyrev V.G.⁵

¹ Postgraduate student, Kuban State University, Children Clinical Hospital in Krasnodar; ² Doktor in Physics and mathematics, professor, Kuban State University; ³ Master student, Kuban State University; ⁴ Master student, Kuban State University; ⁵ Master student, Kuban State University

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON MAGNETIC RESONANCE IMAGING

Abstract

The article considers influence of temperature on magnetic resonance imaging of phantoms. It is shown that the T_2 - images are more suitable for MR thermography than T_1 - images.

Keywords: magnetic resonance imaging, temperature.

Введение

Метод гипертермии (искусственное перегревание организма) – один из древнейших методов лечения. В настоящее время развиваются методы целенаправленного нагревания тканей организма с целью активизации или подавления химико-биологических процессов: местная (локальная), региональная и гипертермия всего тела [1 – 3]. Местная гипертермия требует высокой степени контроля воздействий на ткань, при этом используются ультразвуковые, лазерные, РЧ, СВЧ воздействия. Разработка методов неинвазивной термометрии для термотерапии является актуальной научно-технической проблемой [4].

В работах [5 – 8] обсуждаются диагностические возможности магнитно-резонансной томографии для определения состояния ткани при температурных воздействиях на внутренние органы. Методика определения внутренней температуры тела с помощью ЯМР активно развивается [9]. Для объемной МР термометрии используются методы, основанные на получении резонанса от протонов в составе различных молекул исследуемого объекта: воды и жира [10, 11, 12], метилена [13], липидов [14] и др. Разница резонансных частот дает информацию об абсолютной температуре тканей. Разрабатываются методы, использующие молекулярную диффузию [15].

Разнообразие методов построения тепловых изображений с помощью МРТ обусловлено многофакторностью влияния температуры на состояние живого объекта, что выражается в температурной зависимости измеряемых параметров: времени продольной (спин-решеточной) релаксации T_1 [16 – 22], времени поперечной (спин-спиновой) релаксации T_2 [13, 21, 22], намагниченности M_0 [22], связанной с протонной плотностью, коэффициента диффузии D [19, 23], химического сдвига δ [14, 24 – 27]. Сравнительный анализ различных методов проведен в работе [28].

Регистрация теплового поля методом МРТ в объеме для различных способов нагревания заданной области обсуждается в следующих работах: микроволновой нагрев [21, 27], лазерный нагрев [22, 29], нагрев от миниатюрных электронагревателей [30].

Времена релаксации T_1 , T_2 зависят от индукции магнитного поля [31], эта зависимость для T_1 более выражена, чем для T_2 . В результате контрастные характеристики биологической ткани T_1 МРТ изображений зависят от значения индукции магнитного поля. Поэтому для разработки методики магнитно-резонансной термометрии необходимо исследовать эти эффекты.

Целью данной работы является цифровой анализ T_1 и T_2 МРТ изображений фантомов с различной постоянной по объему температурой.

Анализ МРТ изображений фантомов с различной температурой

Фантомы, однородные и неоднородные по составу, исследовались на магнитно-резонансном томографе 1 Тл Panorama HFO 1.0. Анализировалось изменение времени спин-решеточной релаксации протонов T_1 и спин-спиновой релаксации протонов T_2 . Значения интенсивности сигнала T , на основе которых построены изображения, нормированы так, что $T \in [0, 255]$. Повышение разрешающей способности достигалось использованием псевдоцветовой палитры МРТ изображений. Температура исследуемых объектов t измерялась с помощью контактного термодатчика Nihon Konden BSN 2301K, термограммы регистрировались дистанционно с помощью тепловизора Testo 885-2.

Однородные фантомы – полиэтиленовые пакеты 500 мл с 0,9% раствором натрия хлорида для инфузий. На рис. 1, рис. 5 показаны T_1 изображения двух фантомов с одинаковой температурой $t = 24,9$ °С, полученные во взаимно перпендикулярных проекциях с помощью импульсной последовательности FFE (Fast Field Echo). На рис. 2, рис. 3, рис. 4 приведена зависимость интенсивности сигнала T от длины L , измеряемой в пикселях, для линий 1, 2, 3 (рис. 1), соответственно, а на рис. 6, рис. 7, рис. 8 – для линий 1, 2, 3 (рис. 5). Для каждой линии началом отсчета является ее левая, верхняя точка.

Изменение интенсивности сигнала T в объеме однородных фантомов, продемонстрированное рис. 1 – рис. 8, связано с зависимостью времени спин-решеточной релаксации T_1 от распределения индукции магнитного поля.

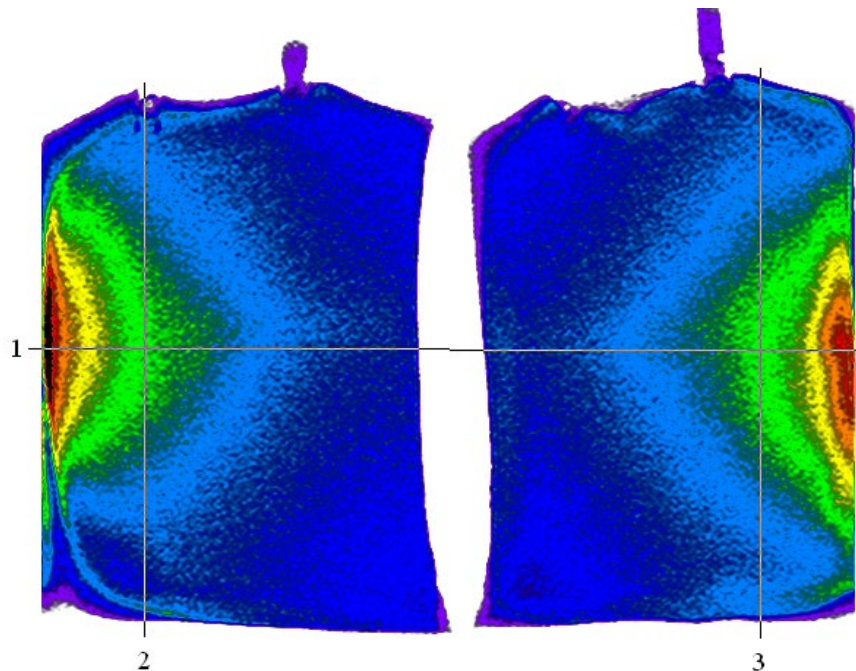


Рис. 1. T_1 –взвешенное изображение, полученное с помощью импульсной последовательности FFE, двух однородных фантомов с одинаковой температурой $24,9^\circ\text{C}$ в горизонтальном сечении

На рис. 9 показаны T_1 изображения трех фантомов А, В, С с различной температурой, полученные с помощью импульсной последовательности FFE (Fast Field Echo). На рис. 10, рис. 11, рис. 12, рис. 13 приведена зависимость интенсивности сигнала T от длины L , измеряемой в пикселях, для линий 1, 2, 3, 4 (рис. 9), соответственно.

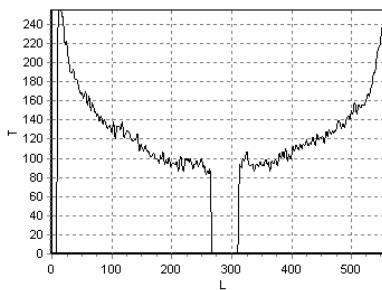


Рис. 2. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 1 рис. 1

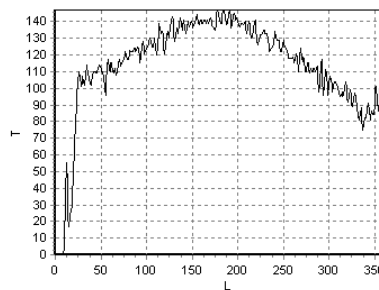


Рис. 3. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 2 рис. 1

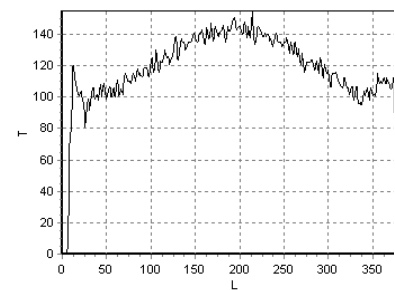


Рис. 4. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 3 рис. 1

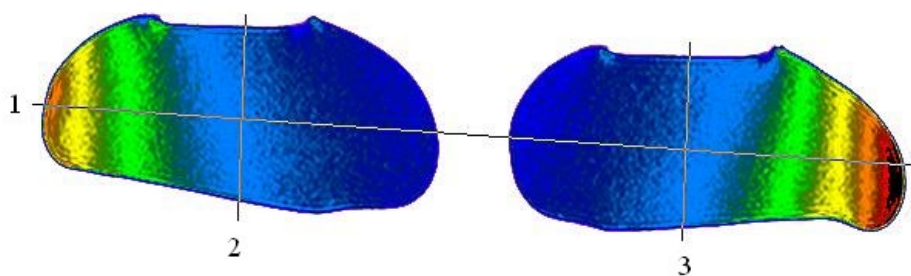


Рис. 5. T_1 –взвешенное изображение, полученное с помощью импульсной последовательности FFE, двух однородных фантомов с одинаковой температурой $24,9^\circ\text{C}$ в вертикальном сечении

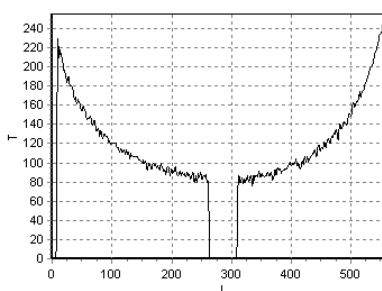


Рис. 6. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 1 рис. 5

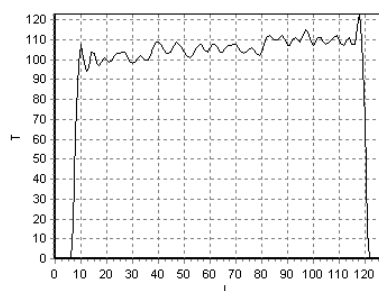


Рис. 7. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 2 рис. 5

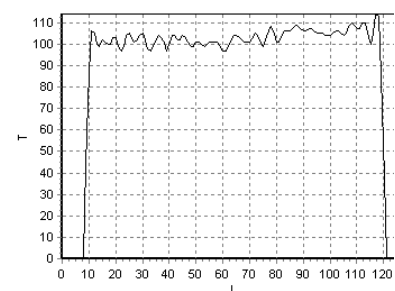


Рис. 8. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 3 рис. 5

Из данных, представленных на рис. 9 – рис. 13, следует, что при заданных значениях температуры фантомов А, В, С неоднородность распределения индукции магнитного поля оказывает более существенное влияние на изменение времени спин-

решеточной релаксации T_1 , чем температура. Такой же вывод следует из анализа T_1 изображений фантомов А, В, С, полученных в проекциях, перпендикулярных, проекции рис. 9.

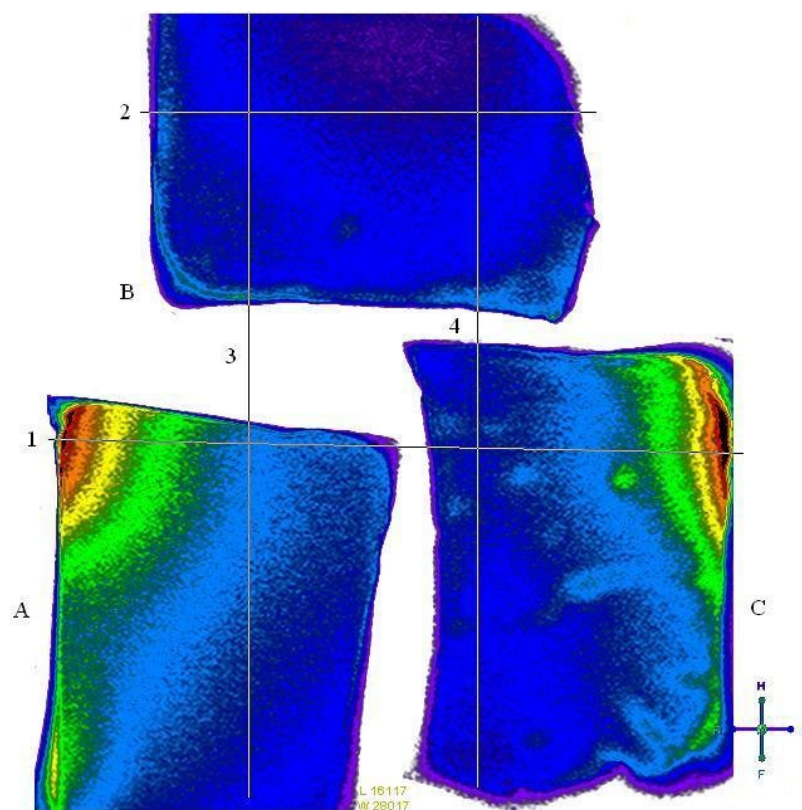


Рис. 9. T_1 -взвешенное изображение, полученное с помощью импульсной последовательности FFE, трех однородных фантомов А, В, С с различной температурой в горизонтальном сечении:
 $A - t_A = 19,8^\circ\text{C}$; $B - t_B = 24,9^\circ\text{C}$; $C - t_C = 26,6^\circ\text{C}$

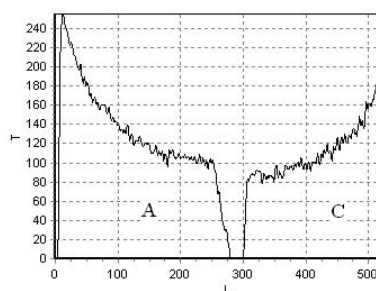


Рис. 10. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 1 рис. 9

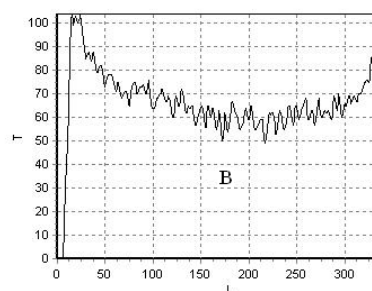


Рис. 11. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 2 рис. 9

На рис. 14 показаны T_2 изображения сечения фантомов А, С, а на рис. 18 фантома В, полученные с помощью импульсной последовательности TSE (Turbo Spin Echo). На рис. 15, рис. 16, рис. 17 приведена зависимость интенсивности сигнала T от длины L , измеряемой в пикселях, для линий 1, 2, 3 (рис. 14), а на рис. 19, рис. 20 – для линий 1, 2 (рис. 18), соответственно.

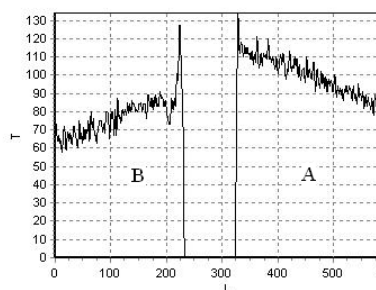


Рис. 12. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 3 рис. 9

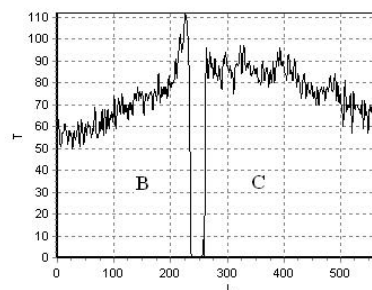


Рис. 13. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 4 рис. 9

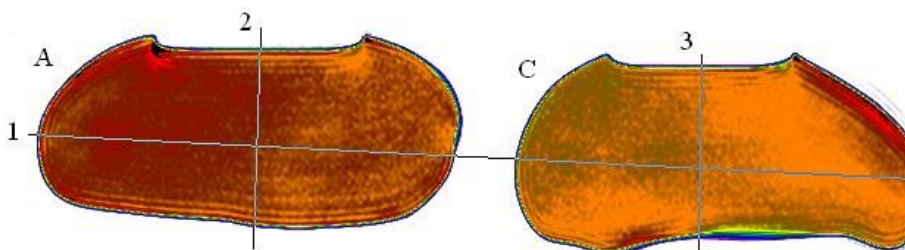


Рис. 14. T_2 –взвешенное изображение, полученное с помощью импульсной последовательности TSE, сечения однородных фантомов А, С с температурой: А – $t_A = 19,8^\circ\text{C}$; С – $t_C = 26,6^\circ\text{C}$

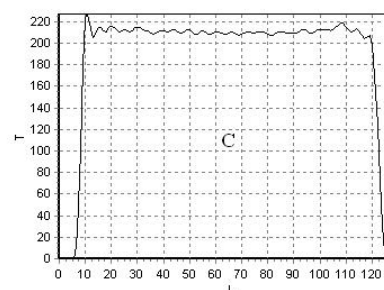
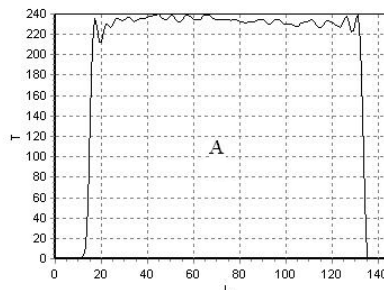
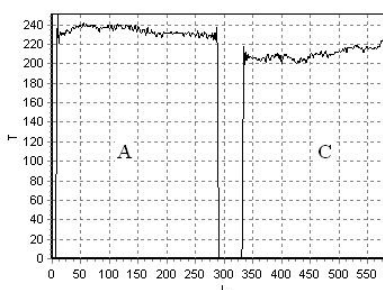


Рис. 15. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 1 рис. 14

Рис. 16. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 2 рис. 14

Рис. 17. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 3 рис. 14

Для T_2 –взвешенных изображений фантомов на рис. 14, рис. 18 характерно достаточно однородное распределение интенсивности цвета. Этот факт подтверждается распределением интенсивности сигнала T вдоль линий (рис. 15 – рис. 17, рис. 19, рис. 20).

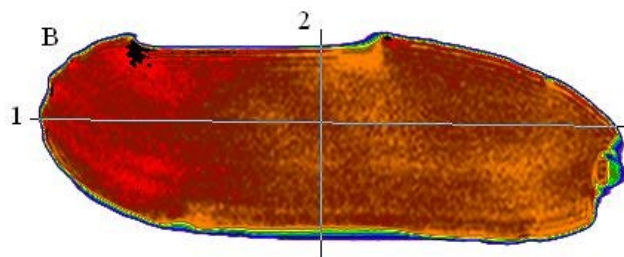


Рис. 18. T_2 –взвешенное изображение, полученное с помощью импульсной последовательности TSE, сечения однородного фантома В: $t_B = 24,9^\circ\text{C}$

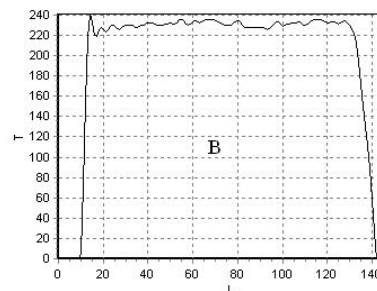
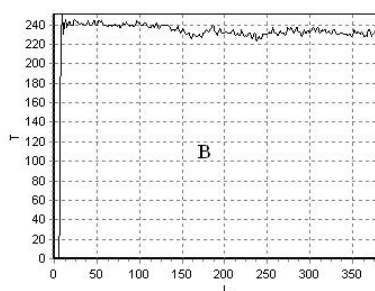


Рис. 19. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 1 рис. 18

Рис. 20. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 2 рис. 18

Среднее значение интенсивности сигнала для фантомов А, С (рис. 14), В (рис. 18), рассчитанные во внутренних прямоугольных областях: $T_A = 234$; $T_C = 211$; $T_B = 233,9$. Стандартные отклонения, соответствующие этим величинам: $S_A = 3,9$; $S_C = 5$; $S_B = 5,5$. Таким образом, погрешность, определяемая по стандартному отклонению, не позволяет достоверно идентифицировать температурное состояние фантомов А ($t_A = 19,8^\circ\text{C}$) и В ($t_B = 24,9^\circ\text{C}$), однако вполне позволяет идентифицировать состояние фантома С ($t_C = 26,6^\circ\text{C}$).

Неоднородные фантомы D, E – пластиковые бутылки 1,5 л, заполненные водой (D1, E1) и рафинированным подсолнечным маслом (D2, E2). Фантом D имел температуру $t_D = 13^\circ\text{C}$, фантом Е – $t_E = 38^\circ\text{C}$. На рис. 21 показаны T_1 изображения сечения фантомов D, E, полученные с помощью импульсной последовательности FFE. На рис. 22 – рис. 25 приведена зависимость интенсивности сигнала T от длины L , измеряемой в пикселях, для линий 1, 2, 3, 4 (рис. 21), соответственно.

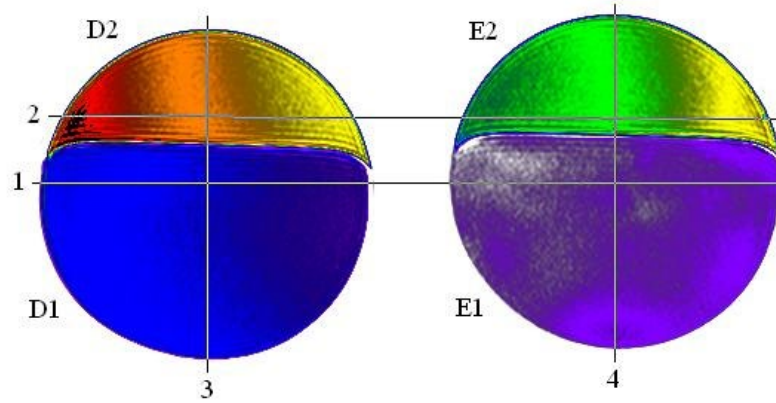


Рис. 21. T_1 –взвешенное изображение, полученное с помощью импульсной последовательности FFE, сечения неоднородных фантомов D, E: D1 – вода; D2 – подсолнечное масло; E1 – вода; E2 – подсолнечное масло

Анализ данных, представленных на рис. 21 – рис. 23, показывает, что неоднородность распределения индукции магнитного поля оказывает существенное влияние на изменение времени спин-решеточной релаксации T_1 , как в воде (рис. 22), так и в подсолнечном масле (рис. 23), однако влияние изменения температуры в рассматриваемом случае явно выражено.

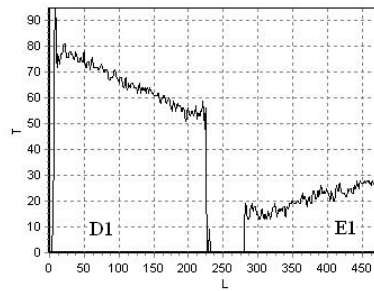


Рис. 22. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 1 рис. 21

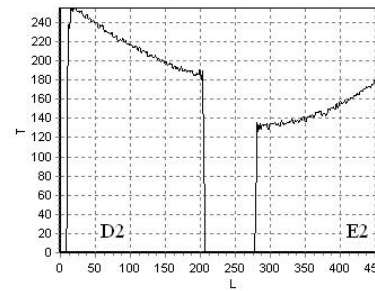


Рис. 23. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 2 рис. 21

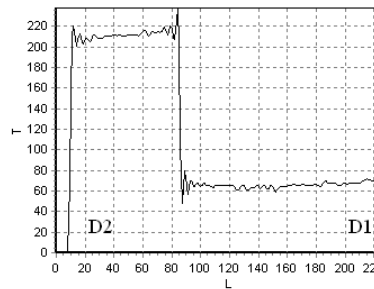


Рис. 24. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 3 рис. 21

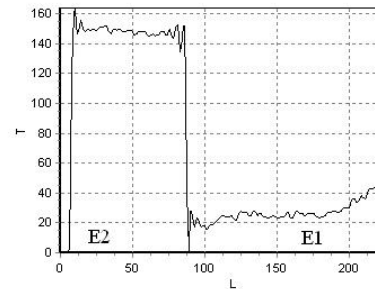


Рис. 25. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 4 рис. 21

Разность значений ΔT_1 на границе масло-вода для фантома D (рис. 24)

$$\Delta T_1|_D = T_1|_{D2} - T_1|_{D1} > 0,$$

это значение больше, чем для фантома E (рис. 25)

$$\Delta T_1|_E = T_1|_{E2} - T_1|_{E1} > 0.$$

Известная экспериментальная зависимость $\Delta T_1(t)$ позволяет разработать методику определения внутренней температуры посредством измерения ΔT_1 на границе раздела сред.

Среднее значение интенсивности сигнала T_1 для веществ D1, E1 и D2, E2, составляющих фантомы D, E, рассчитанные во внутренних прямоугольных областях: $T_{D1} = 65$; $T_{E1} = 22,7$; $T_{D2} = 213,5$; $T_{E2} = 150$. Стандартные отклонения, соответствующие этим величинам: $S_{D1} = 6,9$; $S_{E1} = 4,5$; $S_{D2} = 15,1$; $S_{E2} = 12,4$. Температурные интервалы $T_{D1} \pm S_{D1}$; $T_{E1} \pm S_{E1}$; $T_{D2} \pm S_{D2}$; $T_{E2} \pm S_{E2}$ не перекрываются. Следовательно, температурное состояние веществ D1, E1, D2, E2 определяется однозначно по T_1 изображению (рис. 21).

На рис. 26 показаны T_2 изображения сечения фантомов D, E, полученные с помощью импульсной последовательности TSE. На рис. 27 – рис. 30 приведена зависимость интенсивности сигнала T от длины L , измеряемой в пикселях, для линий 1, 2, 3, 4 (рис. 26), соответственно.

T_2 –взвешенное изображение фантомов D, E в областях D1, D2, E1, E2 достаточно однородно (рис. 26), что подтверждается распределением интенсивности сигнала T вдоль линий (рис. 27 – рис. 30).

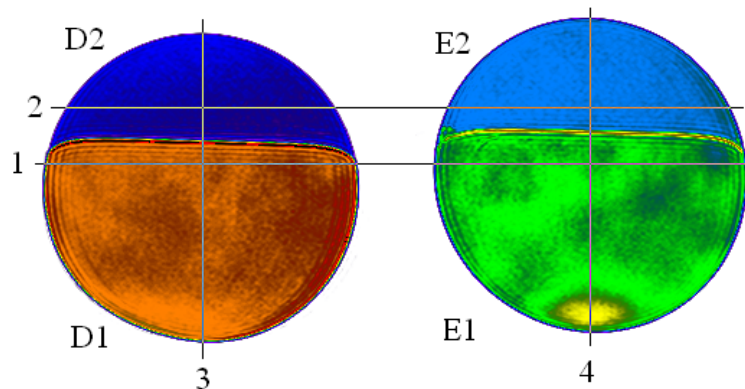


Рис. 26. T_2 -взвешенное изображение, полученное с помощью импульсной последовательности TSE, сечения неоднородных фантомов D, E: D1 – вода; D2 – подсолнечное масло; E1 – вода; E2 – подсолнечное масло

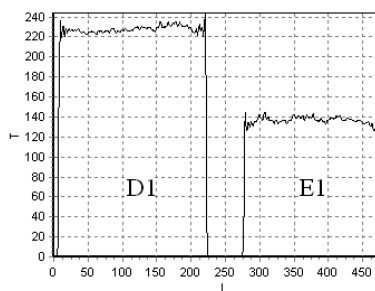


Рис. 27. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 1 рис. 26

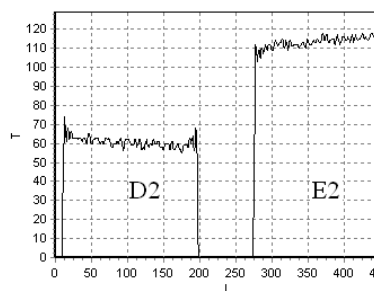


Рис. 28. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 2 рис. 26

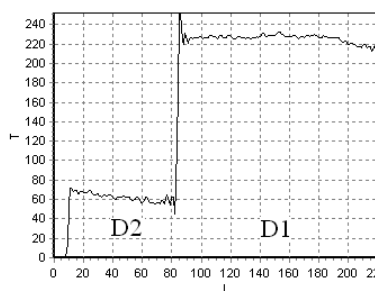


Рис. 29. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 3 рис. 26

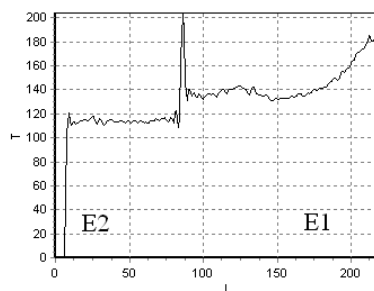


Рис. 30. Распределение интенсивности сигнала T вдоль линии 4 рис. 26

Время спин-решеточной релаксации T_1 уменьшается с ростом температуры, как в воде (рис. 22), так и в подсолнечном масле (рис. 23). Время спин-спиновой релаксации T_2 демонстрирует иную закономерность: значение T_2 уменьшается с ростом температуры для воды (рис. 27), но увеличивается для подсолнечного масла (рис. 28).

Разность значений ΔT_2 на границе масло-вода так же демонстрирует иную закономерность по сравнению с ΔT_1 : для фантома D (рис. 29)

$$\Delta T_2|_D = T_2|_{D2} - T_2|_{D1} < 0,$$

это значение по модулю больше, чем для фантома E (рис. 30)

$$\Delta T_2|_E = T_2|_{E2} - T_2|_{E1} < 0.$$

Для фантома E на границе масло-вода со стороны воды наблюдается резкий пик сигнала T_2 (рис. 30) – химический сдвиг. Значение химического сдвига δ для фантома E значительно больше, чем для фантома D (рис. 29), что свидетельствует о необходимости изучения зависимости $\delta(t)$ с целью использования ее для определения температуры.

Увеличение сигнала T_2 в области E1 (рис. 30) в направлении внешней границы требует дальнейшего исследования. Возможно, оно связано с диффузией более легких атомов из области E2 в область E1 в фантоме с более высокой температурой.

Среднее значение интенсивности сигнала T_2 для веществ D1, E1 и D2, E2, составляющих фантомы D, E, рассчитанные во внутренних прямоугольных областях: $T_{D1} = 229,2$; $T_{E1} = 137,5$; $T_{D2} = 60,8$; $T_{E2} = 113,5$. Стандартные отклонения, соответствующие этим величинам: $S_{D1} = 3,3$; $S_{E1} = 4,5$; $S_{D2} = 2,5$; $S_{E2} = 2,1$. Температурные интервалы $T_{D1} \pm S_{D1}$; $T_{E1} \pm S_{E1}$; $T_{D2} \pm S_{D2}$; $T_{E2} \pm S_{E2}$ не перекрываются. Следовательно, температурное состояние веществ D1, E1, D2, E2 определяется однозначно по T_2 изображению (рис. 26).

Таким образом, изучение зависимости времени спин-спиновой релаксации T_2 от температуры и состава вещества открывает дополнительные возможности для определения внутренней температуры тела.

Заключение

Многие методы воздействия на организм человека приводят к изменению температуры, как внутренних органов, так и поверхности тела. Тепловизионный метод, регистрирующий ИК излучение с поверхности тела, позволяет достаточно точно определить изменение поверхностной температуры. Измерение температуры внутренних органов и ее изменения в результате воздействия электрических, электромагнитных, акустических, механических, тепловых и др. воздействий является актуальной научно-технической проблемой. В настоящее время разрабатываются методы определения температуры внутренних органов с помощью различных модификаций магнитно-резонансной томографии, используя влияние температуры на значения времён спин-

решеточной релаксации T_1 , спин-спиновой релаксации T_2 , величин намагниченности M_0 , коэффициента диффузии D , химического сдвига δ и др.

В данной работе проанализировано влияние температуры фантомов на МРТ изображения, полученные с помощью стандартных методик.

Показано, что неоднородность распределения индукции магнитного поля оказывает существенное влияние на изменение времени спин-решеточной релаксации T_1 . Этот факт необходимо учитывать при разработке методики объемной термометрии, использующей измерение T_1 .

T_2 –взвешенные изображения однородных фантомов имеют достаточно однородное распределение интенсивности цвета, поэтому их целесообразно использовать для идентификации температурного состояния объектов. Однако в этом случае возрастают требования к точности модели, описывающей зависимость времени спин-спиновой релаксации T_2 от индукции магнитного поля, температуры и химического состава исследуемого вещества.

Для объектов неоднородного состава на T_2 изображениях ярко проявляется температурная зависимость химического сдвига на границе раздела сред. Кроме того, при построении модели следует учитывать влияние температуры на диффузию молекул в область с их меньшей концентрацией.

Литература

1. Гипертермия как метод лечения. Медицинская энциклопедия. // <http://www.medical-enc.ru/m/15/gipertermia.shtml>
2. Гипертермия. Альтернативное лечение рака. // <http://onkologia.maxbb.ru/topic85.html>
3. Гипертермия. Онкологический центр им. Блохина. // <http://www.onkodoktor.ru/gipertermiya>
4. Gerard C. van Rhoon, Peter Wust Introduction: Non-invasive thermometry for radiotherapy.//International Journal of Hyperthermia,2005,V.21, N.6, P.489–495.
5. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Сергеев А.В., Темирбулатова А.Ш. Диагностические возможности магнитно-резонансной томографии при проведении электрофизиологических процедур.//Анналы аритмологии,2011,№1,С.22 – 30.
6. Gellermann J., Wlodarczyk W., Feussner A., Fähring H., Nadobny J., Hildebrandt B., Felix R., Wust P. Methods and potentials of magnetic resonance imaging for monitoring radiofrequency hyperthermia in a hybrid system. // International Journal of Hyperthermia, 2005, V. 21, N. 6, P. 497–513.
7. Arthur R.M., Straube W.L., Trobaugh J.W., Moros E. G. Non-invasive estimation of hyperthermia temperatures with ultrasound. // International Journal of Hyperthermia, 2005, V. 21, N. 6, P. 589–600.
8. Straube T., Kahn T. Thermal therapies interventional MR imaging. Laser. // Neuroimaging Clin. N. Amer., 2001, V. 11, N. 4, P. 549–571.
9. Denis de Senneville B., Quesson B., Moonen C.T.W. Magnetic resonance temperature imaging. // International Journal of Hyperthermia, 2005, V. 21, N. 6, P. 515–531.
10. McDannold N. Quantitative MRI-based temperature mapping based on the proton resonant frequency shift: Review of validation studies. // International Journal of Hyperthermia, 2005, V. 21, N. 6, P. 533–546.
11. Gould P. Non-invasive thermometer checks tissue hot spots. // Nature International Weekly Journal of Science, 2008, 17 October, <http://www.nature.com/news/2008/081017/full/news.2008.1178.html>
12. Soher B.J., Wyatt C., Reeder S.B., Mackfall J.R. Noninvasive temperature mapping with MRI using chemical shift water-fat separation. // Magnetic Resonance in Medicine, 2010, V. 63, I. 5, P. 1238–1246.
13. McDannold N., Barnes A.S., Rybicki F.J., Koichi Oshio, Nan-kuei Chen, Kullervo Hynynen, Mulkern R.V. Temperature Mapping Considerations in the Breast with Line Scan Echo Planar Spectroscopic Imaging. // Magnetic Resonance in Medicine, 2007, V. 58, N. 6, P. 1117–1123.
14. Kuroda K., Mulkern R.V., Oshio K., Panych L.P., Nakai T., Moriya T., Okuda S., Hynynen K., Joles F.A. Temperature Mapping Using the Water Proton Chemical Shift: Self-Referenced Method With Echo-Planar Spectroscopic Imaging. // Magnetic Resonance in Medicine, 2000, V. 43, N. 2, P. 220–225.
15. Delannoy J., Chen CN, Turner R, Levin RL, Le Bihan D. Noninvasive temperature imaging using diffusion MRI. // Magnetic Resonance in Medicine, 1991, V. 19, I. 2, P. 333–339.
16. Dickinson R.J., Holl A.S., Hind A.J., Young I.R. Measurement of changes in tissue temperature using MR imaging. // J. Comput. Assist. Tomogr., 1986, N 10, P. 468–472.
17. Kuroda K., Tsutsumi S., Saltoh A. Non-invasive temperature distribution measurement by simultaneous use of multiple NMR parameters. // Trans. IEICE, 1990, J73-A(8), P. 1431–1443.
18. Ling C.R., Poster M.A., Hutchison J.M.S., Young I.R., Dickinson R.J. Comparison of NMR water proton T_1 relaxation times of rabbit tissues at 24 MHz and 2.5 MHz. // Phys. Med. Biol. 1980, N. 25, P. 748–751.
19. Simpson J.H., Carr H.Y. Diffusion and nuclear spin relaxation in water. // Phys. Rev., 1958, V. 111, I. 5, P. 1201–1202.
20. Hall A.S., Prior M.V., Hand J.W., Observation by MR imaging of in vivo temperature changes induced by radio frequency hyperthermia. // J Comput Assist Tomogr, 1990, V. 14, N. 3, 430–436.
21. Paliwal V., AbdEl-Monem El-Sharkawy, Du X., Yang X., Atalar E. SSFP-Based MR Thermometry. // Magnetic Resonance in Medicine, 2004, V.52, N.4, P.704–708.
22. Panych L.P., Hrovat M.I., Bleier A.R., Jolesz F.A. Effects Related to Temperature Changes during MR Imaging.//J.Magn.Reson.Imaging,1992,V.2,N.1, P.69–74.
23. Le Bihan D., Delannay J., Levin R.L. Temperature mapping with MR imaging of molecular diffusion imaging: Application to hyperthermia. // Radiology, 1989, V. 171, N. 3, P. 853–857.
24. Kagayaki Kuroda Non-invasive MR thermography using the water proton chemical shift.//International Journal of Hyperthermia,2005, V.21, N.6, P.547–560.
25. Hall L.D., Talagala S.L. Mapping of pH and temperature distribution using chemical-shift-resolved tomography.//J.Magn.Reson., 1985, V. 65, I.2, P.501–505.
26. Yasutoshi Ishihara, Arturo Calderon, Hidehiro Watanabe, Kazuya Okamoto, Yoshinori Suzuki, Kagayaki Kuroda, Yutaka Suzuki. A Precise and Fast Temperature Mapping Using Water Proton Chemical Shift. // Magn. Reson. Med., 1995, V. 34, N. 6, P. 814–823.
27. Vitkin I.A., Moriarty J.A., Peters R.D., Kolios M.C., Gladman A.S., Chen J.C., Hinks R.S., Hunt J.W., Wilson B.C., Easty A.C., Bronskill M.J., Kucharczyk W., Sherar M.D., Henkelman R.M. Magnetic resonance imaging of temperature changes during interstitial microwave heating: a phantom study. // Med. Phys., 1997, V. 24, I. 2, P. 269–277.
28. Lüdemann L., Wlodarczyk W., Nadobny J., Wehrauch M., Gellermann J., Wust P. Non-invasive magnetic resonance thermography during regional hyperthermia. // Int. J. Hyperthermia, 2010, V. 26, I. 3, P. 273–282.
29. Волков А.А., Никифоров В.Н., Пирогов Ю.А., Иванов А.В., Прохоров А.С. Регистрация температурного поля методом магнитно-резонансной томографии. // Медицинская физика, 2011, № 1, С. 75 – 81.
30. Волков А.А., Какагельдиев С.К., Прохоров А.С., Пирогов Ю.А. Традиционные методы нагрева в применении к магнитно-резонансной термометрии.// Журнал радиоэлектроники, 2012, № 1, <http://jre.cplire.ru/iso/jan12/12/text.html>

Беденко С.В.¹, Губайдуллин И.М.², Кышев В.В.², Плевако М.Н.²

¹Доцент; ²студент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ «СУХОГО» ХРАНЕНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО ТОПЛИВА УРАН-ГРАФИТОВЫХ РЕАКТОРОВ КАНАЛЬНОГО ТИПА

Аннотация

Проведены расчетные исследования нейтронно-физических характеристик систем «сухого» хранения отработавшего топлива уран-графитового реактора. Оптимизированы параметры систем и схем обращения в процессе «сухого» хранения отработавшего ядерного топлива за счет чередующегося размещения его слоев с различной глубиной выгорания и обогащения.

Ключевые слова: «Сухое» хранение, отработавшее ядерное топливо, эффективный коэффициент размножения нейтронов.

Bedenko S.V.¹, Gubaydulin I.M.², Knyshev V.V.², Plevako M.N.²

¹Docent; ²student, National Research Tomsk Polytechnic University

OPTIMIZATION OF NEUTRON-PHYSICAL CHARACTERISTICS OF «DRY» STORAGE SYSTEMS OF SPENT NUCLEAR FUEL OF URANIUM-GRAPHITE PRESSURE TUBE REACTORS

Abstract

Computational studies of the neutron-physical characteristics of the systems of «dry» storage of spent nuclear fuel of the uranium-graphite reactors have been carried out. A range of practical recommendations for the optimization of the parameters of the systems and schemes of handling and placement of spent fuel in a «dry» storage have been developed.

Keywords: «dry» storage system, spent nuclear fuel, effective neutron multiplication factor.

The state of research

The pace of development of nuclear power industry is largely determined by external components of the nuclear fuel cycle and by the long-term storage of spent nuclear fuel (SNF) and its processing in particular.

Storages of spent nuclear fuel of the RBMK-1000, VVER-440, 1000, BN-600, EGP-6 were designed in the 1960s–1970s. In recent years, while both the actual change in the concept of a closed fuel cycle and safety requirements have changed, it became necessary to seal the fuel storage and increase the capacity of existing storage facilities. This is primarily due to the increase of SNF from RBMK and VVER, as the fuel of the RBMK, VVER, EGP is not processed and is stored by the «wet» method in the intermediate-storage pools at nuclear power plants, which are close to overfill. For the solution of this problem there is a need for the commissioning of some additional capacity for a long-term storage (50 years or more) of spent nuclear fuel [1–3].

After the decay of a significant amount of short-lived radio nuclides in the pre-exposure of spent nuclear fuel in water for the reduction of the heat and radioactivity emission, it appears advisable to switch to the «dry» method of storing spent nuclear fuel. Therefore, diverse research and scientific and technological development for the creation of the conditions for long-term "dry" storage of spent fuel are of a great practical interest.

The purpose of this research is scientifically rational and practical recommendations for creating a technology to optimize the neutron-physical parameters of the systems and schemes of placing spent fuel in the «dry» storage. Achievement of the stated goal leads to a better efficiency and safety of the "dry" storage of spent nuclear fuel (SKHOYAT).

Nowadays the fuel of RBMK is initially stored underwater in near-reactor pools, then in the long-term storage. Considering the state of the covers, which defines the period of storage of spent fuel assemblies (SFA) in water for 30 years, there is a need to move to a «dry» storage. The world experience of designing of the «dry» storage allows us to predict the level of nuclear safety which is much higher than in pools of water, which is achieved by the design of tight and hermetic storage places and storage pens, capable of withstanding a variety of designed and beyond-designed basis accidents, and by the absence of neutron moderators in storage cameras and pens.

In recent days, a common problem for all stores is the evidence of nuclear safety during the transition to the uranium-erbium fuel enriched to 3% of ²³⁵U [3, 4]. To substantiate the safety of the nuclear spent fuel storage systems the following programs are used implementing the Monte-Carlo method: MCU-RFFI, MCNP, SCALE, MMKFK-2, allowing to calculate the effective coefficient (k_{eff}) of storage, accurate within $\sim 10^{-4} - 10^{-5}$.

With the advent of a new type of fuel - uranium-erbium fuel for RBMK reactors, uranium-gadolinium for the VVER reactors, mixed oxide (U,Pu)O₂, nitride (U,Pu)N, carbide (U,Pu)C for the BN-600, in the long term for the VVER it is necessary to justify the safety of existing storage systems.

Algorithm of calculation

The calculation was performed using the software package SCALE 5.0. SCALE is an internationally recognized program which is based on the implementation of the Monte-Carlo method. This software package allows the calculation of neutron-physical parameters of the storage and transportation containers, with fresh and irradiated nuclear fuel, the calculation of the isotopic composition of spent nuclear fuel.

The decision to carry out computational studies fell on the analytical sequence CSAS25, which automatically handles the cross-section, and then it simulates physical weight of the technical system depending on the initial and boundary conditions expected.

This analytical sequence allows calculations of k_{eff} for the three-dimensional problems. For this purpose the values of isotopic composition of fuel or several fuels is given to software package SCALE 5.0, as well as compositions of other materials used in the following description of the model. Depending on the task, analytical sequence and library sections are selected. In the calculations the 27-group library of cross sections was used, which was obtained from the convolution of the 218-group library based on the library data ENDF/B-IV. The choice of the library is most optimal for the criticality of calculations.

Then the geometry was described. The package of applied programs SCALE 5.0 used cell modeling method, which greatly simplifies the calculation of the neutron-physical parameters for this problem. For this purpose the geometry of a single cell is described, and then, the field, which is an array of 22×11 cells is set. A more detailed computational model is described in the next section.

The module CSAS25 runs consistently functional modules BONAMI, NITAWL-II and KENO V.a. to handle the required cross sections and calculate the k_{eff} of «dry» storage system.

Simulated model of the «dry» storage system camera span of 12m

Storage of spent fuel in Russia is provided in special slots, where the hermetic containers with spent fuel are placed. Each camera has 242 storage slots of hermetic containers with spent fuel of RBMK, located in the slot in two levels. About 3,503 tons (of uranium) of spent nuclear fuel of RBMK (or 2,4 tons of spent nuclear fuel of VVER) is located in each slot.

The slots are placed in a square lattice with a pitch of 1000 mm (the diameter of the slot 720 mm, thickness 7 mm). Canister (container) is a steel pipe with the size of 630 × 7 mm, length 4.1 m and the case is made from steel 10ChSND. Each pencil case has 31 ampoules with RBMK spent fuel assemblies (see Figure 1). Diameter of ampoules 92×2 mm, which are located at the distance of 96 mm from each other in a triangular lattice. Containers are placed in slots in two tiers, one above another.

Table 1 – The calculated values of k_{eff} of the «dry» storage system with different fuel enrichment

Enrichment, %	1	2	3	4	5
1,6	0,1252 $\pm 0,0004$	0,2829 $\pm 0,0008$	0,3572 $\pm 0,0010$	0,3867 $\pm 0,0009$	0,8146 $\pm 0,0014$
2,0	0,1299 $\pm 0,0004$	0,3034 $\pm 0,0006$	0,3779 $\pm 0,0010$	0,4108 $\pm 0,0011$	0,8942 $\pm 0,0014$
2,4	0,1338 $\pm 0,0004$	0,3277 $\pm 0,0007$	0,4003 $\pm 0,0011$	0,4319 $\pm 0,0013$	0,9502 $\pm 0,0015$
2,6	0,1355 $\pm 0,0004$	0,3399 $\pm 0,0008$	0,4058 $\pm 0,0012$	0,4422 $\pm 0,0012$	0,9756 $\pm 0,0017$
2,8	0,1362 $\pm 0,0004$	0,3499 $\pm 0,0008$	0,4115 $\pm 0,0012$	0,4492 $\pm 0,0011$	0,9967 $\pm 0,0014$

Thus, the emergence of self-sustaining fission reaction is possible for the fuel with the enrichment of 2.6% and 2.8%, and only in case of beyond-design-basis accident, when there is a filling of the storage and some of its parts with water. However, this event is impossible. In addition, in accordance with PNAE-G-14-029-91 [4], nuclear safety beyond-design-basis accidents should be justified in view of measure of burnup of spent nuclear fuel, as a really stored burnt fuel.

The case of «burned» fuel. The «dry» storage system completely filled with RBMK-1000 spent nuclear fuel (enrichment – 2%, burnout - 19 740 MW·day/ton, confinement time – 180 days and 10 years). The neutron source (n/(s·ton)) was calculated according to [2, 5–7], the calculation method is presented in [6].

Effective multiplication factor of the «dry» storage system loaded by RBMK-1000 spent nuclear fuel is equal to $k_{\text{eff}} = 0,2229 \pm 0,0005$. The values of the neutron flux as a function of UNIT location in the array are presented below graphically in Fig. 2.1 and 2.2.

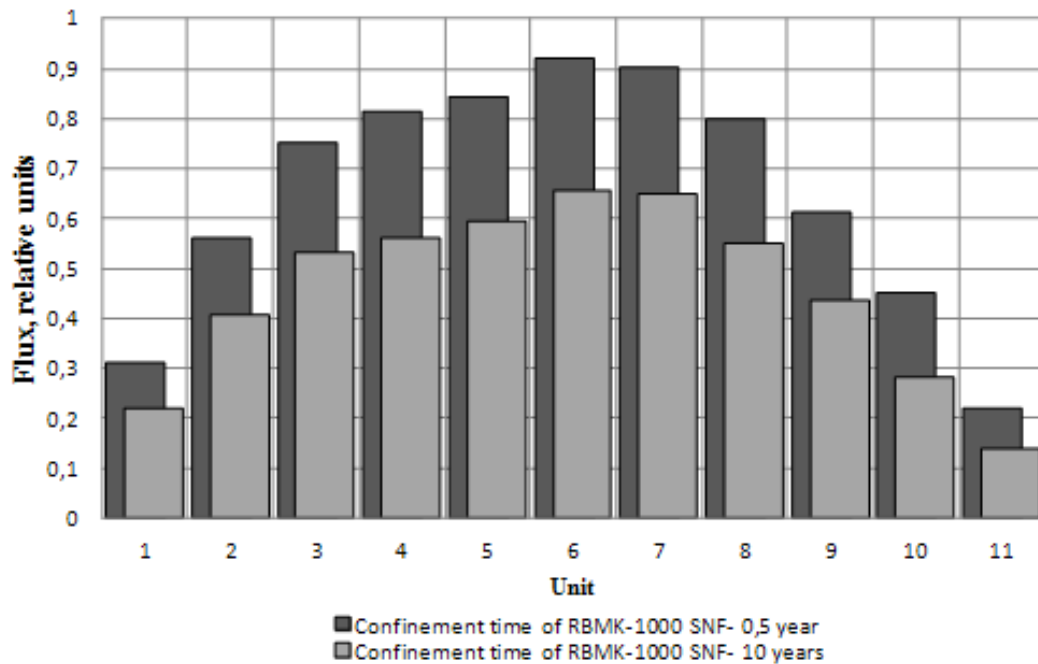


Fig. 2.1 – The value of fast neutrons, depending on UNIT location in the array

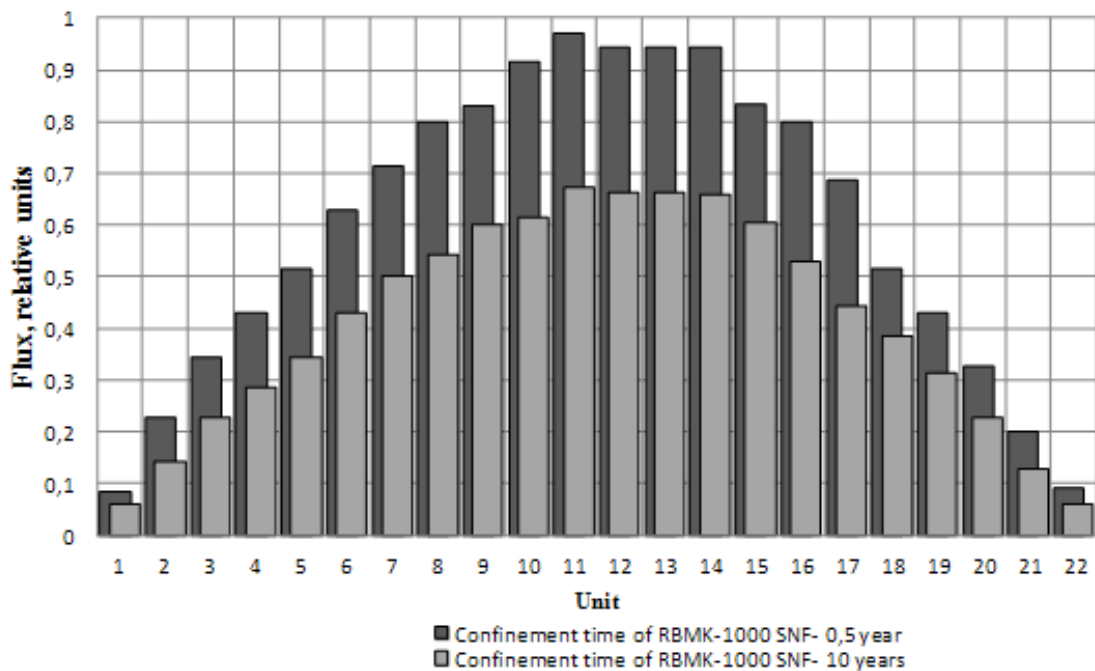


Fig. 2.2 – The value of fast neutrons, depending on UNIT location in the array

Calculations showed that burn-up will reduce the value of k_{eff} for 32% and as a result from the viewpoint of nuclear safety camera span 12 m of the «dry» storage system is deep subcritical system even in case of beyond-design-basis accidents, but level of neutron radiation at a fuel with burn-up of 19 740 MW·day/ton is greater than the maximum permissible value.

Thus, it is vital to optimize the distribution scheme in the dry storage system of spent nuclear fuel with different burn-up in order to reduce radiation exposure to personnel.

One of the variant of filling is given below (see Figure 3) It allowed to reduce the levels of neutron radiation at certain points of the storage system to limit values [4].

Effective multiplication factor of the «dry» storage system (see the array shown in Figure 3) is equal to $k_{\text{eff}} = 0,2148 \pm 0,0003$. Fluxes of the modeled system, depending on location in the array UNIT below (see Figure 3.1 and 3.2).

										0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2
1																						
0	9																					
	0																					
	1																					
	2																					
	3																					
	4																					
	5																					
	6																					
	7																					
	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fig. 3 – An array of size 22×11 .

UNIT 1–slot with canisters, burning 19740 MW·day/ton;

UNIT 2 - slot with canisters, burning 24910 MW·day/ton;

UNIT 3 – slot with canisters, burning 29285 MW·day/ton;

UNIT 5, 39 ... 69 – the empty slots.

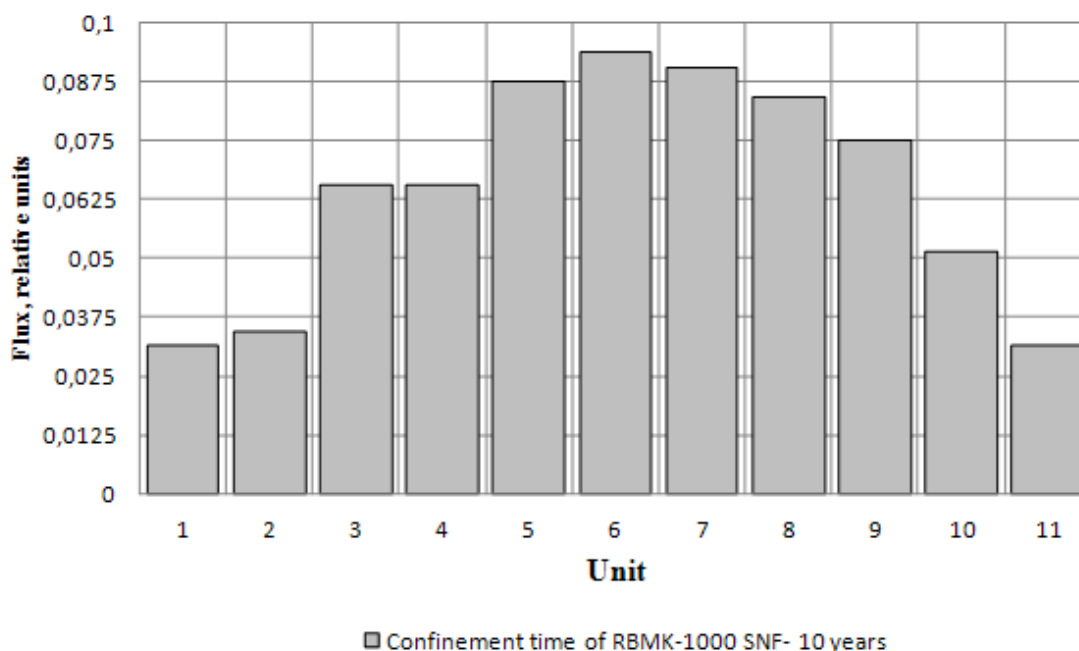


Fig. 3.1 – The value of fast neutrons, depending on UNIT location in the array

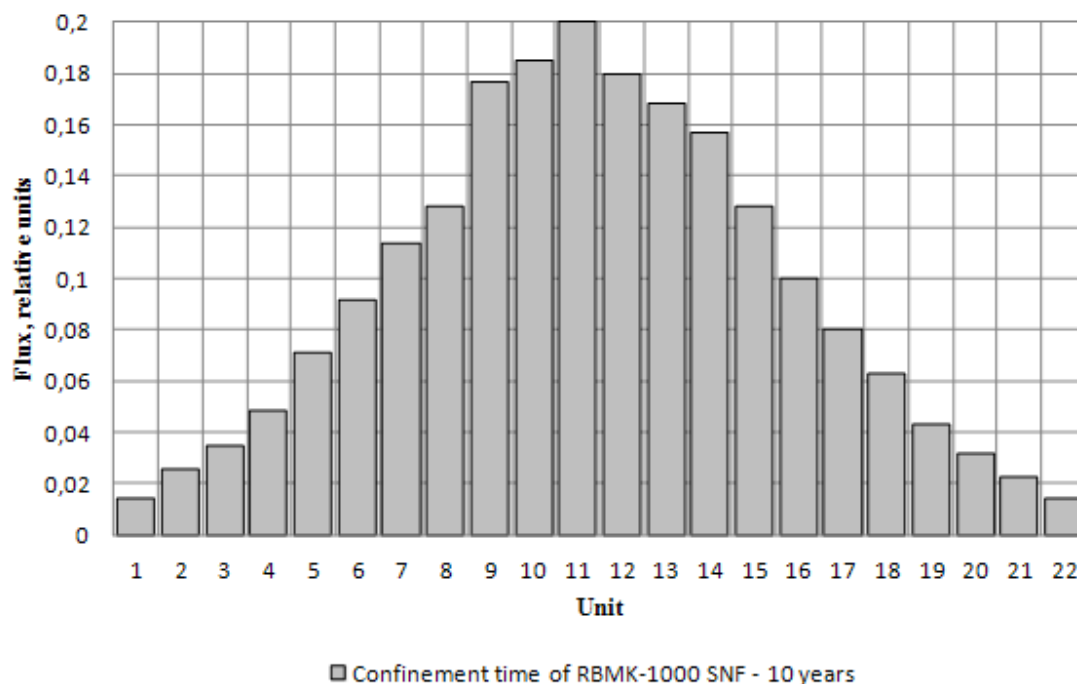


Fig. 3.2 – The value of fast neutrons, depending on UNIT location in the array

Conclusion

1. It was found that under proper operation and design-basis accidents the «dry» storage system of spent nuclear fuel is deeply subcritical system (scheme of loading - 1 – 4, see Table 1.), with $k_{eff} \leq 0,45$.
2. It was found that the considering of burn-up would reduce the value of k_{eff} for ~ 32%, and the «dry» storage system of spent nuclear fuel would be deeply subcritical system even in case of beyond-design-basis accidents, but levels of neutron radiation with a burn-up of 19 740 MW·day/ton exceed the maximum permissible value.
3. Thus, it is necessary to optimize distribution scheme of spent nuclear fuel with different burn-up in dry storage system to reduce radiation exposure on personnel.
4. Variant of «downloading» of the «dry» storage system suggested in the researching work (see Figure 3.) will reduce the radiation levels at certain points in the storage to the maximum permissible values.

References

1. V.N. Nesterov, Providing design value nuclear fuel burnup of high-temperature gas-cooled reactor by operability graphite // News of high school. Nuclear power. - 2013 - №. 2 . - P. 133-142.
2. S.V. Bedenko, Features of radiation field of irradiated ceramic nuclear fuel. Neutron radiation of irradiated nuclear fuel. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012.
3. I.V. Shamanin, S.V. Bedenko, I.M. Gubaydulin, Threshold reactions and limit of burnup of irradiated ceramic nuclear fuel // News of high school. Physics. - 2014 - T. 57 - №. 2/2. - P. 8-12.
4. I.V. Shamanin, S.V. Bedenko, I.M. Gubaydulin, Operational features of technical systems «dry» storage of spent nuclear fuel // News of high school. Physics. - 2013 - T. 56 - №. 4/2. - P. 343-349.
5. I.V. Shamanin, S.V. Bedenko, I.M. Gubaydulin, Operational features of technical systems «dry» storage of spent nuclear fuel // News of the universities. Physics. - 2013 - T. 56 - №. 4/2. - P. 343-349.
6. S.V. Bedenko, I.V. Shamanin «Neutron activity of the spent ceramic nuclear fuel» // News of high schools. Physics. – 2011. – T. 54. – № 11/2. – P. 51–56.
7. I.V. Shamanin, P.M. Gavrilov, S.V. Bedenko, V.V. Martynov, Optimization of neutron- physical characteristics of spent fuel storage // News of TPU. - 2012 - T. 320 - №. 4 - P. 10-14.

Колмакова И.А.¹, Григорьев В.П.²

¹Студент, ²профессор, доктор физико-математических наук, Томский Политехнический Университет

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТОКИ В СФЕРИЧЕСКОМ ДИОДЕ

Аннотация

Рассмотрено стационарное состояние электронного потока и формирование виртуального катода в сферическом диоде и триодной системе в релятивистском диапазоне ускоряющих напряжений. Исследована зависимость предельного тока и радиуса формирования виртуального катода от напряжения и геометрии диода для систем со сходящимся и расходящимся пучком.

Ключевые слова: предельный ток, электрон, поле, потенциал, диод.

Kolmakova IA¹, Grigoriev VP²

¹student, ²professor, PhD in Physics and mathematics, Tomsk Polytechnic University

THE LIMITING CURRENTS IN SPHERICAL DIODE

Abstract

Stationary condition of an electron flow and formation of virtual cathode in spherical diode and triode grid in a relativistic range of accelerating voltages is considered. Dependence of current limit and a radius of virtual cathode formation on voltage and diode geometry with convergent and divergent beam is investigated.

Keywords: limiting current, electron, field, potential, diode.

Введение

В ряде современных электронных приборов используются направленные управляемые потоки (пучки) электронов, создаваемые с помощью магнитных и электрических полей в различных диодах [1]. Под пучком заряженных частиц обычно понимают поток частиц, движущихся в одном направлении примерно параллельно друг другу. Электроны пучка при движении в ускоряющем диоде создают собственное электрическое поле, связанное с пространственным зарядом пучка. Это поле тормозит последующие электроны, влетающие в диодный промежуток. В результате, тот пучок, который может проходить через систему,

ограничен. Возникает понятие предельного тока. Под предельным током понимают максимально допустимое в стационарном режиме значение тока пучка, протекающего через диод. Известны различные конфигурации диодов, основные из них: плоские, коаксиальные и сферические

Задачи определения предельных токов решались для плоских и коаксиальных диодов. Проводились исследования как для ультрарелятивистских [2] напряжений, слабoreлятивистских и нерелятивистских. Что касается сферических диодов, то в настоящее время результаты численных расчетов ограничены частными параметрами [3] и полностью отсутствуют исследования предельных токов в триодных системах.

Ниже мы рассмотрим задачу о предельном токе в сферическом диоде и триодной системе для релятивистских напряжениях, когда $U_0/m_0c^2 \ll 1$ и скорость электронов пучка v_b в первом приближении можно считать постоянной порядка скорости света c . Определим зависимость предельного тока в этом случае от геометрии диода и ускоряющего напряжения U_0 для сходящегося и расходящегося электронных потоков.

Основные уравнения. Предельные токи

1. Пусть система представляет собой вложенные сферы с катодом на внутренней сфере. Определим предельный ток при движении электронов пучка с внутреннего r_0 радиуса системы к внешнему R под действием разности потенциалов U_0 , рисунок 1 (расходящийся электронный поток).

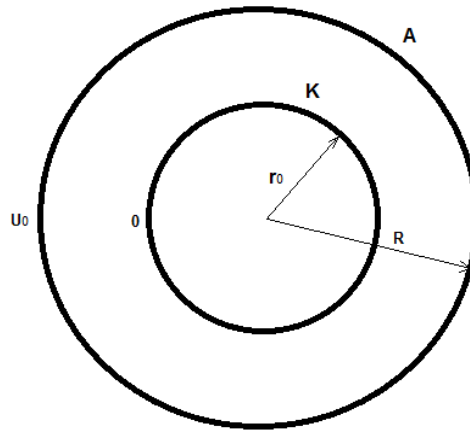


Рис. 1 - Сферический диод с внутренним радиусом r_0 и внешним радиусом R

Уравнение Пуассона запишем в виде:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) = 4\pi en \quad (1)$$

Граничные условия при этом запишутся в виде:

$$\begin{aligned} \Phi|_{r=r_0} = 0, \quad \frac{\partial \Phi}{\partial r} \Big|_{r=r_0} &= 0, \\ \Phi|_{r=R} = U_0 = \frac{mc^2(\gamma_0 - 1)}{e}, \end{aligned} \quad (2)$$

где r_0 - внутренний, R - внешний радиус системы.

В простейшем предположении, что все носители тока (заряженные частицы) движутся с одинаковой скоростью v_b и имеют одинаковые заряды e , а концентрация их n , тогда плотность тока $j = -env_b$, но т.к. рассматривается релятивистский случай и v_b в первом приближении можно считать постоянной порядка скорости света c , то имеем $j = -enc$. Подставив в (1) имеем

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) = 4\pi \frac{j}{c} \quad (3)$$

Используя условие стационарности $\text{div} j = 0$, т.к. рассматриваем установившийся режим и имеем непрерывный ток, получим

$$\text{div} j = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 j) = 0 \quad (4)$$

Из (4) следует, что $r^2 j = \text{const} = j_0$ - ток на аноде.

Сделаем замену переменных $J = 4\pi r^2 j = \text{const}$ - весь ток проходящий через поверхность.

Подставив в (3), получим

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) = \frac{J}{c} \quad (5)$$

В результате решения ДУ (5) с граничными условиями (2) получаем следующее выражение для максимального тока через поверхность:

$$J = \frac{mc^3(\gamma_0 - 1)}{e} \frac{1}{\frac{r_0}{R} - 1 - \ln \frac{r_0}{R}}.$$

2. Рассмотрим систему с катодом на внешней сфере при движении электронов пучка от внешнего R радиуса системы к внутреннему r_0 под действием разности потенциалов U_0 , рисунок 2 (сходящийся электронный поток).

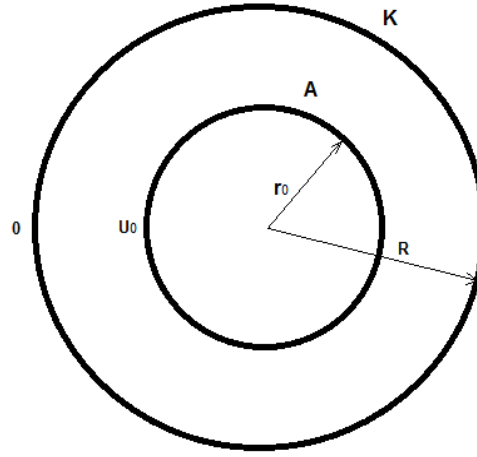


Рис. 2 - Сферический диод с внутренним радиусом r_0 и внешним радиусом R

В этом случае необходимо решать уравнение (5) с граничными условиями в виде:

$$\Phi|_{r=r_0} = U_0 = \frac{mc^2(\gamma_0 - 1)}{e},$$

$$\Phi|_{r=R} = 0, \quad \left. \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right|_{r=R} = 0,$$

где r_0 - внутренний, R - внешний радиус системы.

Решение данной задачи приводит к решению следующему выражению для максимального тока через поверхность:

$$J = \frac{mc^3(\gamma_0 - 1)}{e} \frac{1}{\frac{R}{r_0} - 1 - \ln \frac{R}{r_0}}.$$

3. Определение предельного тока при движении электронов пучка с внутреннего радиуса R системы и обе поверхности находятся при потенциале U_0 , рисунок 3.

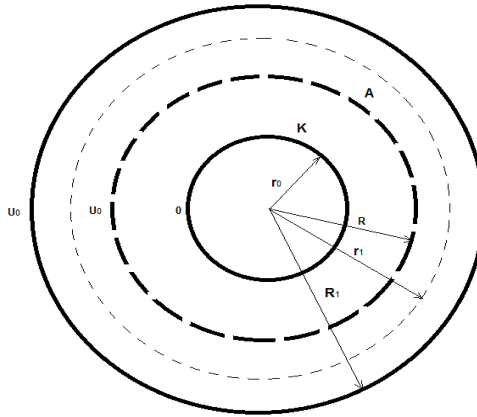


Рис. 3 - Сферический диод с внутреннего радиуса R (анод)

Уравнение (5) решается совместно со следующими граничными условиями:

$$\Phi|_{r=r_0} = 0, \quad \left. \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right|_{r=r_0} = 0,$$

$$\Phi|_{r=R, R_1} = U_0 = \frac{mc^2(\gamma_0 - 1)}{e},$$

где r_0 - внутренний, R - внутренний радиус системы, R_1 - внешний радиус системы.

В этом случае выражение для предельного тока инжекции через поверхность будет иметь следующий вид:

$$J = \frac{mc^3(\gamma_0 - 1)}{e} \frac{1}{\frac{r_1}{R} - 1 - \ln \frac{r_1}{R}}.$$

Здесь необходимо отметить, что расстояние, на котором происходит отражение электронов пучка r_1 и тем самым образуется виртуальный катод, определяется формулой:

$$r_1 = \frac{R_1 R \ln \frac{R_1}{R}}{R_1 - R}.$$

4. Определение предельного тока при движении электронов пучка с внешнего радиуса R системы и обе поверхности находятся при потенциале U_0 , рисунок 4.

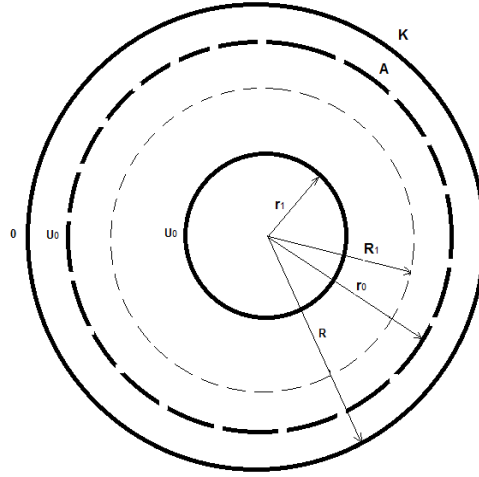


Рис. 4 - Сферический диод с внешнего радиуса R (катод)

Уравнение (5) решается совместно со следующими граничными условиями:

$$\Phi|_{r=R} = 0, \quad \frac{\partial \Phi}{\partial r}|_{r=R} = 0,$$

$$\Phi|_{r=r_0, r_1} = U_0 = \frac{mc^2(\gamma_0 - 1)}{e},$$

где R - внешний, r_1 - внутренний радиус системы, r_0 - внешний радиус системы.

В этом случае выражение для предельного тока инжекции через поверхность будет иметь следующий вид:

$$J = \frac{mc^3(\gamma_0 - 1)}{e} \frac{1}{\frac{R_1}{r_0} - 1 - \ln \frac{R_1}{r_0}}.$$

Здесь необходимо отметить, что расстояние, на котором происходит отражение электронов пучка R_1 и тем самым образуется виртуальный катод, определяется формулой:

$$R_1 = \frac{r_0 r_1 \ln \frac{r_0}{r_1}}{r_0 - r_1}.$$

Выводы

Получены достаточно точные аналитические выражения для предельного тока в ультрарелятивистском приближении, определяющие зависимость тока от геометрии системы и внешнего напряжения. Из формул следует, что значение предельного тока в сферическом диоде для релятивистских напряжений прямо пропорционально ускоряющему напряжению U_0 . Что касается зависимости от геометрии системы, то она носит логарифмический характер. В области умеренно релятивизма эти формулы можно применить лишь в качестве первого приближения.

Литература

1. Miller R.B.- An Introduction to the Physics of Intense Charged Particle Beams- с.432-Москва «МИР»1984.
2. Рухадзе А.А., Рыбак П.В., Ходотаев Я.К., Шокри В. О предельных токах электронных пучков в коаксиальных системах // Физика плазмы. – 1996. – Т. 22. – № 4. – С. 358–366.
3. Акимов П.И., Богословская А.Б. Использование ионов для усиления тока электронных пушек. Прикладная физика ,2002.№4 с.90-101

Лаврентьев А.В.¹, Уртенов М.Х.²

¹ Лаврентьев Александр Владимирович, кандидат хим. наук, доцент кафедры физики Кубанского государственного технологического университета; e-mail: avlavrentiev@yandex.ru;

² Уртенов Магомет Хусеевич, д. ф-м. н. ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», Краснодар, Россия (350040, г.Краснодар, ул.Ставропольская, д.149), e-mail: urtenovmax@mail.ru.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ ОПИСЫВАЕМОГО НЕОДНОМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ УРАВНЕНИЙ НЕРНСТА-ПЛАНКА-ПУАССОНА ДЛЯ БИНАРНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА.

Аннотация

Предлагается исследование неоднородной системы уравнений Нернста-Планка-Пуассона в декомпозиционной форме. Обсуждается модельная задача с условием электронейтральности. Исследована простейшая модельная задачи с учетом пространственного заряда в неоднородном случае для стационарного переноса бинарного электролита.

Ключевые слова: декомпозиция, плотность тока, электродиализ, система уравнений Нернста-Планка-Пуассона, бинарный электролит, моделирование, электромембранные системы.

Lavrentiev A.V.¹, Urtenov M.X.²

¹ Lavrentiev Aleksandr Vladimirovich, k x. n., doctoral FGBOU VPO «Kuban State Technological University», (350072, Krasnodar, Russia, street Moskovskaya, 2, k.A), e-mail: avlavrentiev@yandex.ru;

² Urtenov Magomet Huseevich, tf-m. n. FGBOU VPO «Kuban State University», Krasnodar, Russia (350040, Krasnodar, Stavropolskaya Street, 149), e-mail: urtenovmax@mail.ru.

COMPLETE DECOMPOSITION OF NON-SINGULAR DIMENSIONAL EQUATION SYSTEMS OF NERNST-PLANK-PUASSON FOR BINARY ELECTROLYTH.

Abstract

Hereby we offer a generalization of decomposition method for non- singular dimensional case. New equations for electric currency density from the initial equations system of Nernst-Plank-Puasson. We also provide examples of model tasks obtained from decomposition equations systems of Nernst-Plank-Puasson.

Keywords: decomposition, electric current density, electrodialysis, equations systems of Nernst-Plank-Puasson.

Введение

При математическом моделировании различных задач мембранной электрохимии и нанотехнологии возникает необходимость в решении краевых задач для системы уравнений Нернста-Планка и Пуассона.

Структура этих уравнений неудобна для применения численных методов. Кроме того, при естественной нормировке, возникает малый параметр при операторе Лапласа в уравнении Пуассона. В связи с этим возникает проблема преобразования указанных уравнений к более удобному виду.

Для одномерного случая в работах [1], [2] был предложен метод декомпозиции, использование которого, привело фактически к созданию теории переноса произвольного электролита [3-6].

В работе [7] нами было предложено обобщение метода декомпозиции на неоднородный случай, получены декомпозиционные уравнения и выведено новое уравнение для плотности тока, а также исследованы различные модельные задачи.

Модельная задача с условием электронейтральности была подробно исследована в работе [8], где предлагается анализ краевой задачи, учитывающей пространственный заряд при переносе бинарного электролита в двумерном случае.

1. Декомпозиция неоднородной системы уравнений Нернста-Планка-Пуассона

Для полноты изложения, приведем сначала краткий вывод декомпозиционной системы уравнений.

Исходная система уравнений Нернста-Планка и Пуассона в отсутствии химических реакций для бинарного электролита имеет вид [9]:

$$\mathbf{j}_i = -\frac{F}{RT} z_i D_i C_i \text{grad } \varphi - D_i \text{grad } C_i + C_i \mathbf{V}, \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -\text{div } \mathbf{j}_i, \quad i = 1, 2, \quad (2)$$

$$\varepsilon_0 \Delta \varphi = -F(z_1 C_1 + z_2 C_2), \quad (3)$$

где C_i , \mathbf{j}_i , D_i и z_i – концентрация, поток коэффициенты диффузии и зарядовые числа ионов i -го вида, φ –

электрический потенциал, F – число Фарадея, ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, \mathbf{V} – вектор скорости течения раствора электролита, R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура.

Обозначим через \mathbf{I} – плотность тока, обусловленного потоком ионов, а через \mathbf{E} – напряженность электрического поля, тогда

$$\mathbf{I} = F(z_1 \mathbf{j}_1 + z_2 \mathbf{j}_2),$$

$$\mathbf{E} = -\text{grad } \varphi,$$

а уравнения (1) и (3) примут вид:

$$\mathbf{j}_i = \frac{F}{RT} z_i D_i C_i \mathbf{E} - D_i \text{grad } C_i + C_i \mathbf{V}, \quad i = 1, 2, \quad (4)$$

$$\varepsilon_0 \text{div } \mathbf{E} = F(z_1 C_1 + z_2 C_2). \quad (5)$$

Вместо исходной системы уравнений (2), (4), (5) для определения неизвестных $C_1, C_2, \mathbf{j}_1, \mathbf{j}_2, \mathbf{E}$ можно получить два уравнения для двух неизвестных функций, после решения которых, остальные неизвестные могут быть найдены по формулам или по отдельным независимым уравнениям, то есть, можно произвести расщепление (декомпозицию) исходной системы уравнений.

Положим

$$\begin{aligned} S_0 &= C_1 + C_2, \\ \tilde{S} &= S_0 + \frac{\varepsilon_0 d_3}{2d_1 RT} \|\mathbf{E}\|^2, \\ \Phi &= \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{I}, \end{aligned}$$

Тогда декомпозиционная система уравнений относительно \mathbf{E} и \tilde{S} примет вид [7]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{S}}{\partial t} &= \frac{F d_2 z_1 z_2}{RT} \operatorname{div}(\tilde{S} \mathbf{E}) - \\ &- \frac{\varepsilon_0 F d_3}{2d_1 R^2 T^2} \operatorname{div}(\|\mathbf{E}\|^2 \mathbf{E}) - \\ &- \frac{\varepsilon_0 d_3}{RT} (\operatorname{div} \mathbf{E})^2 + \frac{\varepsilon_0 d_3}{RT} \|\operatorname{grad} E_1\|^2 + \\ &+ \frac{\varepsilon_0 d_2}{F} \Delta(\operatorname{div} \mathbf{E}) - \operatorname{div}(\tilde{S} \mathbf{V}) + \\ &+ \frac{\varepsilon_0 d_3}{2d_1 RT} \operatorname{div}(\|\mathbf{E}\|^2 \mathbf{V}) - d_1 \Delta \tilde{S} + \\ &+ \frac{\varepsilon_0 d_3}{2d_1 RT} \frac{\partial}{\partial t} \|\mathbf{E}\|^2, \quad (6) \\ \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} &= \frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{RT} \tilde{S} \mathbf{E} - \frac{F^2 \varepsilon_0 d_3^2 z_1 z_2}{2d_1 R^2 T^2} \mathbf{E} \|\mathbf{E}\|^2 - \\ &- \frac{F \varepsilon_0 d_4}{RT} \mathbf{E} \operatorname{div} \mathbf{E} - F d_2 z_1 z_2 \operatorname{grad} \tilde{S} + \\ &+ \frac{\varepsilon_0 F d_2 d_3 z_1 z_2}{2d_1 RT} \operatorname{grad} \|\mathbf{E}\|^2 + \varepsilon_0 d_3 d_4 \Delta \mathbf{E} - \\ &- \varepsilon_0 (\mathbf{V} \operatorname{div} \mathbf{E}) + \Phi. \quad (7) \quad \operatorname{div} \Phi = 0 \quad (8) \end{aligned}$$

В систему уравнений (6), (7) наряду с неизвестными функциями \mathbf{E} и \tilde{S} входит и неизвестная общая плотность тока Φ . В работе [10] были получены и исследованы системы уравнений подобные (6), (7) в предположении о различных частных случаях функции Φ .

Для решения задачи в общем виде система уравнений (6), (7) должна быть дополнена уравнениями для определения вектор-функции Φ . Одним из этих уравнений служит уравнение (8). Этого уравнения недостаточно для однозначного определения Φ . В работе [7] найдено уравнение для общей плотности тока Φ .

В трехмерном случае это уравнение имеет вид:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \Phi &= \frac{F}{RT} \operatorname{grad} \left(-F d_3 z_1 z_2 \tilde{S} + \frac{\varepsilon_0 F d_3^2 z_1 z_2}{2d_1 RT} \|\mathbf{E}\|^2 + \varepsilon_0 d_4 \operatorname{div} \mathbf{E} \right) \times \\ &\times \mathbf{E} + \varepsilon_0 \Delta \mathbf{E} \times \mathbf{V} + \varepsilon_0 \operatorname{div} \mathbf{E} \times \operatorname{rot} \mathbf{V}, \end{aligned}$$

в двумерном случае соответственно:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_2}{\partial x} - \frac{\partial \Phi_1}{\partial y} &= \frac{F}{RT} \times \\ &\times \left(\operatorname{grad} \left(-F d_3 z_1 z_2 \tilde{S} + \frac{\varepsilon_0 F d_3^2 z_1 z_2}{2d_1 RT} \|\mathbf{E}\|^2 - \varepsilon_0 d_4 \operatorname{div} \mathbf{E} \right), \mathbf{E} \right)_1 + \\ &+ \varepsilon_0 (\Delta \mathbf{E}, \mathbf{V})_1 + \varepsilon_0 \left(\frac{\partial V_2}{\partial x} - \frac{\partial V_1}{\partial y} \right) \operatorname{div} \mathbf{E}, \end{aligned}$$

где для удобства записи использовано обозначение

$$(\mathbf{a}, \mathbf{b})_1 = a_1 b_2 - a_2 b_1.$$

2. Модельные задачи

Для физико-химического анализа процесса переноса бинарного электролита важны модельные задачи, выявляющие различные факторы, действующие на изучаемый процесс. Декомпозиционные уравнения (6), (7) совместно с уравнением для общей плотности тока удобны для формирования таких модельных задач. Приведем два примера модельных задач.

2.1 Модельная задача с условием электронейтральности

В этом случае вместо уравнения Пуассона (3) используется условие электронейтральности: $z_1 C_1 + z_2 C_2 = 0$

В трехмерном случае с учетом условия электронейтральности система декомпозиционных уравнений значительно упрощается и примет вид:

$$\frac{\partial \tilde{S}}{\partial t} = \frac{F d_2 z_1 z_2}{RT} \operatorname{div}(\tilde{S} \mathbf{E}) - \operatorname{div}(\tilde{S} \mathbf{V}) - d_1 \Delta \tilde{S} \quad , \quad (9)$$

$$\frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{RT} \tilde{S} \mathbf{E} - F d_2 z_1 z_2 \operatorname{grad} \tilde{S} + \Phi = 0 \quad , \quad (10)$$

$$\operatorname{div} \Phi = 0 \quad , \quad \operatorname{rot} \Phi = - \frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{RT} \operatorname{grad} \tilde{S} \times \mathbf{E}$$

Кроме того:

$$\tilde{S} = S_0 = \frac{z_2 - z_1}{z_2} C_1 = \frac{z_1 - z_2}{z_1} C_2$$

$$\Phi = \mathbf{I} \quad ,$$

Подставляя $S_0 \mathbf{E}$ из уравнения (10) в (9), получаем для S_0 уравнение конвективной диффузии:

$$\frac{\partial S_0}{\partial t} = \operatorname{div}(S_0 \mathbf{V}) + D \Delta S_0 \quad , \quad D = \frac{D_1 D_2 (z_1 - z_2)}{D_1 z_1 - D_2 z_2} \quad , \quad (11)$$

Кроме того

$$\mathbf{E} = \frac{d_2 RT}{F d_3 S_0} \operatorname{grad} S_0 + \frac{RT}{S_0 F^2 d_3 z_1 z_2} \mathbf{I} \quad , \quad (12)$$

$$\operatorname{div} \mathbf{I} = 0 \quad , \quad (13)$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{I} = - \frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{RT} \operatorname{grad} S_0 \times \mathbf{E} \quad , \quad (14)$$

В двухмерном случае кроме уравнений аналогичных уравнениям (11)-(13) вместо уравнения (14) будем иметь уравнение:

$$\frac{\partial I_2}{\partial x} - \frac{\partial I_1}{\partial y} = - \frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{RT} (\operatorname{grad} S_0, \mathbf{E})_1 \quad , \quad (15)$$

Тогда из уравнения (13) следует существование такой функции η , что

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = I_2 \quad , \quad \frac{\partial \eta}{\partial y} = -I_1 \quad , \quad (16)$$

Уравнение (13) выполняется автоматически, а из (15) получаем

$$\Delta \eta = - \frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{RT} (\operatorname{grad} S_0, \mathbf{E})_1 \quad , \quad (17)$$

Уравнение (17) можно решать численно, например, методом установления.

Таким образом, метод декомпозиции сводит решение исходной системы уравнений Нернста-Планка с условием электронейтральности к решению обычного уравнения конвективной диффузии (11) и уравнения (17).

Предложенные выше декомпозиционные уравнения (11), (12), (16), (17) были использованы в [8], совместно с системой уравнений Навье-Стокса и уравнением теплопроводности, при численном анализе гравитационной конвекции в электромембранных системах и позволили найти основные закономерности переноса бинарного электролита с учетом гравитационной конвекции, возникающей вследствие джоулевского разогрева электролита и изменения концентрационного поля.

2.2 Простейшая модельная задача с учетом пространственного заряда в неограниченном случае

В одномерном случае простейшей задачей, позволяющей рассматривать сверхпредельные (интенсивные) режимы переноса является модельная задача с кубическим уравнением [5], [6]. Аналогом этой задачи в трехмерном стационарном случае является задача [10]:

$$\frac{F d_2 z_1 z_2}{RT} \operatorname{div}(\tilde{S} \mathbf{E}) - \operatorname{div}(\tilde{S} \mathbf{V}) - d_1 \Delta \tilde{S} = 0 \quad , \quad (18)$$

$$\frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{RT} \tilde{S} \mathbf{E} - \frac{F^2 \varepsilon_0 d_3^2 z_1 z_2}{2 d_1 R^2 T^2} \mathbf{E} \|\mathbf{E}\|^2 -$$

$$- F d_2 z_1 z_2 \operatorname{grad} \tilde{S} + \Phi = 0 \quad ,$$

$$\operatorname{div} \Phi = 0 \quad ,$$

$$\operatorname{rot} \Phi = - \frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{RT} \operatorname{grad} \times$$

$$\times \left(\tilde{S} - \frac{\varepsilon_0 d_3}{F 2 d_1 R T} \|\mathbf{E}\|^2 \right) \times \mathbf{E}$$

$$\Phi = \mathbf{I}.$$

В двумерном случае уравнение (18) заменяется на уравнение:

$$\frac{\partial I_2}{\partial x} - \frac{\partial I_1}{\partial y} = -\frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{R T} \left(\text{grad} \left(\tilde{S} - \frac{\varepsilon_0 d_3}{2 d_1 F R T} \|\mathbf{E}\|^2 \right), \mathbf{E} \right)_1$$

или с учетом функции η на уравнение:

$$\Delta \eta = -\frac{F^2 d_3 z_1 z_2}{R T} \left(\text{grad} \left(\tilde{S} - \frac{\varepsilon_0 d_3}{2 d_1 F R T} \|\mathbf{E}\|^2 \right), \mathbf{E} \right)_1.$$

3. Анализ простейшей модельной задачи с учетом пространственного заряда в двумерном случае

3.1 Переход к безразмерному виду и точное решение

Для математической постановки задачи и численного решения необходимо привести уравнения к безразмерному виду. Для этого сделаем следующие замены:

$$X = \frac{X^{(d)}}{H^{(d)}}, \quad Y = \frac{Y^{(d)}}{H^{(d)}}, \quad C = \frac{C^{(d)}}{C_0^{(d)}}, \quad \mathbf{V} = \frac{\mathbf{V}^{(d)}}{V_0^{(d)}},$$

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{I}^{(d)} H^{(d)}}{D^{(d)} C_0^{(d)} F}, \quad \varepsilon = \frac{R T \varepsilon_0}{C_0^{(d)} F^2 H^2} = 2 \left| \frac{l_D}{H} \right|^2,$$

$$\mathbf{E} = \frac{H^{(d)} F E^{(d)}}{R T}, \quad D_i = \frac{D_i^{(d)}}{D^{(d)}}, \quad P e = \frac{V_0^{(d)} H^{(d)}}{D^{(d)}},$$

где переменные с индексом (d) считаются размерными.

Модельная задача стационарного переноса бинарного электролита с условием квазиравномерного распределения заряда в случае симметричного электролита и равенства коэффициентов диффузии $D_1 = D_2 = D$ в безразмерном виде принимает следующий вид:

$$\frac{\partial \tilde{S}}{\partial t} = \frac{D}{P e} \Delta \tilde{S} - \text{div}(\tilde{S}, \mathbf{V}) \quad (19)$$

$$\frac{\partial I_2}{\partial x} - \frac{\partial I_1}{\partial y} = -D z_1 z_2 \left(\text{grad} \left(\tilde{S} + \frac{1}{2} \varepsilon \|\mathbf{E}\|^2 \right), \mathbf{E} \right)_1, \quad (20)$$

$$\frac{\varepsilon}{2} (\mathbf{E}, \mathbf{E}) \mathbf{E} + \tilde{S} \mathbf{E} + \frac{1}{D z_1 z_2} \mathbf{I} = \mathbf{0}, \quad (21)$$

$$\text{div} \mathbf{I} = \mathbf{0}. \quad (22)$$

Рассматриваем гальваностатический режим в камере обессоливания электродиализного аппарата, когда средняя плотность тока в цепи считается постоянной, т.е.

$$I_{cp} = \frac{1}{L} \int_0^l I_x(x, y) \Big|_{x=0} dy = \frac{1}{L} \int_0^l I_x(x, y) \Big|_{x=h} dy = \text{const} \quad (23)$$

Из (22) следует $\frac{\partial \eta}{\partial x} = I_2$, $\frac{\partial \eta}{\partial y} = -I_1$, $\mathbf{I} = (I_1, I_2)$. Из (23) следует, что для функции η можно положить:

$$\eta \Big|_{y=0} = 0, \quad \eta \Big|_{y=l} = -I_{cp} L \quad (24)$$

Кроме того, добавим условие перпендикулярности тока поверхности мембраны:

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{\partial \eta}{\partial x} \Big|_{x=h} = 0 \quad (25)$$

Для функции \tilde{S} примем условия:

$$\tilde{S} \Big|_{x=0} = \tilde{S}_A, \quad \tilde{S} \Big|_{x=h} = \tilde{S}_K \quad (26)$$

$$\tilde{S}\Big|_{y=0} = \tilde{S}_{\text{вх}}, \quad \tilde{S}\Big|_{y=l} = \tilde{S}_{\text{вых}}$$

(27) Условия (26) и (27) должны

быть согласованы со свойствами мембран и с величиной I_{cp} («интенсивным» или «мягким» токовым режимом).

3.2 Асимптотическое представление решения

$$\text{Пусть } \beta = -\frac{1}{Dz_1 z_2}, \quad \alpha = \frac{\varepsilon}{2}.$$

Для моделируемого случая величина α может считаться малым параметром по сравнению с β . Это позволяет построить самосогласованное асимптотическое решение задачи (19)-(27).

В [11] было показано, что

$$\mathbf{E} = \|\mathbf{I}\|^{\frac{2}{3}} \beta^{\frac{1}{3}} \alpha^{\frac{1}{3}} z (-\tilde{S} \|\mathbf{I}\|^{\frac{2}{3}} \beta^{\frac{2}{3}} \alpha^{\frac{1}{3}}) \mathbf{I}, \quad (28)$$

а функция $z(\xi)$ является решением уравнения

$$z^3 - \xi z - 1 = 0$$

Функция $z(\xi)$ имеет асимптотическое представление:

$$z(\xi) = \begin{cases} \frac{1}{\xi}, & \text{при } \xi \rightarrow -\infty \\ 1, & \text{при } \xi \rightarrow 0 \\ \sqrt{\xi}, & \text{при } \xi \rightarrow +\infty \end{cases} \quad (29)$$

График функции $z(\xi)$ приведен на рис.1.

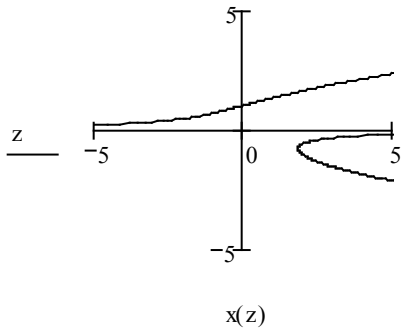


Рис.1 График решения уравнения (29)

Физический смысл имеют положительные решения, которые в дальнейшем и рассматриваются. Асимптотическое представление для функции \mathbf{E} зависит от знака функции \tilde{S} . При интенсивных токовых режимах $\tilde{S}\Big|_{x=h} < 0$, в то время как $\tilde{S}\Big|_{x=0} > 0$, поэтому функция \tilde{S} меняет знак в области $x \in [0, h]$, $y \in [0, l]$, следовательно, функция \mathbf{E} имеет в разных частях области различные асимптотические представления.

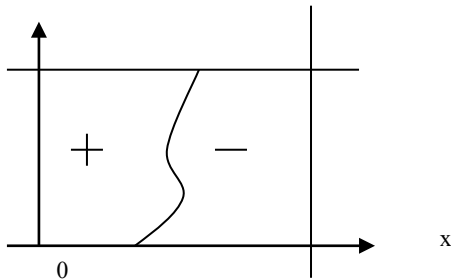


Рис.2. Распределение области знакопостоянства функции \tilde{S} при жестких токовых режимах

После нахождения функции \tilde{S} вычисляем функцию $x=x(y)$, из условия, что $\tilde{S}(x(y), y) = 0$, причем, при $x > x(y)$ функция $\tilde{S}(x, y) < 0$ (область пространственного заряда), а при $x < x(y)$ функция $\tilde{S}(x, y) > 0$ (область электронейтральности). Асимптотику (29) функции $z(\xi)$ необходимо согласовать с асимптотикой функции \mathbf{I} для получения самосогласованных асимптотических решений.

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} \mathbf{I}(x, y) = \mathbf{I}_0(x, y)$$

Для этого предположим, что \mathbf{I}_0 Подставим в (22) и для \mathbf{I}_0 получим соответствующую задачу. Итак:

1. В области электронейтральности

$$\mathbf{E} \approx \frac{\beta}{\tilde{S}} \mathbf{I}_0,$$

где \mathbf{I}_0 является решением уравнения

$$\beta \Delta \eta_0 = (\text{grad}(\tilde{S}), \frac{\beta}{\tilde{S}} \mathbf{I}_0)_1, \quad (30)$$

причем

$$\frac{\partial \eta_0}{\partial x} = I_{2,0}, \quad \frac{\partial \eta_0}{\partial y} = -I_{1,0}$$

2. В области пространственного заряда

$$\mathbf{E} \approx \frac{\sqrt{-2\tilde{S}}}{\|\mathbf{I}_0\| \sqrt{\alpha}} \mathbf{I}_0$$

где \mathbf{I}_0 является решением системы уравнений

$$\Delta I_{1,0} = -\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\tilde{S}} (\text{grad}(\tilde{S}), \mathbf{I}_0) \right), \quad (31)$$

$$\text{div} \mathbf{I}_0 = 0$$

Для уравнения (30) используются левые граничные условия из условий (24) и (25), а для уравнения (31) - правые. На границе $(x(y), y)$ ставятся условия согласования решений уравнений (30), (31), причем для этого необходимо ввести промежуточный слой в окрестности кривой $(x(y), y)$.

3.3 Асимптотическое решение

Как следует из (3.2) для асимптотического решения задачи нужно использовать следующие разложения:

$$E_1 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} E_{1,-1} + E_{10} + O(\varepsilon),$$

$$E_2 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} E_{2,-1} + E_{20} + O(\varepsilon),$$

$$V_1 = V_{10} + O(\sqrt{\varepsilon}),$$

$$V_2 = V_{20} + O(\sqrt{\varepsilon}),$$

$$\tilde{S} = \tilde{S}_0 + \tilde{S}_1 \sqrt{\varepsilon} + O(\varepsilon),$$

$$I_1 = I_{10} + O(\sqrt{\varepsilon}),$$

$$I_2 = I_{20} + O(\sqrt{\varepsilon}).$$

Уравнения для коэффициентов разложения, при $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}$ для $E_{1,-1}, E_{2,-1}$,

S_0 и при ε^0 для $I_{1,0}, I_{2,0}$ имеют вид:

$$\left(\frac{1}{2} E_{1,-1}^2 + \frac{1}{2} E_{2,-1}^2 + \tilde{S} \right) \cdot E_{1,-1} = 0 \quad (32)$$

$$\left(\frac{1}{2} E_{1,-1}^2 + \frac{1}{2} E_{2,-1}^2 + \tilde{S}_0 \right) \cdot E_{1,-1} = 0 \quad (33)$$

$$\frac{\partial \tilde{S}_0}{\partial t} = \frac{D}{Pe} \left(\frac{\partial^2 \tilde{S}_0}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \tilde{S}_0}{\partial y^2} \right) - \left(\frac{\partial V_{1,0} \tilde{S}_0}{\partial x} + \frac{\partial V_{2,0} \tilde{S}_0}{\partial y} \right) \quad (34)$$

$$\frac{\partial I_{10}}{\partial x} + \frac{\partial I_{20}}{\partial y} = 0 \quad (35)$$

$$\frac{\partial I_{2,0}}{\partial x} - \frac{\partial I_{1,0}}{\partial y} = -Dz_1 z_2 \cdot (\text{grad}(S_1 + E_{1,-1} E_{1,0} + E_{2,-1} E_{2,0}), E_{2,-1}) \quad (36)$$

Эта система распадается на ряд подсистем, поэтому уравнение (34) для \tilde{S}_0 с соответствующими граничными условиями решается независимо. При решении уравнений (32) и (33) можно выделить два различных случая:

$$I) \begin{cases} \left(\frac{1}{2} E_{1,-1}^2 + \frac{1}{2} E_{2,-1}^2 + \tilde{S}_0 \right) = 0 \\ E_{2,-1} = 0 \\ E_{1,-1} \neq 0 \end{cases}$$

$$II) \begin{cases} \left(\frac{1}{2} E_{1,-1}^2 + \frac{1}{2} E_{2,-1}^2 + \tilde{S}_0 \right) = 0 \\ E_{2,-1} \neq 0 \\ E_{1,-1} \neq 0 \end{cases}$$

Сначала рассмотрим первый случай.

Так как $E_{2,-1} = 0$, то $E_{1,-1} = \sqrt{-2S_0}$

Преобразовав приближение при ε^0 получим, что $I_{2,0} = 0$,

а $I_{1,0}$ можно найти из следующей системы уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial I_{10}}{\partial x} + \frac{\partial I_{20}}{\partial y} = 0 \end{cases} \quad (37)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial I_{20}}{\partial x} - \frac{\partial I_{10}}{\partial y} = -\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{I_{1,0}}{E_{1,-1}} \right) E_{1,-1} \end{cases} \quad (38)$$

Из системы (37), (38) следует, что $I_{1,0}$ является функцией, зависящей от y , а уравнение (38) примет вид:

$$\left(1 + \frac{k_1}{D} \right) \frac{\partial I_{10}}{\partial y} = \frac{k_1}{D} \frac{I_{1,0}}{E_{1,-1}} \frac{\partial E_{1,-1}}{\partial y}$$

$$I_{1,0}(y) = C(x) \cdot (E_{1,-1})^{\frac{k_1}{k_1+D}}$$

Решением этого уравнения будет функция вида:

Анализируя это решение получим, что слева стоит функция, зависящая от y , поэтому правая часть должна тоже зависеть от y .

$$E_{1,-1} = \frac{\varphi(y)}{\varphi(x)}, \text{ где } (\varphi(x))^{\frac{k_1}{k_1+D}} = C(x)$$

Таким образом функция $E_{1,-1}$ будет вида

Тогда разложение в ряд примет вид:

$$E_1 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} \sqrt{-2\tilde{S}_0} + \dots$$

$$E_2 = 0$$

$$I_1 = C(x) \cdot \left(\sqrt{-2\tilde{S}_0} \right)^{\frac{k_1}{k_1+D}}$$

$$I_2 = 0$$

Используя уравнения для коэффициентов следующих приближений можно найти остальные приближения для плотности тока, а значит и напряженности.

Рассмотрим второй случай.

После ряда преобразований задача нахождения $I_{1,0}$, $I_{2,0}$ сведется к решению системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial I_{1,0}}{\partial x} + \frac{\partial I_{2,0}}{\partial y} = 0 \end{cases} \quad (39)$$

$$\begin{cases} I_{10}^2 \frac{\partial I_{20}}{\partial x} - 2I_{10}I_{20} \frac{\partial I_{10}}{\partial x} - I_{20}^2 \frac{\partial I_{10}}{\partial y} = \left(-I_{10} \frac{\partial \tilde{S}_0}{\partial y} - I_{20} \frac{\partial \tilde{S}_0}{\partial x} \right) \frac{I_{10}^2 + I_{20}^2}{2\tilde{S}_0} \end{cases} \quad (40)$$

Из уравнения (39) следует, что существует такая функция η , что

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = I_{20} \frac{\partial \eta}{\partial y} = -I_{10}$$

С учетом этой замены уравнение (40) можно переписать в виде:

$$I_{1,0}^2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + 2I_{1,0}I_{2,0} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} + I_{2,0}^2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} = \left(-I_{1,0} \frac{\partial \tilde{S}_0}{\partial y} - I_{2,0} \frac{\partial \tilde{S}_0}{\partial x} \right) \frac{I_{1,0}^2 + I_{2,0}^2}{2\tilde{S}_0} \quad (41)$$

Делая замену переменных

$$\xi(x, y) = -\int I_{2,0}(x, y) dx + \int \left(I_{1,0}(x, y) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\int I_{2,0}(x, y) dx \right) \right) dy$$

$$\mu = x$$

приведем уравнение (41) к каноническому виду.

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial \mu^2} \cdot I_{1,0} + \frac{\partial \eta}{\partial \xi} \left(I_{1,0}^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + 2I_{1,0}I_{2,0} \frac{\partial^2 \xi}{\partial y \partial x} + I_{2,0}^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} \right) = \left(-I_{1,0} \frac{\partial S_0}{\partial y} - I_{2,0} \frac{\partial S_0}{\partial x} \right) \frac{I_{1,0}^2 + I_{2,0}^2}{2S_0} \quad (42)$$

Уравнение (42) является квазилинейным уравнением, для которого известна локальная теорема единственности. После

нахождения $I_{1,0}(x, y)$, $I_{2,0}(x, y)$ определяются $E_{1,-1}(x, y)$, $E_{2,-1}(x, y)$.

Нами найдены различные частные решения уравнения (42).

Для нахождения $E_{1,-1}(x, y)$, $E_{2,-1}(x, y)$ необходимо совместно решить уравнение из первого приближения $E_{1,-1}^2 + E_{2,-1}^2 = -2S_0$ и уравнение, которое получается из условия разрешимости следующего приближения для

$$E_{1,-1}, E_{2,-1}, \text{ то есть } E_{2,-1}I_{1,0} - E_{1,-1}I_{2,0} = 0. \quad \text{В результате получим } E_{1,-1} = \pm I_{10} \sqrt{\frac{-2S_0}{I_{10}^2 + I_{20}^2}} \text{ и}$$

$E_{2,-1} = \pm I_{20} \sqrt{\frac{-2S_0}{I_{10}^2 + I_{20}^2}}$, а используя равенства коэффициентов при следующих приближениях, находятся и остальные неизвестные.

Полученные аналитические решения достаточно просты, и их можно использовать для исследования основных закономерностей бинарного электролита в электромебранных системах.

Меняя граничные условия в зависимости от моделирования задачи можно находить различные приближения аналитического решения, которые можно применять для анализов процессов переноса, для тестирования численных решений и т. д.

3.4 Численное решение модельной задачи с кубическим уравнением.

Для численного решения используется метод установления, поэтому

$$S|_{t=0} = \tilde{S}_0(x, y), \quad (43)$$

$$\eta|_{\tau=0} = 0, \quad (44)$$

$$\text{и } S|_{x=0} = \hat{S}_0(t, y), \quad S|_{x=H} = \hat{S}_1(t, y) \quad (45)$$

где функции \tilde{S}_0 , \hat{S}_0 , \hat{S}_1 , являются заданными.

Рассмотрим результаты численного анализа краевой задачи (21)-(29), (43)-(45) при двух различных вариантах граничных условий.

Первый случай. Краевые условия имеют вид $\tilde{S}_0(x, y) = -1$, $\tilde{S}_0(t, y) = 1$, $\hat{S}_1(t, y) = -1$, $S_0(t, x) = 1 - 2x$, $S_1(t, x) = 1 - 2x$. На рис.3 приведены графики функций $S(t, x, y)$ и $E_1(t, x, y)$.

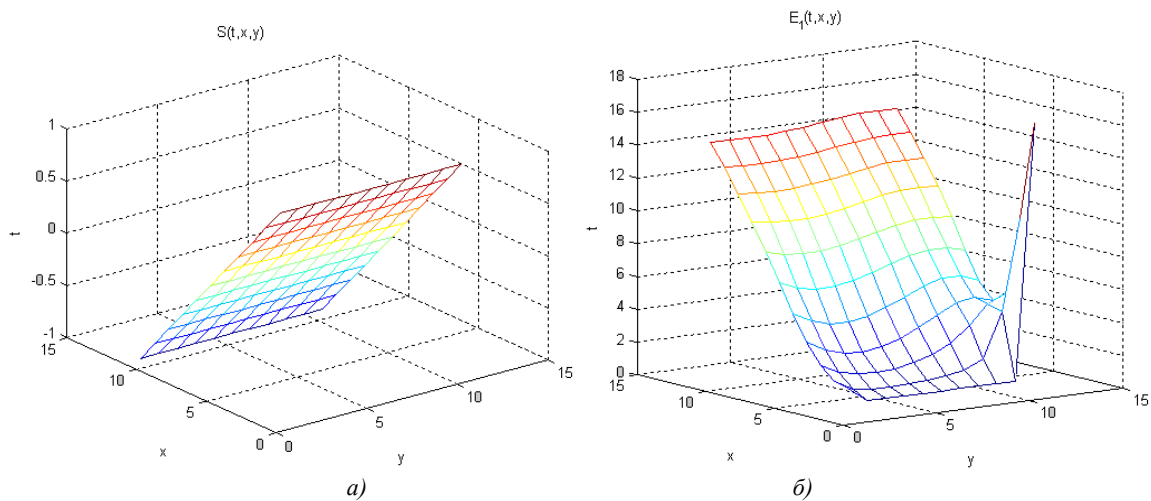


Рис.3. а) график функции $S(t; x, y)$; б) график функции $E_1(t; x, y)$.

Заметим, что в данном случае имеется точное решение $S(t; x, y) = 1 - 2x$. Из сопоставления видно, что численное приближенное решение с большой точностью совпадает с точным.

График функции $E_1(t; x, y)$ соответствует физически ожидаемому поведению функции.

Второй случай. Краевые условия имеют вид $\tilde{S}_0(x; y) = 2$, $\hat{S}_0(t; y) = 1$, $\hat{S}_1(t; y) = -1$, $S_0(t; x) = 1 - 2x$, $S_1(t; x) = 0$. На рис.4 приведены графики функций $S(t; x, y)$ и $E_1(t; x, y)$.

Сопоставление было проведено в области где $x > \frac{1}{2}$, а $y \in [0; 1]$, причем для асимптотического решения согласовывались граничные условия с численным решением. Первое приближенное решение для η было получено в виде: $\eta = -0.01 - y$.

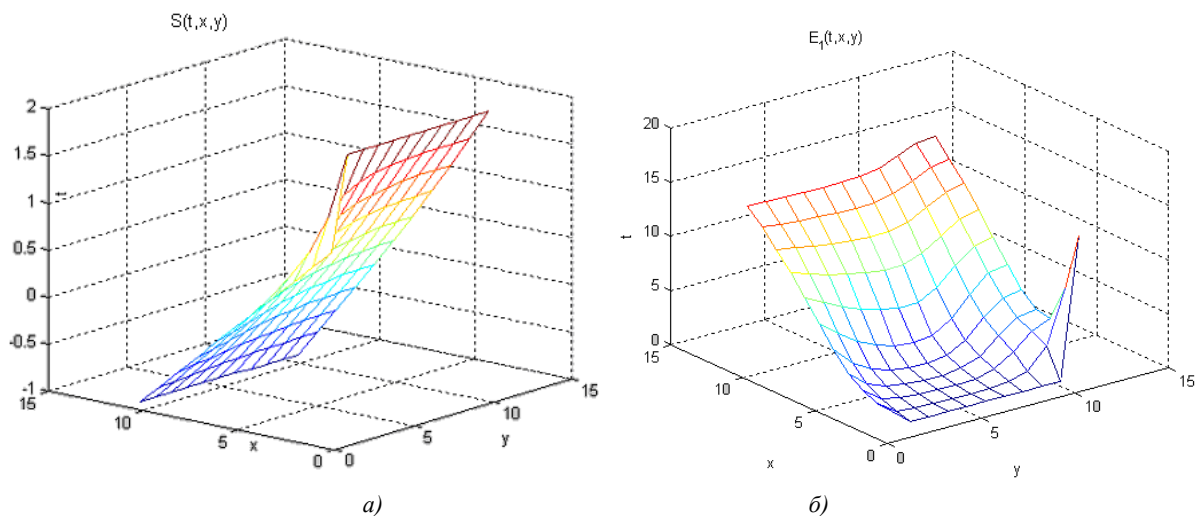


Рис.4. а) график функции $S(t; x, y)$; б) график функции $E_1(t; x, y)$.

Видно, что решение близко к стационарным решениям, полученным в предыдущем случае уже при $t_{con} = 0,5$.

3.5 Сопоставление решений, полученных асимптотическим и численным методом.

Сопоставление численного и асимптотического решения показало, что решения совпадают с достаточно хорошей точностью, что является существенным аргументом в пользу численного и асимптотического решений.

Как показано выше решение модельной задачи, учитывающей пространственный заряд, в принципе не сложнее модельной задачи с условием электронейтральности. Однако позволяет в отличие от нее, исследовать влияние пространственного заряда на массоперенос в неоднородном случае, в том числе такие явления, как электроконвекция, неустойчивость стационарного решения, вывести алгоритм асимптотического решения краевых задач для системы неоднородных уравнений Нернста-Планка и Пуассона и т.д.

Литература

1. Бабешко В.А., Заболоцкий В.И., Кириллова Е.В., Уртенев М.Х. Декомпозиция систем уравнений Нернста-Планка-Пуассона//Доклады РАН. 1995.Т. 344. №3. С.485-487.
2. Бабешко В.А., Заболоцкий В.И., Корженко Н.М., Сеидов Р.Р., Уртенев М.Х. Декомпозиционные уравнения для стационарного переноса электролита в одномерном случае//Электрохимия.1997. №8. С.855-863.
3. Бабешко В.А. Заболоцкий В.И., Корженко Н.М., Сеидов Р.Р., Уртенев М.Х. Теория стационарного переноса тернарного электролита в одномерном случае//Доклады РАН.1997. Т. 355, № 4.С.488-491.

4. Бабешко В.А., Заболоцкий В.И., Корженко Н.М., Сеидов Р.Р., Уртенев М.Х. Теория стационарного переноса бинарного электролита в слое Нернста// Доклады РАН. 1998. Т. 361. №2. С. 208.
5. Уртенев М.Х. Краевые задачи для систем уравнений Нернста-Планка-Пуассона// Краснодар.: КубГУ, 1998, 126с.
6. Лаврентьев А.В., Уртенев М.Х. Метод регулярного представления сингулярно возмущенных уравнений// Краснодар, КубГТУ, 2002, 134с.
7. Лаврентьев А.В., Уртенев К.М., Хромых А.А., Чубырь Н.О. Полная декомпозиция нелинейной системы уравнений Нернста-Планка-Пуассона для бинарного электролита // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2009. №2. С. 32-37.
8. Лаврентьев А.В., Письменский А.В., Уртенев М.Х. Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом конвективных течений// Краснодар.: КубГТУ, 2006, 146с.
9. Ньюмен Дж. Электрохимические системы. М.: Мир, 1977. 463с.
10. Уртенев М.Х., Сеидов Р.Р. Математические модели электромембранных систем очистки воды// Краснодар.: КубГУ, 2000 140с.

Луценко Ю.Ю.¹, Власов В.А.², Зеленецкая Е.П.³

¹Кандидат физико-математических наук, доцент, Томский политехнический университет; ²Доктор физико-математических наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет; ³Ассистент, Томский политехнический университет

ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА В СМЕСИ АТОМАРНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ ГАЗОВ

Аннотация

Приведены результаты измерений осевого распределения электронной и газовой температуры высокочастотного факельного разряда, горящего в смеси воздуха и аргона при атмосферном давлении. Показано отсутствие существенного влияния добавок молекулярного газа на характеристики плазмы атомарного газа.

Ключевые слова: плазма, температура, факельный разряд.

Lutsenko Yu.Yu.¹, Vlasov V.A.², Zelenetskaya E.P.³

¹Candidate of physical and mathematical Sciences, docent, Tomsk Polytechnic University; ² Doctor of physical and mathematical Sciences, professor, Tomsk State University of Architecture and Buildings; ³Assistant, Tomsk Polytechnic University;

SPECIAL FEATURES OF FLARE DISCHARGE BURNING IN A MIXTURE OF ATOMIC AND MOLECULAR GASES

Abstract

This paper presents the measurement results of an axial distribution of electron and gas temperature of high frequency flare discharge burning in air and argon mixture at ambient pressure. It is represented failure significant influence of molecular gas additive on atomic gas characteristics.

Keywords: plasma, temperature, flare discharge.

В настоящее время при проведении плазмохимических процессов в качестве плазмообразующего газа часто используют смесь воздуха и атомарных газов. В первую очередь это относится [1] к плазме в воздухе и в газах, входящих в его состав. Использование такой плазмы в различных технологических процессах наиболее оправдано из-за низкой стоимости плазмообразующих газов. Это относится не только к основным компонентам воздуха - азоту и кислороду, но и к малой примеси - аргону, стоимость которого на порядки ниже, чем других инертных газов.

В настоящей работе рассмотрено влияние добавок молекулярного газа на температуру разряда, горящего в одноатомном газе. В качестве одноатомного газа использовался аргон, а в качестве молекулярного газа – воздух.

Плазма факельного разряда, горящего в одноатомных газах, характеризуется значительным отрывом электронной температуры от газовой температуры. Данный отрыв температур обусловлен низкой эффективностью передачи энергии от электронов к атомам газа. В случае использования в качестве плазмообразующего газа молекулярного газа эффективность этого процесса значительно возрастает вследствие появления дополнительных каналов передачи энергии. Дополнительные каналы передачи энергии обусловлены существованием у молекулы колебательных и вращательных степеней свободы. Поэтому плазма разряда, горящего в молекулярных газах, характеризуется более высокой газовой температурой и меньшим отрывом газовой температуры от электронной температуры в отличие от плазмы разряда, горящего в атомарном газе.

В настоящей работе проводились измерения газовой и электронной температуры плазмы разряда при различной величине соотношения аргона и воздуха в плазмообразующем газе.

Исследовался факельный разряд мощностью около 1 кВт. Разряд возбуждался в кварцевой трубке диаметром 28 мм на частоте 37 МГц. Измерения газовой и электронной температур проводились на расстоянии 70 мм от электрода. Заметим, что температура факельного разряда незначительно меняется [2] вдоль его оси. Поэтому измерения, проведенные для одной точки разряда, будут характеризовать плазму разряда в целом.

Излучение от исследуемого объема разряда посредством линзы проецировалось на щель спектрографа MSDD 1000. Измерение газовой температуры проводилось по относительной интенсивности вращательных переходов молекулярной полосы гидроксидов 3064 Å. Использовались линии колебательной ветви Q₁. Выбирались линии свободные от наложения других линий – Q₁₄, Q₁₆, Q₁₉, Q₁₁₀. Для того чтобы отсеять излучение от других частей разряда использовалась диафрагма шириной 5 мм.

Результаты измерений газовой температуры факельного разряда при различной концентрации Δ воздуха в плазмообразующем газе представлены на рис.1.

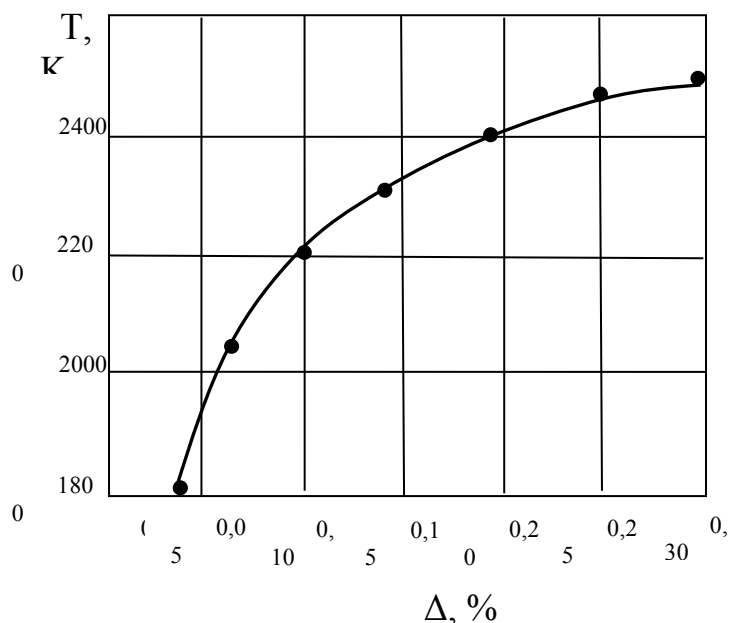


Рис. 1. Зависимость газовой температуры факельного разряда, горящего в смеси аргон – воздух от концентрации воздуха

Как видно из рис. 1 газовая температура факельного разряда при добавлении молекулярного газа в атомарный газ увеличивается достаточно монотонным образом. Отсутствует упоминаемое в работе [3] резкое увеличение газовой температуры при добавлении в плазмообразующий газ воздуха. Отметим, однако, что изменение температуры при малых величинах концентрации воздуха максимально. При большей концентрации воздуха в плазмообразующем газе рост температуры уменьшается.

Наряду с измерениями газовой температуры проводились измерения электронной температуры факельного разряда, горящего в смеси аргон-воздух. Измерения электронной температуры факельного разряда проводились методом Орнштейна по относительной интенсивности линий меди. Пары меди попадали в плазму разряда за счёт испарения материала поверхности медного водоохлаждаемого электрода. Использовались линии меди 5106Å, 5153Å и 5218Å. Энергии и относительные вероятности переходов, соответствующих данным линиям были взяты из работы [4].

Результаты измерений электронной температуры факельного разряда при различной концентрации воздуха в плазмообразующем газе представлены на рис. 2.

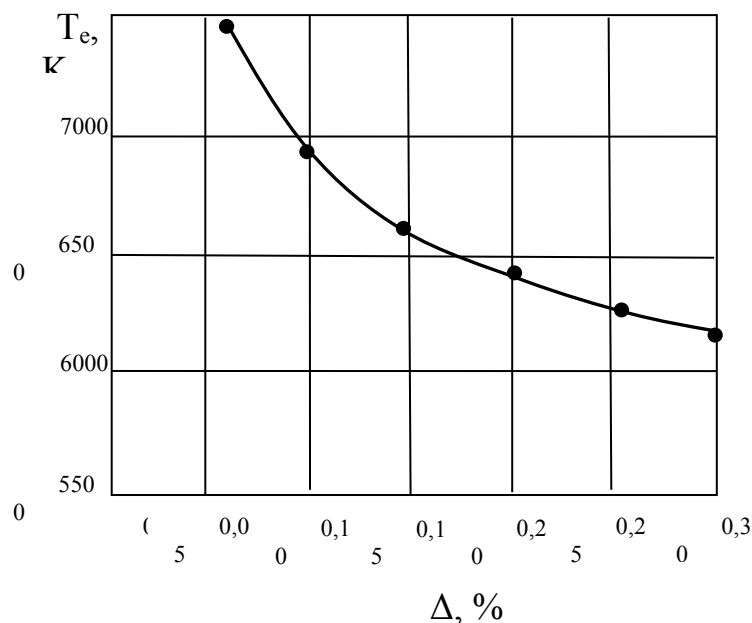


Рис. 2. Зависимость электронной температуры факельного разряда, горящего в смеси аргон-воздух от концентрации воздуха

Из рис. 2 следует, что при увеличении доли молекулярного газа в атомарном газе электронная температура уменьшается. При этом разрыв между электронной и газовой температурами уменьшается, и плазма разряда становится более равновесной.

Согласно проведённым измерениям величина отношения электронной температуры к газовой температуре при добавлении в аргон воздуха в концентрации менее 30% находится в пределах $T_e/T \sim 2,7 \dots 3,2$. Следовательно, изменение разрыва между электронной и газовой температурами при этом не превышает 20 %.

Таким образом, введение молекулярного газа в атомарный газ не оказывает столь значительного влияния на характеристики разрядной плазмы, как это предполагалось [3] ранее.

Литература

1. Мещанов А.В. Экспериментальное исследование кинетики электронов и электронных процессов в плазме в аргон-азотных смесях и воздухе: дис. канд. физ.-мат. наук. – Санкт-Петербург, 2004. – 156с.
2. Луценко Ю.Ю., Власов В.А., Зеленецкая Е.П. Влияние осевой неоднородности плазмы высокочастотного факельного разряда на его электродинамические характеристики // Теплофизика и аэромеханика. – 2014. - №.1. – с.117 – 122.
3. Тихомиров И.А., Тихомиров В.В., Шишковский В.И. О функции распределения электронов по энергиям в ВЧ факельном разряде // Известия Вузов. Физика. – 1974. - №4. – с.462-464.

Полищук С.В.¹, Смахун Я.А.²

¹Магистрант, ²магистрант, Дальневосточный федеральный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОКЛАСТЕРОВ В СТРУКТУРЕ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ

Аннотация

Приведены результаты моделирования электронно-микроскопических изображений наноструктур в аморфных металлических ставах (АМС). Моделирование структуры аморфной матрицы и пространственного распределения нанокластеров в двухкомпонентных аморфных ставах состава $Fe_{80}B_{20}$ осуществлялось методом Ишикава. Для моделирования структуры многокомпонентных АМС разработаны корреляционно-спектральные модели аморфной матрицы и нанокластеров. При моделировании прохождения электронной волны через образец использовался слоевой метод, а для «визуализации» изображений — моделировались оптические схемы высокоразрешающих электронных микроскопов.

Ключевые слова: моделирование изображений наноструктур, нанокластер, корреляционно-спектральные модели.

Polischuk S.V.¹, Petrov K.A.², Smekhun Y.A.³

¹Undergraduate, ²undergraduate, ³undergraduate

Far Eastern Federal University

THE CLUSTERS MODELING IN STRUCTURE OF AMORPHOUS ALLOYS

Abstract

Article presents the results of modeling electron microscopy images of nanostructures in amorphous metallic alloys. Models of atomic structure of the amorphous alloy $Fe_{80}B_{20}$ were computed by Ichikawa means. Correlative-spectral models of nanoclusters and amorphous matrix were proposed for multicomponent amorphous alloys structure models. Slice method were used for electron wave propagation simulation. For visualization we use optic schemes of real high resolution electron microscopes.

Keywords: modeling of nanostructures images, nanocluster, correlation and spectral models.

Наноструктуры в АМС. Электронно-микроскопическими исследованиями последних лет установлено, что реальная структура АМС существенно отличается от идеальной картины. На электронно-микроскопических снимках аморфных сплавов визуализированы различные типы наноструктур с размерами от десятых долей до сотен нанометров. Основными причинами возникновения неоднородностей наномасштабов в АМС являются экстремальные условия получения аморфного состояния и внешние воздействия - термообработка, радиационное облучение и др. Изучение наноструктуры - чрезвычайно актуальная задача, поскольку именно она определяет технологические свойства реальных АМС. Получены электронно-микроскопические изображения различных типов наноструктур в АМС: «цепочки», «сетки», квазиволновые структуры, которые визуализируются в аморфной матрице.

Моделирование структуры аморфной матрицы и пространственного распределения нанокластеров в двухкомпонентных аморфных сплавах состава $Fe_{80}B_{20}$. Методом Ишикава моделировались аморфные кластеры с размером от 2500 до 36000 атомов железа с внедрением в них атомов металлоида и последующей релаксацией структуры. Модели нанокластеров представляли собой искаженные нанокристаллы Fe_3B , Fe_2B , состоящие из тригональных призм (в центре атом бора и по узлам атомы железа), и кластеры α -Fe. Нанокластеры «внедрялись» в структуру аморфной матрицы. Соотношение числа атомов в аморфной матрице и в нанокластере обычно сохранялось в пропорции 1:10, а минимальный размер аморфного кластера составлял $3 \times 3 \times 3$ нм.

Моделирование электронно-микроскопических изображений двухкомпонентных аморфных сплавов. Для моделирования прохождения электронной волны через аморфный кластер использовался слоевой метод. При этом смоделированный аморфный кластер разбивался на слои (тонкие объекты) вдоль направления распространения электронной волны (оси OZ). При вычислении слоевым методом обычно задается функция $q_n(x, y)$ пропускания каждого из n слоев объекта и частотная характеристика

$$H(u_1, u_2) = \exp(ik\Delta z) \exp[-i\Delta z(u_1^2 + u_2^2)/2k]$$

участка свободного пространства между слоями длиной Δz (u_1, u_2 - пространственные частоты, $k = 2\pi/\lambda$ - волновое число, λ - длина волны). Пусть тонкий слой атомов, лежащих в одной плоскости, создает в пространстве некоторое распределение электростатического потенциала $\psi(x, y, z)$, и пусть этот слой освещается плоской электронной волной, распространяющейся вдоль оси OZ , направление которой перпендикулярно плоскости слоя. Функцию прохождения $q(x, y)$ электронов через такой объект можно записать в виде: $q(x, y) = \exp[-i\sigma\psi(x, y)]$.

Здесь $\sigma = \pi/\lambda E$ - постоянная взаимодействия (E - ускоряющее напряжение микроскопа); $\psi(x, y)$ - проекция трехмерного распределения потенциала $\psi(x, y, z)$ на плоскость монослоя

$$\psi(x, y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi(x, y, z) dz$$

Потенциал отдельного атома слоя хорошо аппроксимируется выражением:

$$\psi_a(x, y, z) = 2\pi^2 a_0 e \sum_{i=1}^3 \frac{a_i}{r} \exp(-2\pi r \sqrt{b_i}) + 2\pi^{5/2} a_0 e \sum_{i=1}^3 c_i d_i^{-3/2} \exp(-\pi^2 r^2 / d_i)$$

где $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$, a_0 - радиус орбиты Бора для электрона, e - заряд электрона, a_i, b_i, c_i, d_i , - коэффициенты, значения которых зависят от заряда ядра атома и приводятся в соответствующих таблицах. Проекция потенциала $\psi_a(x, y)$ отдельного атома находится интегрированием подфункции $\psi_a(x, y, z)$

$$\psi_a(x, y) = 4\pi^2 a_0 e \sum_{i=1}^3 a_i K_0(2\pi r \sqrt{b_i}) + 2\pi^2 a_0 e \sum_{i=1}^3 \frac{c_i}{d_i} \exp(-\pi^2 r^2 / d_i)$$

где K_0 - модифицированная функция Бесселя нулевого порядка. Нами программно реализована процедура расчета функции пропускания смоделированного аморфного кластера. При моделировании расстояние между слоями выбиралось, исходя из строения внедренных в аморфную матрицу нанокластеров.

Для визуализации распределения поля за объектом имитируется работа электронного микроскопа. При этом оптическая система микроскопа моделируется линейной системой с передаточной функцией:

$$H(u_1, u_2) = A(u_1, u_2) \times \exp[i\pi\lambda\Delta(u_1^2 + u_2^2) - 0,5iC_s\lambda^3(u_1^2 + u_2^2)^2 - 0,5\pi^2\delta^2\lambda^2(u_1^2 + u_2^2)^2]$$

где $A(u_1, u_2)$ - апертура объективной линзы, Δ - величина дефокусировки, C_s - коэффициент сферической аберрации, δ -

коэффициент, пропорциональный хроматической аберрации объективной линзы. В качестве перечисленных выше параметров использовались характеристики электронных микроскопов JEOL 4000EX и FEI TITAN 80-300 при их работе в области оптимальных дефокусировок.

На рис. 1 приведено смоделированное изображение нанокластера α -Fe в аморфной матрице 9×9 нм.

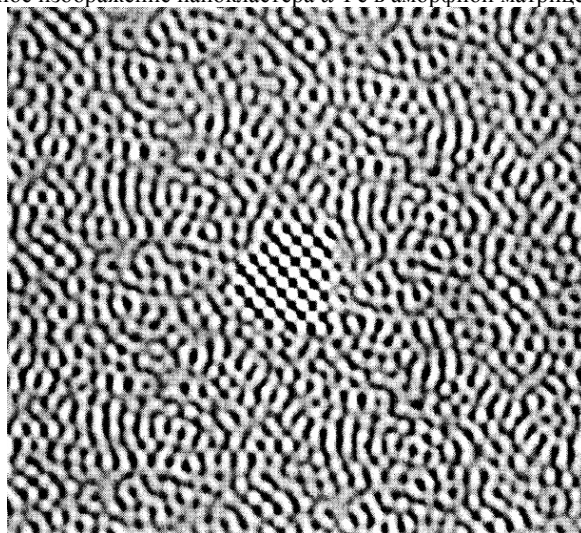


Рис. 1. Смоделированное изображение нанокластера α -Fe в аморфной матрице

Моделирование электронно-микроскопических изображений многокомпонентных аморфных сплавов. Моделирование структуры многокомпонентных АМС достаточно трудоемкая задача. Однако анализ микроскопических изображений многокомпонентных АМС показывает, что такие изображения представляют собой случайные поля с двумерной корреляционной функцией:

$$B(r) = a_1 \exp\left(-r^2/\alpha_1^2\right) + a_2 \exp(-a_2 r) \frac{\sin \beta r}{\beta r}$$

представляющую собой суперпозицию гауссовой и квазипериодической компонент. Здесь $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, (x, y) – декартовы переменные корреляционной функции, $\alpha_1, \alpha_2, \beta$ – параметры корреляционной функции, a_1, a_2 – коэффициенты, определяющие долю каждой из компонент корреляционной функции. Гауссова компонента корреляционной функции описывает стохастическую структуру аморфной матрицы, а квазипериодическая компонента атомные кластеры в АМС. При таком подходе тонкие слои образцов АМС моделировались нами как случайные поля с заданной корреляционной функцией (спектральной плотностью). Хорошее соответствие между экспериментальными изображениями атомных кластеров и смоделированными получено нами в тех случаях, когда квазипериодическая компонента спектральной плотности имела острый максимум. Кроме того, квазипериодическая компонента спектральной плотности для нанокластеров должна быть анизотропной. Анизотропия моделировалась в частотной области путем наложения маски, пропускающей спектральные компоненты в определенных направлениях.

На рис. 2 показано электронно-микроскопическое изображение АМС состава $\text{Fe}_{77}\text{Ni}_{11}\text{Si}_9\text{B}_{13}$ (а) и смоделированное (б) изображение нанокластеров на фоне аморфной матрицы.

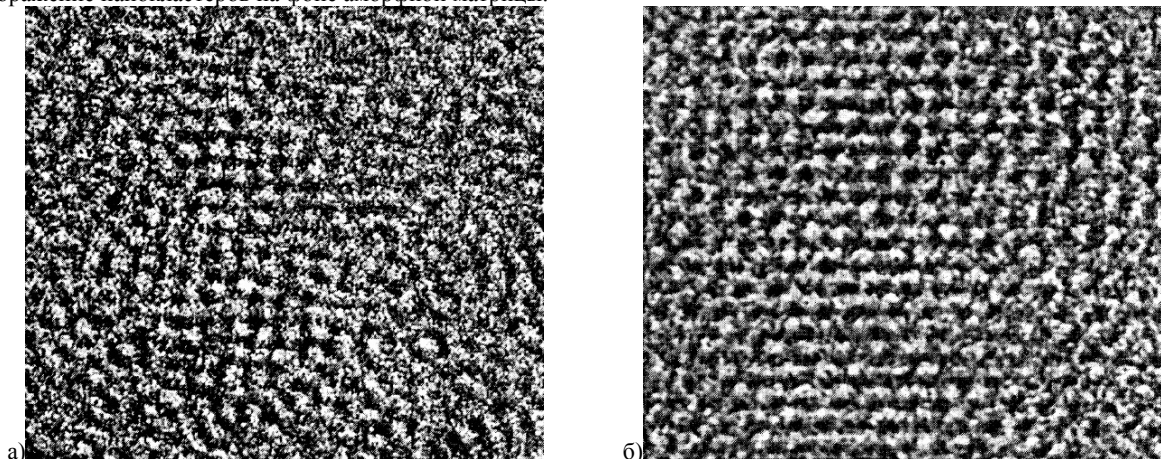


Рис. 2. Электронно-микроскопическое (а) и смоделированное (б) изображения нанокластеров на фоне аморфной матрицы.

Выводы. Построены атомные модели двухкомпонентных и квазистохастические модели многокомпонентных АМС. Перспективность этих моделей подтверждается моделированием на ЭВМ высокоразрешающих электронно-микроскопических изображений нанокластеров и аморфной матрицы в структуре АМС.

Литература

1. Пустовалов Е.В., Захаров Н.Д., Плотников В.С., Грудин Б.Н. // ФММ. Т. 97. 2004. № 6.

Пушина Е.С.

Магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ

Аннотация

В статье рассматривается движение заряженных металлических наночастиц в электрическом и магнитном полях, приведен обзор основных уравнений для моделирования управляемого движения металлическими заряженными наночастицами.

Ключевые слова: металлические наночастицы, электрическое поле, магнитное поле.

Pushina. E.S.

Master student, Izhevsk State Technical University named after MT Kalashnikov

MOTION SIMULATION OF METALLIC NANOPARTICLES IN ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS

The article considers the motion of charged metal nanoparticles in electric and magnetic fields, provides an overview of the basic equations for modeling controlled motion charged metal nanoparticles.

Keywords: metal nanoparticles, electric field, magnetic field.

статья изъята

статья изъята

Савельева Е.А.¹, Щербачева А.О.²

¹Магистрант, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова; ²Магистрант, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ПЛОСКОМ ПРЯМОЛИНЕЙНОМ КАНАЛЕ

Аннотация

В статье рассмотрено исследование течения вязкой несжимаемой жидкости с частицами. Течение двухфазной жидкости описывается дискретно траекторным методом Эйлера-Лагранжа, где для описания жидкой фазы используется система уравнений Навье-Стокса, а для описания движения частиц – уравнение Лагранжа. Рассчитана траектория движения частиц в потоке.

Ключевые слова: Двухфазное течение, несжимаемая жидкость, плоский канал, метод подобия.

Saveleva E.A.¹, Sherbacheva A.O.²

¹Magistrant, Izhevsk state technical University. M.T. Kalashnikov; ²magistrant, Izhevsk state technical University. M.T. Kalashnikov
INVESTIGATION OF TWO-PHASE FLOW OF VISCOUS INCOMPRESSIBLE FLUID IN A FLAT STRAIGHT CHANNEL

The article focuses on the study of the flow of a viscous incompressible fluid with particles. During the two-phase liquid describes discrete tractorny method of Euler-Lagrange, where for the description of the liquid phase is used the system of Navier-Stokes equations for the description of motion of particles - Lagrange equation. Has a trajectory of motion of particles in the flow.

Keywords: two-phase flow, incompressible fluid, flat channel, the method of equivalence.

В природе химически чистых жидкостей не существует. Обычно в основной жидкости присутствуют незначительные или весьма существенные добавки (примеси). Такие жидкости классифицируют на гомогенные и многофазные (гетерогенные).

Гомогенные смеси образуются в тех случаях, когда в основной жидкости примеси распределяются по всему объёму растворяющей жидкости равномерно на уровне молекул.

Многофазная смесь – это смесь, в которой примеси в основной жидкости находятся не на молекулярном уровне, а в виде частиц. Наиболее простыми являются жидкости, состоящие из двух фаз [1].

Для описания двухфазных течений наиболее часто используют два метода: дискретно траекторный Эйлер-Лагранж и многожидкостный Эйлер-Эйлер. В данной работе будет применяться дискретно-траекторный метод Эйлера-Лагранжа [2].

Для описания течения вязкой несжимаемой жидкости используют систему уравнений Навье-Стокса:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right), \\ \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right), \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= 0, \end{aligned} \right\}$$

где ρ, u, v, p, ν – плотность, компоненты вектора скорости \vec{V} , давление и коэффициент кинематической вязкости.

Для описания движения частиц используют метод Лагранжа, в котором записываются уравнения движения для одиночной частицы [3]:

$$\left. \begin{aligned} m_p \frac{du_p}{dt} &= F_{ax} + F_{vmx} + F_{Sax}, \\ m_p \frac{dv_p}{dt} &= F_{ay} + F_g + F_{vmy} + F_{Say}, \end{aligned} \right\}$$

F_a – сила аэродинамического сопротивления:

$$F_a = \frac{3}{4} C_D Re m_p \frac{u_p \mu}{\rho_p d_p^2}$$

F_g – сила тяжести:

$$F_g = m_p g$$

F_{vm} – виртуальная массовая сила:

$$F_{vm} = m_p C_{vm} \rho / \rho_p \frac{d}{dt} (u - u_p)$$

F_{Sa} – сила Сэфмена:

$$F_{Sa} = 1.615 d_p^2 \sqrt{\rho \mu} \cdot u_p \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right|^{0.5}$$

При численном решении дифференциальных уравнений целесообразно от абсолютных величин перейти к безразмерным по ряду причин.

Переход к безразмерным параметрам выявляет факторы, которые при использовании абсолютных переменных как бы отсутствуют. При переходе к безразмерным переменным несколько меняется внешний вид уравнений [4].

Для приведения уравнений к безразмерному виду применяют метод подобия.

Метод включает следующие операции. 1) В рассматриваемом объекте перечисляют силы, которые считают наиболее существенными, в том числе все независимые и зависимые силы. Каждую из выбранных сил выражают через физические параметры объекта на основе физических представлений и соображений размерности. 2) Безразмерные критерии, характеризующие задачу, определяют как соотношения сил. Число критериев, которые можно из них образовать, равно числу независимых сил. 3) Для учета геометрического подобия составляют соотношения линейных размеров.

Характерные величины:

$$\begin{aligned} 1) \quad \bar{v} &= \frac{v}{v_0} \\ 2) \quad \bar{u} &= \frac{u}{u_0} \\ 3) \quad \bar{p} &= \frac{p}{p_0} \\ 4) \quad \bar{\rho} &= \frac{\rho}{\rho_0} \\ 5) \quad \bar{t} &= \frac{t}{t_0} \\ 6) \quad \bar{x} &= \frac{x}{L} \\ 7) \quad \bar{y} &= \frac{y}{L} \end{aligned}$$

Основные критерии подобия:

- 1) $Re = \frac{vL}{\nu} = \frac{vL\rho}{\mu}$ – число Рейнольдса, характеризует отношение сил инерции к силам вязкости;
- 2) $Eu = \frac{\Delta p}{\rho v^2}$ – число Эйлера, характеризует отношение сил давления к силам инерции;
- 3) $Fr = \frac{gL}{v^2}$ – число Фруда, характеризует отношение сил тяжести к силам инерции;
- 4) $Sh = \frac{L}{vt}$ – число Струхала, характеризует нестационарные процессы.

После приведения к безразмерному виду система уравнений Навье-Стокса и уравнение Лагранжа приняли вид:

$$\left. \begin{aligned} Sh \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{t}} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{y}} &= -Eu \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{y}^2} \right) \\ Sh \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{t}} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{x}} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{y}} &= -Eu \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{y}} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{y}^2} \right) \\ \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{y}} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\bar{u}_0}{d\bar{t}} &= \frac{3}{4} C_D \frac{\bar{u}_p}{\bar{\rho}_p d_p} + C_{vm} \frac{\bar{p}}{\bar{\rho}_p} \frac{d(\bar{u} - \bar{u}_p)}{d\bar{t}} + 3.15 \frac{\bar{u}_p}{\bar{\rho}_p d_p} \sqrt{\frac{1}{Re} \bar{\rho} \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{y}} \right|} \\ \frac{d\bar{u}_0}{d\bar{t}} &= \frac{3}{4} C_D \frac{\bar{u}_p}{\bar{\rho}_p d_p} + C_{vm} \frac{\bar{p}}{\bar{\rho}_p} \frac{d(\bar{u} - \bar{u}_p)}{d\bar{t}} + 3.15 \frac{\bar{u}_p}{\bar{\rho}_p d_p} \sqrt{\frac{1}{Re} \bar{\rho} \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{y}} \right|} - g \end{aligned} \right\}$$

В данной работе проведено численное исследование двухфазного течения вязкой несжимаемой жидкости в плоском прямолинейном канале длиной L , высотой H (рис.1). Вектор скорости V_i задан двумя проекциями u, v на оси x, y направления соответственно. На входе в канал задавался несимметричный профиль скорости - максимум скорости был смещен вверх.

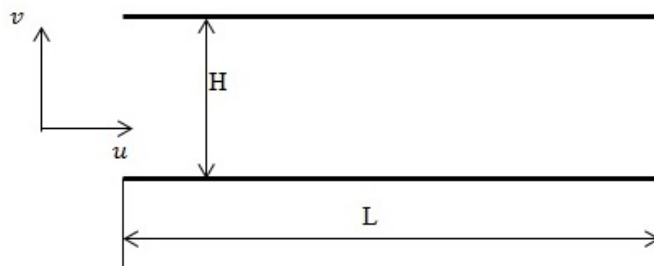


Рис.1 плоский прямолинейный канал

Когда течение установилось, были найдены траектории частиц, выпущенных из различных точек входного сечения (рис.2).

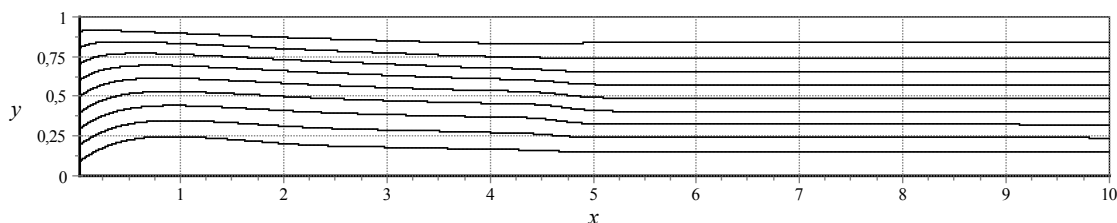


Рис. 2 Траектории движения частиц в потоке

Первоначально частицы движутся по направлению к верхней стенке, затем опускаются и во второй половине канала перемещаются параллельно стенкам.

Литература

1. Многокомпонентные жидкости: [Электронный ресурс] URL: <http://hydraulic-drive.ru/lektcii-gidravlika/69-mnogokomponentnye-zhidkosti.html>.
2. Е.В. Бурятский, А.Г. Костин, Е.И. Никифорович, Ч.Н. Розумнюк Метод численного решения уравнений Навье-Стокса в переменных скорость-давление// Прикладная гидромеханика 2008. Том 10, №2 с. 13-23 Институт гидромеханики НАН Украины, Киев.
3. А.А. Юнн, Б.А. Крылов Расчет и моделирование турбулентных течений с теплообменом, смешением, химическими реакциями и двухфазных течений в программном комплексе FASTEST-3D: Учебное пособие. – М.: Из-во МАИ, 2007г. – 116с.
4. Липанов А.М., Кисаров Ю.Ф., Ключиков И.Т. Численный эксперимент в гидромеханике турбулентных потоков: Екатеринбург : УрО РАН, 2001г. – 160 с.

Силантьев А.В.

Старший преподаватель, Марийский государственный университет

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ДИМЕРА В МОДЕЛИ ХАББАРДА В ПРИБЛИЖЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ФЛУКТАЦИЙ

Аннотация

В модели Хаббарда в приближении статических флуктуаций вычислены антикоммутаторные функции Грина, энергетический спектр димера, а также некоторые корреляционные функции.

Ключевые слова: модель Хаббарда, функции Грина, энергетический спектр, наносистемы, димер.

Silant'ev A.V.

Senior lecturer, Mary State University

ENERGY SPECTRUM OF DIMER WITHIN HUBBARD MODEL IN THE APPROXIMATION OF STATICAL FLUCTUATIONS

Abstract

Anticommutator Green functions, energy spectrum and some correlation functions of dimer within Hubbard model are calculated by the approximation of statistical fluctuations.

Keywords: Hubbard model, Green functions, energy spectrum, nanosystems, dimer.

В настоящее время большое число теоретических исследований посвящено изучению низкоразмерных систем и их структурных элементов. Например, органические сверхпроводники $\kappa - (ET)_2 X$ и $\theta - (ET)_2 X$ являются двумерными системами [1], а структурным элементом этих систем является димер, который образован двумя молекулами ET , причем в качестве

модели для описания димера используется модель Хаббарда [2]. Кроме того, димер в рамках модели Хаббарда используется в качестве модели двухатомных молекул. Например, в [3] димер используется в качестве модели молекулы водорода, а в [4] димер используется в качестве модели, как молекулы водорода, так и двухатомных гетерополярных молекул, таких как LiH.

Целью данной работы является изучение димера в рамках модели Хаббарда в приближении статических флуктуаций (ПСФ) [5-7]. Димер в модели Хаббарда описывается следующим Гамильтонианом:

$$H = \sum_{\sigma} \left[\varepsilon \cdot (n_{1\sigma} + n_{2\sigma}) + t \cdot (c_{1\sigma}^+ c_{2\sigma} + c_{2\sigma}^+ c_{1\sigma}) + \frac{U}{2} (n_{1\sigma} n_{1\bar{\sigma}} + n_{2\sigma} n_{2\bar{\sigma}}) \right] \quad (1)$$

где $c_{i\sigma}^+$, $c_{i\sigma}$ - операторы рождения и уничтожения электронов со спином σ на узле i ; $n_{i\sigma}$ - оператор числа частиц со спином σ на узле i ; $\bar{\sigma} = -\sigma$; ε - энергия одноэлектронного атомного состояния; t - интеграл переноса, описывающий перескоки электронов с одного узла на другой узел; U - энергия кулоновского отталкивания двух электронов, находящихся на одном узле.

Запишем уравнение движения для оператора $c_{f\sigma}^+(\tau)$, заданного в представлении Гейзенберга,

$$\frac{dc_{f\sigma}^+}{d\tau} = \varepsilon \cdot c_{f\sigma}^+ + t \cdot c_{j\sigma}^+ + U \cdot c_{f\sigma}^+ n_{f\bar{\sigma}} \quad (2)$$

где $\tau = it, j \neq f$.

Решение уравнения (2) будем искать используя ПСФ. В работе [6] показано, что в ПСФ оператор $n_{f\bar{\sigma}}$ не зависит от времени.

Умножая (2) на оператор $n_{f\bar{\sigma}}$ и учитывая, что $(n_{f\bar{\sigma}})^2 = n_{f\bar{\sigma}}$, получим

$$\frac{d(c_{f\sigma}^+ n_{f\bar{\sigma}})}{d\tau} = (\varepsilon + U) c_{f\sigma}^+ n_{f\bar{\sigma}} + t \cdot c_{i\sigma}^+ n_{f\bar{\sigma}}, \quad i \neq f. \quad (3)$$

Аналогичным образом можно получить уравнения движения и для операторов $c_{i\sigma}^+ n_{f\bar{\sigma}}, c_{i\sigma}^+ n_{f\bar{\sigma}} n_{g\bar{\sigma}}, \dots$. Для того чтобы получить замкнутую систему дифференциальных уравнений запишем уравнения движения для операторов $c_{1\sigma}^+, c_{2\sigma}^+, c_{1\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}}, c_{1\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}}, c_{2\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}}, c_{2\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}}, c_{1\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} n_{2\bar{\sigma}}, c_{2\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} n_{2\bar{\sigma}}$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dc_{1\sigma}^+}{d\tau} = \varepsilon \cdot c_{1\sigma}^+ + t \cdot c_{2\sigma}^+ + U \cdot c_{1\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} \\ \frac{d(c_{1\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}})}{d\tau} = (\varepsilon + U) c_{1\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} + t \cdot c_{2\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} \\ \frac{d(c_{1\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}})}{d\tau} = \varepsilon \cdot c_{1\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}} + t \cdot c_{2\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}} + U \cdot c_{1\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} n_{2\bar{\sigma}} \\ \frac{d(c_{1\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} n_{2\bar{\sigma}})}{d\tau} = (\varepsilon + U) c_{1\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} n_{2\bar{\sigma}} + t \cdot c_{2\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} n_{2\bar{\sigma}} \\ \frac{dc_{2\sigma}^+}{d\tau} = \varepsilon \cdot c_{2\sigma}^+ + t \cdot c_{1\sigma}^+ + U \cdot c_{2\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}} \\ \frac{d(c_{2\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}})}{d\tau} = (\varepsilon + U) c_{2\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}} + t \cdot c_{1\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}} \\ \frac{d(c_{2\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}})}{d\tau} = \varepsilon \cdot c_{2\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} + t \cdot c_{1\sigma}^+ n_{1\bar{\sigma}} + U \cdot c_{2\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}} n_{1\bar{\sigma}} \\ \frac{d(c_{2\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}} n_{1\bar{\sigma}})}{d\tau} = (\varepsilon + U) c_{2\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}} n_{1\bar{\sigma}} + t \cdot c_{1\sigma}^+ n_{2\bar{\sigma}} n_{1\bar{\sigma}} \end{array} \right. \quad (4)$$

Решив систему уравнений (4) получим для операторов $c_{1\sigma}^+, c_{2\sigma}^+$ следующие выражения:

$$\begin{aligned}
c_{j\sigma}^+(\tau) = & \frac{1}{2} [c_{j\sigma}^+(0) - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0) + c_{j\sigma}^+(0) - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) - \\
& - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0)] \cdot \exp(E_1 \tau) + \frac{1}{2} (c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0) - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0)) \cdot \exp(E_2 \tau) + \\
& + \frac{1}{2} [c_{j\sigma}^+(0) - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0) - c_{j\sigma}^+(0) + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} + \\
& + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0)] \cdot \exp(E_3 \tau) + \frac{1}{2} (c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0) + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0)) \cdot \exp(E_4 \tau) + \\
& + \frac{1}{2} \left[c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) - 2c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0) + \frac{U}{g_1} (c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0)) + \right. \\
& \left. + 2 \frac{t}{g_1} (c_{j\sigma}^+(0) + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) - 2c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0)) \right] \cdot \exp(E_5 \tau) + \\
& + \frac{1}{2} \left[c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) - 2c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0) + \frac{U}{g_1} (-c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) + c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0)) + \right. \\
& \left. + 2 \frac{t}{g_1} (-c_{j\sigma}^+(0) - c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}}(0) + 2c_{j\sigma}^+ n_{j\bar{\sigma}} n_{j\bar{\sigma}}(0)) \right] \cdot \exp(E_6 \tau)
\end{aligned} \tag{5}$$

$$E_1 = \varepsilon + t, \quad E_2 = \varepsilon - t + U, \quad E_3 = \varepsilon - t, \quad E_4 = \varepsilon + t + U,$$

$$E_5 = \frac{1}{2}(2\varepsilon + U + g_1), \quad E_6 = \frac{1}{2}(2\varepsilon + U - g_1), \quad g_1 = \sqrt{U^2 + 4t^2} \tag{6}$$

где $j = 1, 2; f = 1, 2; j \neq f$.

Зная выражения для операторов $c_{1\sigma}^+, c_{2\sigma}^+$ (5) можно найти целый ряд физических характеристик димера. Для этого следует найти антикоммутирующие функции Грина и корреляционные функции. Фурье-образ антикоммутирующих функций Грина имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
\langle\langle c_{j\sigma}^+ | c_{j\sigma} \rangle\rangle_E &= \frac{i}{2\pi} \cdot \sum_{m=1}^6 \frac{\langle F_{j\sigma m} \rangle}{E - E_m + i\hbar} \\
\langle F_{1\sigma 1} \rangle &= \langle F_{1\sigma 3} \rangle = \\
= \langle F_{2\sigma 1} \rangle &= \langle F_{2\sigma 3} \rangle = \frac{1}{2} \left[1 - n \cdot \frac{f_F(E_5)f_F(E_6) + f_F(E_2) + f_F(E_4) - 2f_F(E_2)f_F(E_4)}{2f_F(E_5)f_F(E_6) + f_F(E_2) + f_F(E_4) - 2f_F(E_2)f_F(E_4)} \right], \\
\langle F_{1\sigma 2} \rangle &= \langle F_{1\sigma 4} \rangle = \langle F_{2\sigma 2} \rangle = \langle F_{2\sigma 4} \rangle = \frac{n}{2} \cdot \frac{f_F(E_5)f_F(E_6)}{2f_F(E_5)f_F(E_6) + f_F(E_2) + f_F(E_4) - 2f_F(E_2)f_F(E_4)}, \\
\langle F_{1\sigma 5} \rangle &= \langle F_{1\sigma 6} \rangle = \langle F_{2\sigma 5} \rangle = \langle F_{2\sigma 6} \rangle = \frac{n}{2} \frac{f_F(E_2) + f_F(E_4) - 2f_F(E_2)f_F(E_4)}{2f_F(E_5)f_F(E_6) + f_F(E_2) + f_F(E_4) - 2f_F(E_2)f_F(E_4)} \\
f_F(E) &= [e^{(E-\mu)/(kT)} + 1]^{-1}
\end{aligned} \tag{8}$$

где μ - химический потенциал, k - постоянная Больцмана, T - абсолютная температура.

Как известно [8], энергетический спектр квантовой системы определяется полюсами функции Грина. Таким образом, энергетический спектр димера определяется соотношениями (6), а спектральная плотность этих энергетических состояний определяется соотношениями (8).

Зная выражения для операторов $c_{1\sigma}^+, c_{2\sigma}^+$ (5) можно также найти целый ряд корреляционных функций

$$\langle n_{1\sigma} \rangle = \langle n_{1\bar{\sigma}} \rangle = \langle n_{2\sigma} \rangle = \langle n_{2\bar{\sigma}} \rangle = \frac{K_1}{2K}, \quad \langle n_{1\sigma} n_{2\sigma} \rangle = \langle n_{1\bar{\sigma}} n_{2\bar{\sigma}} \rangle = \frac{K_2}{K} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
K_1 &= [2f_F(E_5)f_F(E_6) + f_F(E_2) + f_F(E_4) - 2f_F(E_2)f_F(E_4)] \cdot [f_F(E_1) + f_F(E_3)], \\
K_2 &= f_F(E_5)f_F(E_6) \cdot [f_F(E_1) + f_F(E_3)] \\
K &= [1 - f_F(E_2) + f_F(E_3) + f_F(E_1) - f_F(E_5) - f_F(E_6)]f_F(E_4) + \\
&+ [1 + f_F(E_3) + f_F(E_1) - f_F(E_5) - f_F(E_6)]f_F(E_2) + \\
&+ 2[f_F(E_5) + f_F(E_6) - f_F(E_1) - f_F(E_3)]f_F(E_4)f_F(E_2) + \\
&+ [2 + f_F(E_1) - f_F(E_2) + f_F(E_3) - f_F(E_4)]f_F(E_5)f_F(E_6),
\end{aligned} \tag{10}$$

Зная выражения для средних значений $\langle n_{j\sigma} \rangle$ (9) можно найти химический потенциал димера. Для этого следует решить уравнение на химпотенциал

$$2\langle n_{j\sigma} \rangle = n \tag{11}$$

где n – это средняя концентрация электронов в системе.

Уравнение (11) дает зависимость химического потенциала димера от температуры, интеграла переноса и кулоновского отталкивания двух электронов, находящихся на одном узле.

В случае, когда оператор числа частиц не зависит от номера узла, т.е. $n_{1\bar{\sigma}} = n_{2\bar{\sigma}} = n_{\bar{\sigma}}$, можно показать, что антикоммутирующая функция Грина (7) примет следующий вид

$$\begin{aligned}
\langle\langle c_{j\sigma}^+ | c_{j\sigma} \rangle\rangle_E &= \frac{i}{2\pi} \cdot \frac{1}{2} \left\{ \frac{1 - \frac{n}{2}}{E - E_1 + ih} + \frac{1 - \frac{n}{2}}{E - E_2 + ih} + \frac{\frac{n}{2}}{E - E_3 + ih} + \frac{\frac{n}{2}}{E - E_4 + ih} \right\} \\
E_1 &= \varepsilon + t, \quad E_2 = \varepsilon - t, \quad E_3 = \varepsilon + t + U, \quad E_4 = \varepsilon - t + U
\end{aligned} \tag{12}$$

Выражение (12) совпадает с результатом работы [5], в которой получена функция Грина димера в ПСФ при условии, что оператор числа частиц не зависит от номера узла.

Отметим, что функция Грина (7) при $t = 0$ переходит в функцию Грина модели Хаббарда в атомном пределе [9]:

$$\begin{aligned}
\langle\langle c_{j\sigma}^+ | c_{j\sigma} \rangle\rangle_E &= \frac{i}{2\pi} \left\{ \frac{1 - \langle n_{\bar{\sigma}} \rangle}{E - E_1 + ih} + \frac{\langle n_{\bar{\sigma}} \rangle}{E - E_2 + ih} \right\} \\
E_1 &= \varepsilon, \quad E_2 = \varepsilon + U
\end{aligned} \tag{13}$$

Таким образом, в атомном пределе имеется два энергетических уровня. Если на узле находится один электрон, то он находится в состоянии E_1 . Если же на узле находится два электрона, то один электрон будет находиться в состоянии E_1 , а другой электрон будет находиться в состоянии E_2 .

Из (13) на основании спектральной теоремы [8] получим

$$\langle n_{\sigma} \rangle = (1 - \langle n_{\bar{\sigma}} \rangle) f_F(E) + \langle n_{\bar{\sigma}} \rangle f_F(E) \tag{14}$$

Из (11) и (14) получим, что в атомном пределе в случае полузаполнения, т.е. когда $n = 1$, химический потенциал имеет вид

$$\mu = \varepsilon + \frac{U}{2} \tag{15}$$

Таким образом, в атомном пределе в случае полузаполнения химический потенциал системы не зависит от температуры.

Литература

1. McKenzie R. H. A strongly correlated electron model for the layered organic superconductors k-(BEDT-TTF)₂X// Comments on Condensed Matter Physics – 1998. – V. 18. – P. 309–317.
2. Hubbard J. Electron correlations in narrow energy bands// Proceedings of the Royal Society A. – 1963. - v. 276, P. 238–257.
3. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела Т.2 – Москва: Мир, 1979. – 422с.
4. Meniry E.J. Introduction to the Hubbard Model// University of Belfast, 2005. – 93p.
5. Силантьев А.В. Применение метода статических флуктуаций к модели Хаббарда// Известия Вузов. Поволжский регион. Физико-математические науки – 2011. – т. 19, С. 151-163.
6. Силантьев А.В. Модель Хаббарда в приближении статических флуктуаций// Известия Вузов. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2011. – № 20, С. 86-100.
7. Силантьев А.В. Фуллерен C₆₀ в рамках модели Хаббарда// Известия Вузов. Физика. – 2013. Т.56 - №2, - С. 70-79.
8. Зубарев Д.Н. Двухвременные функции Грина в статистической физике// УФН. – 1960. т. 1. - № 1. – с. 71-116.
9. Кузьмин, Е.В. Петраковский, Г.А., Завадский, Э.А. Физика магнитоупорядоченных веществ – Новосибирск: Наука, 1976. - 287 с.

В статье рассмотрена математическая модель нелинейного осциллятора с гистерезисными свойствами. Получены качественные аспекты возникновения нерегулярных колебаний в нелинейной динамической системе.

Ключевые слова: нелинейный осциллятор, нелинейная динамическая система, диссипативность.

Fomina E.A.
Postgraduate student, Voronezh State University
NONLINEAR OSCILLATOR WITH HYSTERESIS PROPERTIES

Abstract

The article describes a mathematical model of a nonlinear oscillator with hysteresis properties. We got the qualitative aspects of irregular oscillations in nonlinear dynamical system.

Keywords: nonlinear oscillator, nonlinear dynamical system, dissipative.

Хаотические процессы в детерминированных нелинейных системах - одна из фундаментальных проблем современного естествознания и основной объект внимания в нелинейной динамике. Область исследований здесь необычайно широка, поскольку охватывает анализ всех зависящих от времени явлений в различных системах, независимо от их природы. Так, например, в биологии и медицине большую роль играют физиологические ритмы, которые качественно меняются при переходе от нормы к патологии [1] или, например, предсказание погоды, которое также опирается на изучение турбулентности в атмосфере и попытке найти «порядок в хаосе».

Вопросам исследования возможных переходов от регулярных к хаотическим режимам движения детерминированных динамических систем на фазовых плоскостях с периодическим возбуждением посвящена обширная библиография (см., например, [2]-[8]). Исследования отдельных областей фазового пространства систем, в которых имеют место устойчивые и неустойчивые колебания системы проведены в [2], [3], [6]-[8] с применением различных приближенных аналитических и численных методов, а также их сочетаний.

Простейшей нелинейной системой, в которой можно наблюдать вынужденные хаотические колебания, является осциллятор Дуффинга. Большое количество исследований было проведено на примере этой нелинейной системы и написано большое количество научных статей. Периодические вынужденные колебания, описанные уравнением Дуффинга, предоставляют широкий спектр интересных явлений, которые характерны для поведения нелинейных динамических систем, такие как регулярное и хаотическое движение, сосуществующие аттракторы, регулярные и фрактальные границы областей притяжения, а также локальная и глобальная бифуркация.

Что касается нелинейных зависимостей гистерезисного типа, то они повсеместно возникают в различных разделах физики, механики, биологии и др. науках. Учет гистерезисных эффектов необходим во многих проблемах: гистерезис в задачах управления и биологии, ферромагнитный и диэлектрический гистерезис в физике, пластический гистерезис в механике и т.п. [9]-[16].

В хорошо известном нам уравнении Дуффинга нелинейным звеном выступает кубическая функция вида (1):

$$b \cdot x + c \cdot x^3 \quad (1)$$

В настоящей работе нелинейным элементом системы выбрано звено гистерезисного типа, с целью исследования поведения динамической системы с гистерезисными свойствами и анализа влияния управляющих параметров на развитие системы на длительных временах, а также последующими обобщением и систематизацией полученных результатов.

Нелинейный осциллятор с гистерезисными свойствами

Рассмотрим математическую модель нелинейного осциллятора с гистерезисным звеном, на который оказывается периодическое воздействие.

Динамика системы описывается дифференциальным уравнением (2) с начальными условиями (3):

$$\ddot{x} + b \cdot \dot{x} + P = A \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (2)$$

$$x(0) = x_0,$$

$$\dot{x}(0) = x_1; \quad (3)$$

$$P = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot R[\alpha_i, \beta_i][x(t)]$$

где γ_i - конечная система неидеальных реле, $R[\alpha_i, \beta_i][x(t)]$ - набор неидеальных реле, на вход которых поступает $x(t)$, $x(t)$ - решение рассматриваемой системы, α_i, β_i - пороговые числа, $\alpha_i > \beta_i$, A - амплитуда вынуждающей силы, ω - частота, b - константа.

Как уже отмечалось ранее, целью данной работы является определение качественных аспектов возникновения (отсутствия) нерегулярных движений в рассматриваемой системе с гистерезисной нелинейностью, аппроксимируемой явным гистерезисным звеном - конечной системой неидеальных реле; анализ поведения системы при изменении управляющих параметров: амплитуды вынуждающей силы, коэффициентов при гистерезисном звене, а также самой структуры гистерезисного звена; анализ влияния изменения начальных условий системы с целью определения устойчивости или неустойчивости нулевого решения системы (2)-(3), а также последующее обобщение и систематизация полученных результатов.

Оценка влияния изменений управляющих параметров на поведение системы

С помощью применения численных методов, и посредством построения Simulink-схемы пакета Matlab было найдено численное решение системы (2)-(3). Управляющими параметрами системы являются: амплитуда внешнего возбуждения, структура гистерезисного звена (пороговые значения), коэффициенты при реле. В зависимости от значений данных параметров траектория движения системы имела вид: (см. рис.1.2 – 7.2).

Анализ поведения системы при изменении амплитуды вынуждающей силы

Первый этап исследований включал в себя тестирование поведения системы на наличие (отсутствие) нерегулярных колебаний при изменении амплитуды вынуждающей силы, A и получение соответствующих фазовых портретов системы. В результате многочисленных экспериментов, были получены промежутки на числовой оси, на которых система совершает нерегулярные

колебания, а также промежутки – где поведение системы можно описать следующим образом, траектория системы находится в некоторой ограниченной области, т.е. система диссипативна (рис. 2.1, рис. 1.1.).

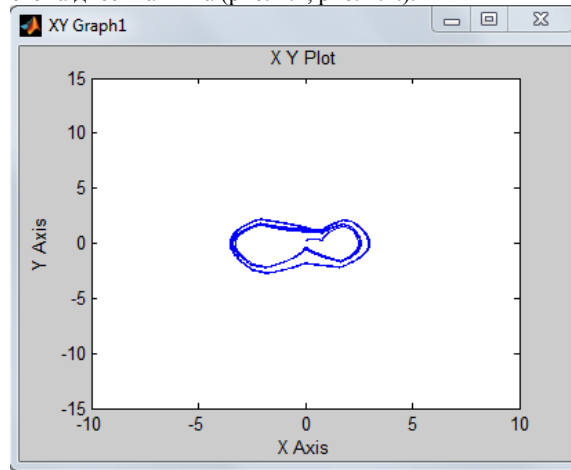


Рис.1.1. Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Амплитуда вынуждающей силы, $A=0.4$

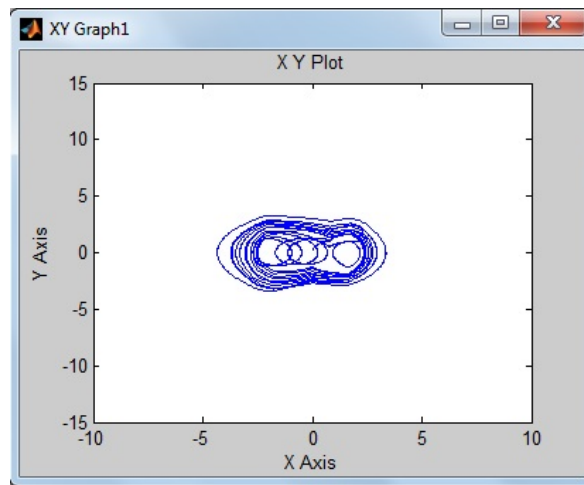


Рис.2.1. Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Амплитуда вынуждающей силы, $A=1.3$

Чувствительная зависимость системы от начальных условий

Вторым этапом в нашем исследовании было тестирование системы на ее зависимость к начальным условиям, так как, общеизвестно, что нелинейные динамические системы, в которых можно наблюдать хаотические колебания, чувствительно зависят от начальных условий. По итогам численных экспериментов, мы получили, что наша система чувствительна к начальным условиям тогда, когда амплитуда вынуждающей силы достаточно велика. Причем, если начальные условия заданы в окрестности нуля, то система совершает нерегулярные колебания (рис.4.1, рис.4.2), а при начальных условиях, удаленных от нуля, система - диссипативна (рис.5.1, рис.5.2). Изменение начальных условий при малой амплитуде возбуждающей силы не влияет на динамику системы, система - диссипативна, нерегулярные колебания отсутствуют.

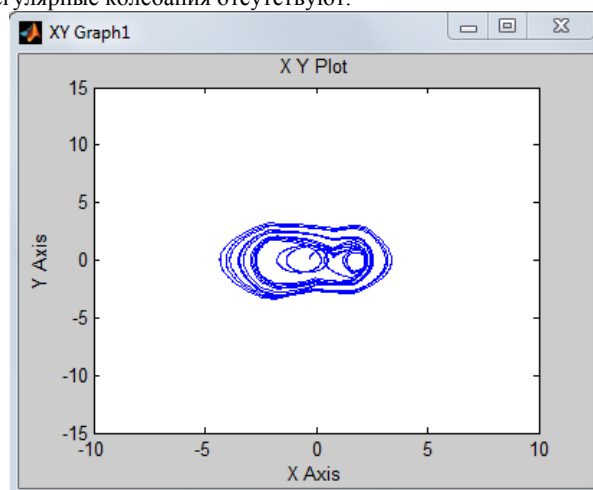


Рис.4.1. Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Начальные условия: $x(0)=0.1$, $x'(0)=-0.3$. Амплитуда вынуждающей силы, $A=1.3$

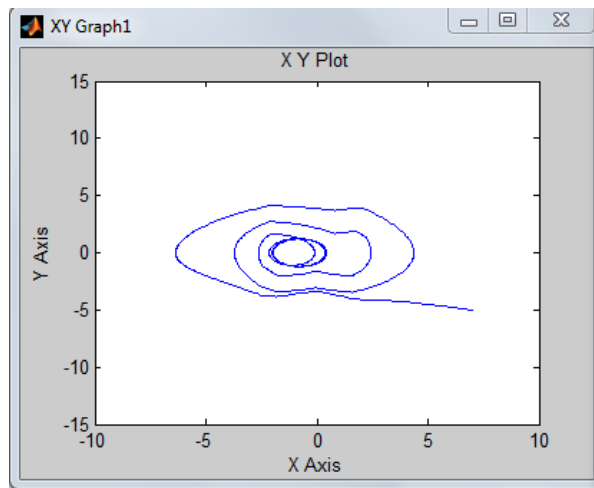


Рис.5.1. Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Начальные условия: $x(0)=-5$, $x'(0)=7$. Амплитуда вынуждающей силы, $A=0.4$

Анализ поведения системы при изменении коэффициентов при реле

Следующий этап - тестирование при изменении коэффициентов при реле. Проведенные исследования показали, что изменение значений коэффициентов при реле не влияет на возникновение в системе нерегулярных колебаний (рис.6.1, рис.6.2, рис.7.1, рис.7.2), траектория остается в ограниченной области, система диссипативна.

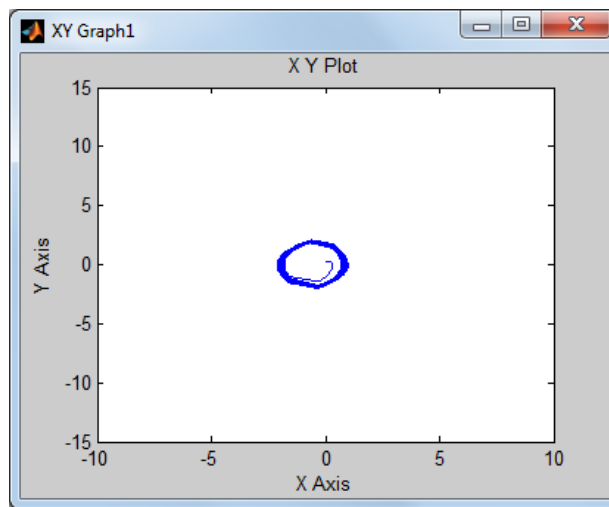


Рис.6.1. Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Коэф. при реле $k=-0.3$; $k_1=-0.65$; $k_2=-50$;

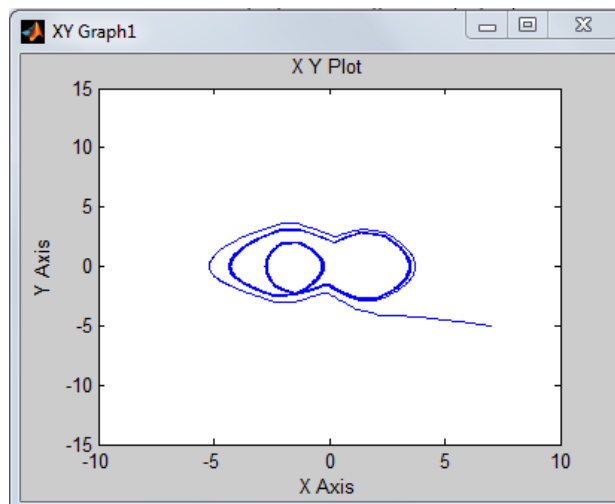


Рис.7.1. Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Коэф. при реле $k=-0.3$; $k_1=-0.65$; $k_2=-50$;

Оценка потенциала системы

Потенциал рассматриваемой системы можно записать в виде (4):

$$\int_0^{x(t)} Y(t) dx(t), \quad (4)$$

где $Y(t)$ – выход континуальной системы неидеальных реле, $x(t)$ – решение ДУ (1).

Заключительным этапом исследования была оценка потенциала системы при изменении значений управляющих параметров системы. По итогам тестирования было установлено, что при увеличении амплитуды вынуждающей силы и коэффициентов при реле значение потенциала растет, кол-во “ям” уменьшается (рис. 8.1, рис.8.2).

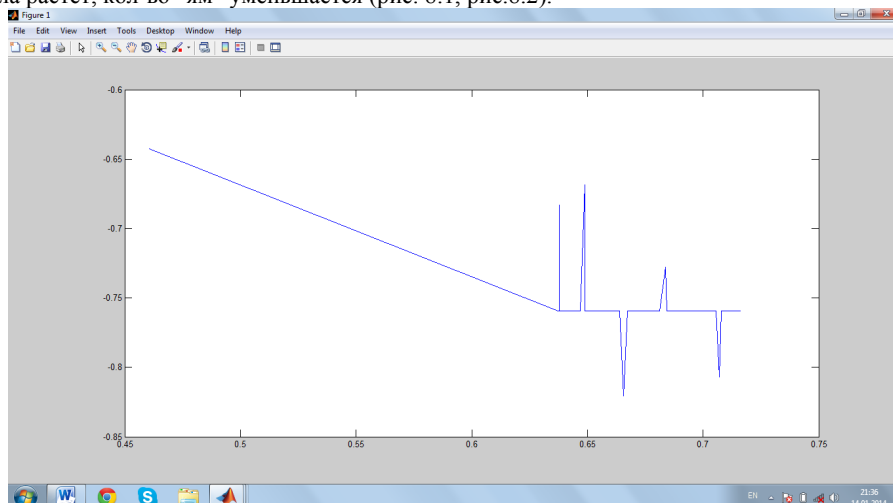


Рис.8.1. Потенциал системы ДУ (2)-(3) . Коэффициенты при реле: $k=-15$; $k_1=-1.7$; $k_2=-41$;

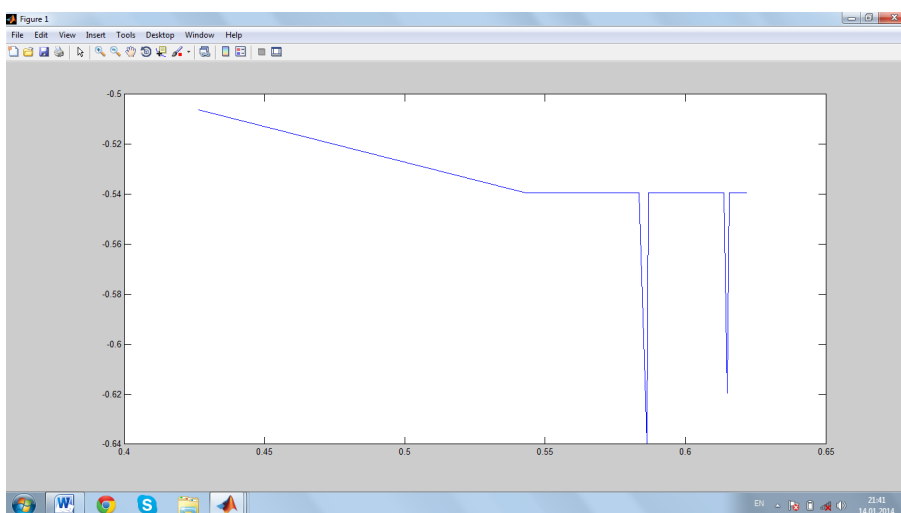


Рис.8.2. Потенциал системы ДУ (2)-(3) . Коэффициенты при реле: $k=-15$; $k_1=-0.2$; $k_2=-41$;

Заключение

Проведенные исследования показали, что наличие нерегулярных колебаний в системе или, наоборот, детерминированное (диссипативное) поведение системы, а также вопрос об устойчивости нулевого решения системы зависит от значений управляющих параметров. По итогам исследования были получены следующие результаты:

1. При малых значениях амплитуды вынуждающей силы на длительных временах (в диапазоне значений 0.01 – 0.5) система диссипативна (рис.1.1, рис. 1.2), с увеличением амплитуды (в диапазоне 0.6 – 1.3) в системе возникают нерегулярные колебания (рис.2.1, рис. 2.2), в диапазоне (1.7 - 5) система диссипативна (рис.3.1, рис.3.2).

2. Изменение начальных условий при малой возбуждающей силе не влияет на динамику системы, система - диссипативна, нерегулярные колебания отсутствуют. При большой амплитуде система чувствительна к начальным условиям: если начальные условия заданы в окрестности нуля, то система совершает нерегулярные колебания (рис.4.1, рис.4.2), а при начальных условиях, удаленных от нуля, система - диссипативна (рис.5.1, рис.5.2).

3. Изменение значений коэффициентов при реле не влияет на возникновение в системе нерегулярных колебаний (рис.6.1, рис.6.2, рис.7.1, рис.7.2).

4. При увеличении амплитуды вынуждающей силы и коэффициентов при реле значение потенциала растет, кол-во “ям” уменьшается (рис. 8.1, рис.8.2).

5. Нулевое решение системы ДУ (1)-(2) не устойчиво по Ляпунову, но устойчиво по Лагранжу - траектория остается в ограниченной области, система - диссипативна.

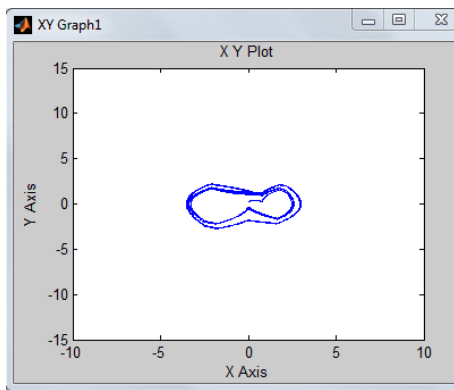


Рис.1.1.Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Амплитуда вынуждающей силы, $A=0.4$

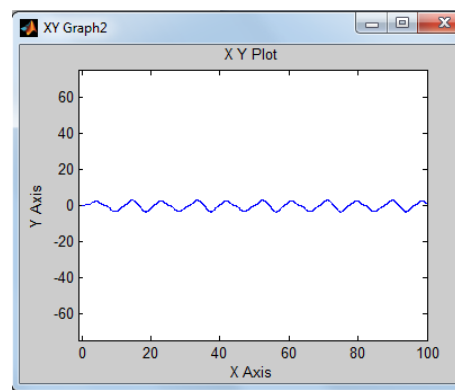


Рис.1.2.Решение системы ДУ (2) - (3). Амплитуда вынуждающей силы, $A=0.4$

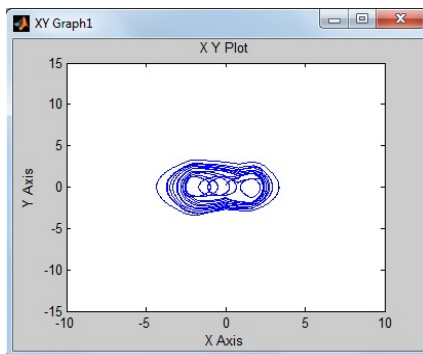


Рис.2.1.Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Амплитуда вынуждающей силы, $A=1.3$

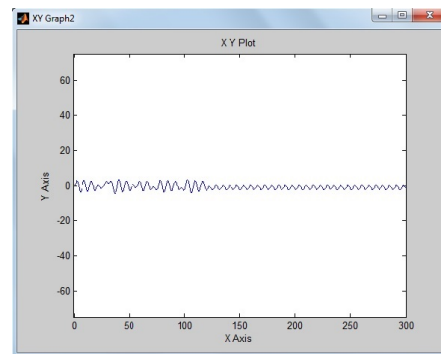


Рис.2.2.Решение системы ДУ (2) - (3). Амплитуда вынуждающей силы, $A=1.3$

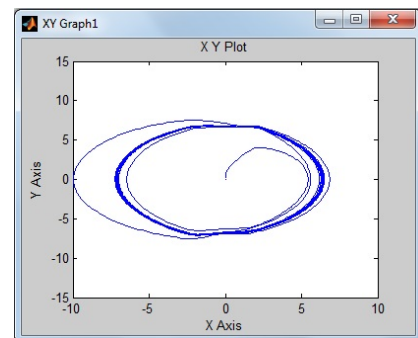


Рис.3.1.Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Амплитуда вынуждающей силы, $A=5$

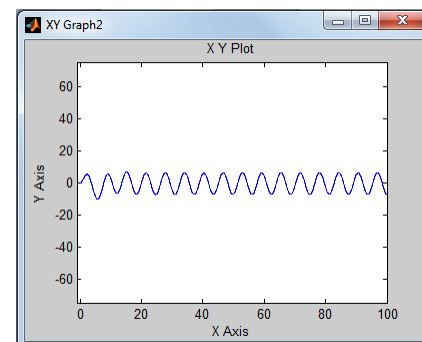


Рис.3.2.Решение системы ДУ (2) - (3). Амплитуда вынуждающей силы, $A=5$

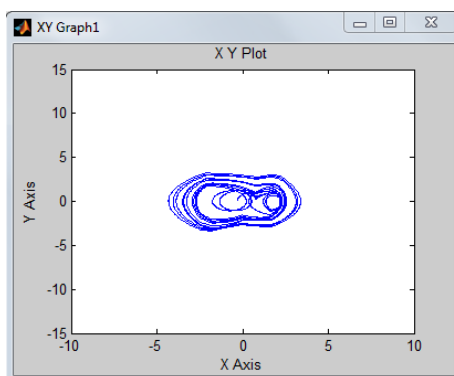


Рис.4.1.Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Начальные условия: $x(0)=0.1$, $x'(0)=-0.3$;

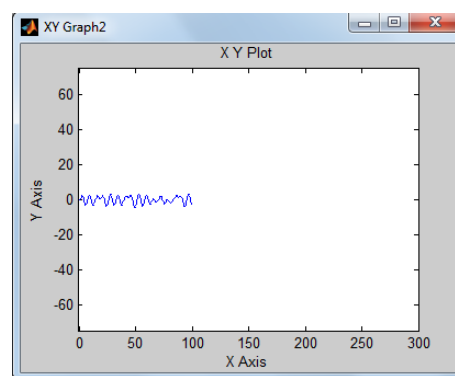


Рис.4.2.Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Начальные условия: $x(0)=0.1$, $x'(0)=-0.3$;

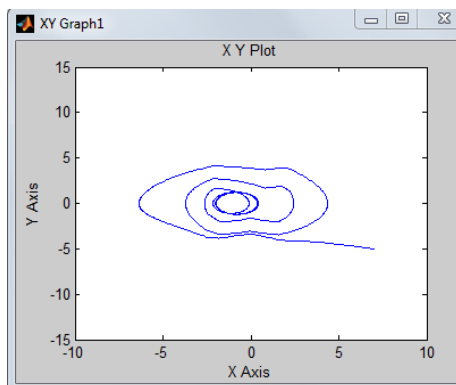


Рис.5.1.Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Начальные условия: $x(0)=-5$, $x'(0)=7$;

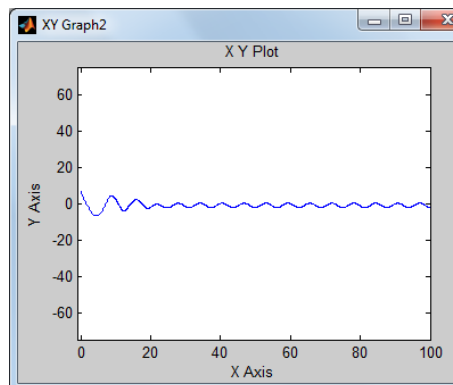


Рис.5.2.Решение системы ДУ (2) - (3). Начальные условия: $x(0)=-5$, $x'(0)=7$;

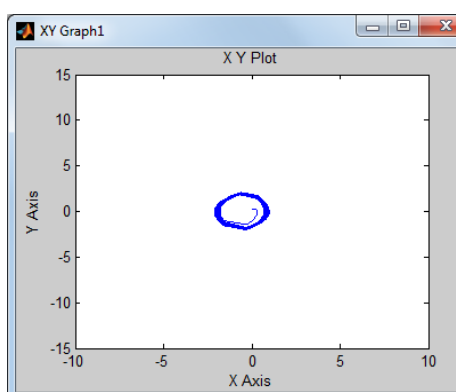


Рис.6.1.Фазовый портрет системы ДУ (2)-(3). Коэф. при реле $k=-0.3$; $k_1=-0.65$; $k_2=-50$;

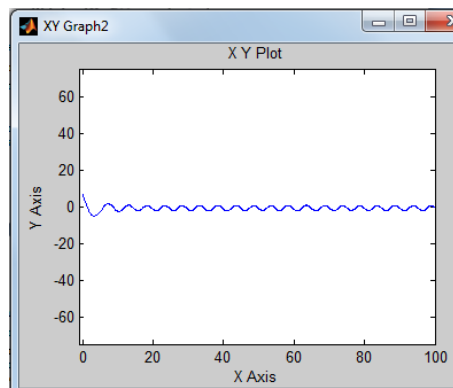


Рис.6.2.Решение системы ДУ (2) - (3). Коэф. при реле $k=-0.3$; $k_1=-0.65$; $k_2=-50$;

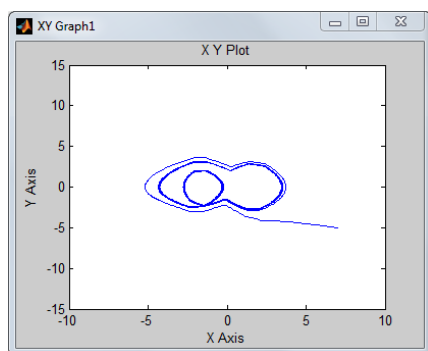


Рис.7.1.Фазовый портрет системы ДУ (2) - (3). Коэф. при реле $k=-0.3$; $k_1=-0.65$; $k_2=-50$;

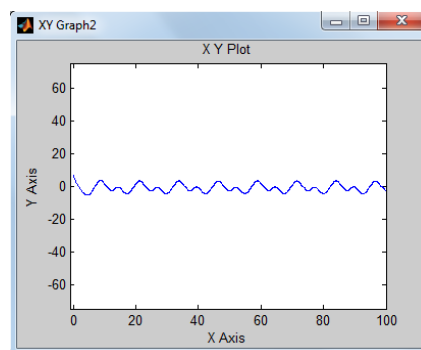


Рис.7.2.Решение системы ДУ (2) - (3). Коэф. при реле $k=-0.3$; $k_1=-0.65$; $k_2=-50$;

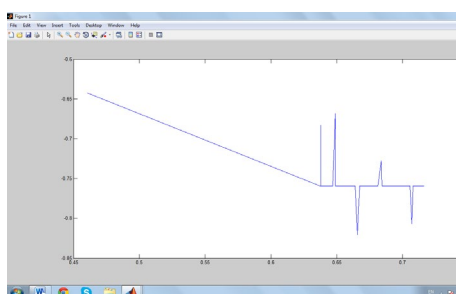


Рис.8.1. Потенциал системы ДУ (2)-(3). Коэфф. при реле: $k=-15$; $k_1=-1.7$; $k_2=-41$;

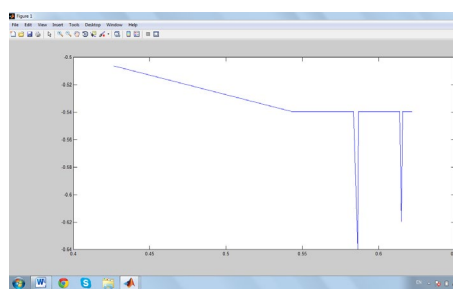


Рис.8.2. Потенциал системы ДУ (2)-(3). Коэфф. при реле: $k=-15$; $k_1=-0.2$; $k_2=-41$;

Литература

1. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу: Ритмы жизни: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 248с.
2. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах: механизмы возникновения, структура и свойства динамического хаоса в радиофизических системах. – М.: Наука, 1990. – 312с.
3. Гуляев В.И., Завражина Т.В., Завражина Н.М. Универсальные закономерности зарождения хаотических движений нелинейных механических систем. – К.: ВИПОЛ, 1999. – 135с.
4. Мун Ф. Хаотические колебания. – М.: Мир, 1990. – 312с.

5. Неймарк Ю.И., Ланда ПС. Стохастические и хаотические колебания. – М.: Наука, 1987. – 424с.
6. Ueda Y. Survey of Regular and Chaotic Phenomena in Forced Duffing Oscillator/ Y. Ueda. 1991. – 30с.
7. Байге Х. Детерминированный хаос и сегнетоэлектричество / Байге Х., Дистельхорст М., Дрождин С.Н.// Материалы семинаров научно образовательного центра «Волновые процессы в неоднородных и нелинейных средах». – Воронеж, 2003. – С.9 - 22.
8. Никитина Н.В. Нелинейные системы со сложным и хаотическим поведением траекторий. – К.: Издательство Феникс, 2012. – 240с.
9. Красносельский М.А., Покровский А.В. Системы с гистерезисом. – М.: Издательство Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 272с.
10. Корректные периодические режимы в системах управления с монотонными гистерезисными нелинейностями/Семенов М.Е., Канищева О.И., Прохоров Д.М., Гулин А.Н.// Научные технологии. – 2010. – № 12. – С. 67-72.
11. Семенов М. Е. О континуумах вынужденных устойчивых периодических режимов в системах управления./Семенов М.Е.// Автоматика и телемеханика. – 1994. – № 8. – С.95-98
12. Покровский А.В. Устойчивые периодические режимы в системах с монотонными нелинейностями/ Покровский А.В., Семенов М.Е.// Автоматика и телемеханика. – 1990. – № 2. – С. 31-37
13. Зоны устойчивости и периодические решения перевернутого маятника с гистерезисным управлением/ Матвеев М.Г., Семёнов М.Е., Шевлякова Д.В., Канищева О.И.// Мехатроника, автоматизация, управление. – 2012. – № 11. – С. 8-14.
14. Семенов М.Е. Оптимальное управление в задаче о выборе производственной и ценовой стратегии/ Семенов М.Е., Лебедев Г.Н., Матвеев М.Г.// Системы управления и информационные технологии. – 2009. – № 4. – С. 71.
15. Еременко Ю.И. Об условиях применения ПИД-нейрорегулятора для управления объектами, описываемыми апериодическим звеном второго порядка с запаздыванием / Еременко Ю.И., Полещенко Д.А., Глушенко А.И. // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2013. – №6. – С. 39-45.
16. Еременко Ю.И. Анализ методов реализации схемы нейросетевого управления с самонастройкой/ Еременко Ю.И., Полещенко Д.А., Глушенко А.И.// Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2012. - №6. – С.50-55

Хентов В.Я.

Профессор, доктор химических наук, Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова

РОЛЬ ЗАРЯЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕБАЯ В ТРИБОЛОГИИ

Аннотация

Показано, что заряженные металлические поверхности оказывают влияние на коэффициент трения и химические процессы. Адгезионная составляющая трения, параметры поверхностных слоев металла тесно связаны с температурой Дебая металлического элемента.

Ключевые слова: адгезионная составляющая трения, параметры, характеризующие свойства поверхностных слоев контактирующих поверхностей, температура Дебая.

Khentov V.Ya

South-Russian State Polytechnic University named after M. Platonov

ROLE AND CHARGED SURFACES DEBYE TEMPERATURE IN TRIBOLOGY

Abstract

It is shown that the charged metal surfaces influence on friction coefficient and chemical processes. The adhesive component of friction, the surface parameters of the metal layers are closely related to the Debye temperature of the metal element.

Keywords: adhesion of the friction, parameters describing the properties of the surface layers of the contacting surfaces, chemical processes, the Debye temperature.

В процессе работы узла трения происходит заряджение поверхностных слоев контактирующих тел [1,2]. Это приводит к изменению микротвердости контактирующих поверхностей и коэффициента трения [3]. При потенциале нулевого заряда (ПНЗ) была зафиксирована экстремальная точка. С учетом этого было предложено организовать управление процессом трения посредством изменения потенциала поверхности [4]. Появление зарядов на поверхности металла может ускорить протекание химической реакции. Так скорость взаимодействия частиц меди (диаметр частиц ~10 мкм) с лигандом салицилаланилином после предварительной трибоэлектризации увеличилась в 9 раз [5].

Физические свойства поверхностей узла трения играют важную роль в трибологии и связаны с температурой Дебая [6]. Важный вклад в коэффициент трения вносит адгезионная составляющая. На рис. 1 для ниобия, циркония, вольфрама и титана представлена зависимость адгезионной составляющей трения [7] скольжения от температуры Дебая металла.

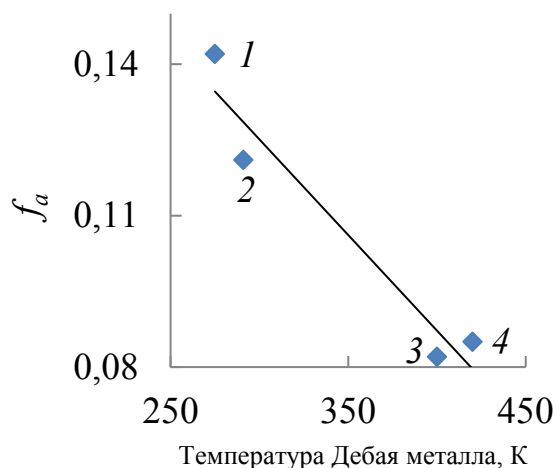


Рис. 1. Зависимость адгезионной составляющей трения скольжения f_a от температуры Дебая металла
Металлы: 1 – Nb, 2 – Zr, 3 – W, 4 – Ti; Коэффициент корреляции 0,96

Прочность адгезионной связи определяется уравнением:

$$\tau = \tau_0 + \beta p_r,$$

где p_r – давление, которое может быть рассчитано как частное от деления нагрузки на суммарную площадь фрикционного контакта, τ_0 и β – параметры, характеризующие свойства поверхностных слоев контактирующих металлов.

На рис. 2 представлена зависимость параметра τ_0 от температуры Дебая металла. Корреляционная зависимость: $\tau_0 = -1,2993 + 0,0093\Theta$, коэффициент корреляции 0,96.

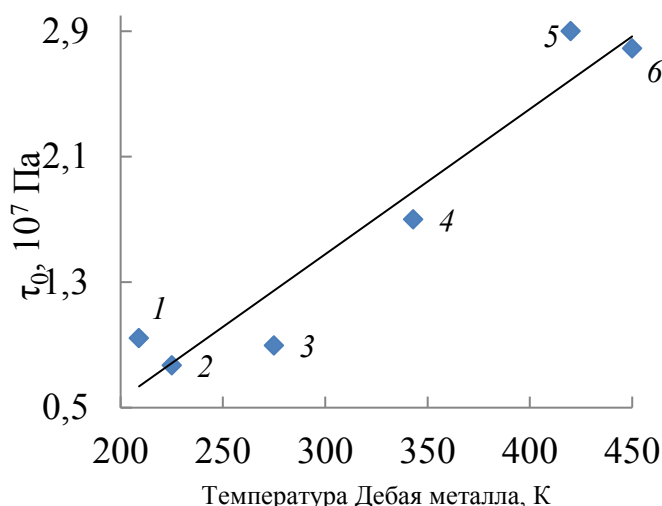


Рис. 2. Зависимость параметра τ_0 от температуры Дебая металла
Металлы: 1 – Cd, 2 – Ag, 3 – Nb, 4 – Cu, 5 – Ti, 6 – Mo

На рис. 3 для Al, Be, In, Cd, Mo, Cu, Ni, Nb, Sn, Pt, Pb, Ag, Sb, Ta, Ti приведена зависимость параметра β от температуры Дебая металла.

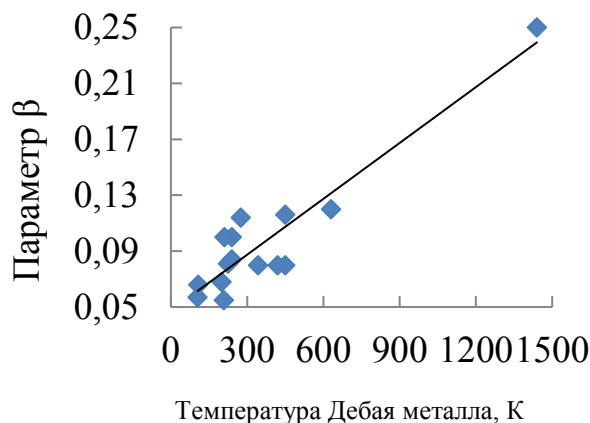


Рис. 3. Зависимость параметра β от температуры Дебая металла
Коэффициент корреляции 0,93

Литература

1. Кутьков А.А., Гольдман И.М. Вопросы трения, износа и смазки // Тр. Новочеркасского политехн. ин-та, 1971, т. 215, с.72-76.
2. Чумичев А.А. Ускорение процесса приработки пар трения металл – металл за счет использования состава на основе неорганического полимера: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ростов н/Д, 2002.
3. Фрумкин А.Н. Потенциалы нулевого заряда. Изд. 2-е. – М.: Наука, 1982. 260 с.
4. Хентов В.Я., Жулькин М.Н., Федоренко А.А., Сериков Д.В. Новый принцип управления узлом трения // Вестник Ростовского государственного ун-та путей сообщения. – 2003. – №3. – С. 42-45.
5. Хентов В.Я., Слабинская А.Б., Великанова Л.Н. Извлечение металлов из пылевых выбросов промышленных предприятий // Экология и промышленность России, 2008. – Октябрь. – С. 14-15.
6. Хентов В.Я. Связь коэффициентов трения металлов с температурой Дебая // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies., 2014. – № 1(20). – Ч. 2. – С. 43-44.
7. Физические величины: Справочник / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; Под. ред. И. С. Григорьева, Е. 3. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

Ашурбекова Т.Н.

Докторант, кандидат биологических наук, доцент, Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова,

О ВЛИЯНИИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ОНКОЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Аннотация

Представленная статья рассматривает вопросы влияния качества окружающей среды на онкозаболеваемость и экологические аспекты их возникновения на территории Чеченской Республики.

Ключевые слова: качество среды обитания, население, онкозаболеваемость, экологические факторы среды.

Ashurbekovs T.N

Doctoral, PhD, Associate Professor, Dagestan State Agrarian University named after M. Dzhambulatova,

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL QUALITY STANDARDS FOR CANCER RATES CHECHEN REPUBLIC

Abstract

The presented article examines the questions of influence of quality of environment on cancerous disease and ecological aspects of their origin on territory of Chechen Republic.

Keywords: quality of habitat, population, cancerous disease, ecological factors of environment.

На территории Чеченской Республики проблема экологической безопасности имеет особую остроту. Окружающая среда испытывает последствия промышленного загрязнения, которому подвергалась в период военных действий (1994-1996 и 1999-2003гг), когда на территории республики использовались все виды военного арсенала, нанешие значительный ущерб окружающей среде. Развернувшаяся строительная деятельность на территории республики, подпитываемая растущими потребностями населения, усложнением производственных, экономических и социальных взаимодействий, способствует загрязнению атмосферного воздуха, водных объектов, почв, увеличению количества отходов, вытесняет зеленые насаждения. Вследствие этого во многих районах республики складывается неблагоприятная обстановка.

Как показывает анализ причин онкологических заболеваний, в большинстве случаев они обусловлены экологическими факторами. Еще в 1964 г. комитет экспертов ВОЗ признал, что 80-90 % случаев раковых заболеваний связаны с внешними, средовыми факторами.

Выбор территории Чеченской Республики в качестве объекта для исследования определяется тем, что на данной территории проблема онкозаболеваемости не изучена и исследования являются актуальными.

Статистика констатирует, что ежегодный рост числа онкологических больных в Чечне составляет 8-10%. Это означает, что на учет в Республиканский онкологический диспансер в год становится 3-3,5 тысячи пациентов больных раком (более ста из них - дети). Средний возраст онкобольных среди взрослого населения составляет 28 лет.

Пик заболеваемости раком в Чечне был зарегистрирован в 2007 году: за год было выявлено 3516 онкобольных, из них 1835 мужчин, 1479 женщин и 202 ребенка.

По данным министерства здравоохранения ЧР, больных с этим диагнозом в республике на сегодняшний день насчитывается 30-32 тысячи человек, а это значит, что 320 человек из 100 тысяч фактически обречены на медленную и мучительную смерть. Ежегодно в республике от рака умирает 1500-1800 человек, по отношению к общей численности населения это в 2 раза превышает процентные показатели не только отдельно взятых республик, краев и областей Российской Федерации, но и России в целом. И это без учета свидетельства чеченских медиков, утверждающих, что число больных раком в республике на самом деле намного больше: одни, у кого есть возможность, предпочитают проходить обследование в российских клиниках, не становясь на учет в Республиканский онкологический диспансер, а другие (в основном это жители сельской местности) - вовсе игнорируют лечебные учреждения.

Наиболее распространенными видами онкозаболеваний в Чечне медики называют рак молочной железы, легких, желудочно-кишечного тракта, кожи, полости рта, щитовидной железы и лейкоз (у детей).

Повышение уровня онкозаболеваемости предполагает здесь экологически неблагоприятную ситуацию. Поэтому важно изучить зависимость роста онкологии от воздействия факторов экологической среды, как природных, так и антропогенных, в разных экологически неблагоприятных районах республики.

Специалисты сходятся во мнении, что первопричиной столь пугающего всплеска онкозаболеваемости стали военные действия в Чеченской республике.

-Разрушенные нефтеперерабатывающие заводы заразили почву, воду и воздух вредными химическими веществами, - говорит эколог грозненской администрации Ш. Астамиров. - По некоторым данным, в почву попало несколько миллионов тонн нефтепродуктов. Тяжелые металлы, нитраты, пестициды и токсичные вещества с пищей, водой и воздухом попадают в организм человека, живущего на такой зараженной территории.

Вторая причина – ослабленный иммунитет. Ученые доказали, что 80 процентов онкологических заболеваний вызваны ухудшением социально-экономических условий, снижением жизненного уровня населения, а также воздействием на организм не только вредных веществ, но и стрессовых ситуаций.

Как показывает анализ причин онкологических заболеваний, в большинстве случаев они обусловлены экологическими факторами[3,4]. Еще в 1964 г. комитет экспертов ВОЗ признал, что 80-90 % случаев раковых заболеваний связаны с внешними, средовыми факторами.

Экологическая обусловленность возникновения многих форм онкологических заболеваний становится в последнее время достаточно широко признанным явлением. Этот факт находит еще более убедительное подтверждение в многочисленных материалах, свидетельствующих о росте числа случаев онкологии у людей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях. При этом необходимо подчеркнуть, что особенно у детей практически исключается отягощающее влияние профессиональных вредностей, вредных привычек и возрастных изменений, и это позволяет считать вклад экологической составляющей в возникновение опухолевых процессов весьма значительным [1,4].

Высокая распространенность онкопатологии наблюдается в зонах критической и напряженной экологической ситуации, в районах с интенсивной химизацией и мелиорацией сельского хозяйства [2].

Среди негенотоксических канцерогенов исключительная роль принадлежит пестицидам. Они представляют собой особую группу соединений, отобранных в результате обязательного предварительного скрининга на мутагенность, вследствие чего среди них нет веществ, относящихся к классу 2 по мутагенности, но есть вещества класса 2 по канцерогенности (фолпет, фенвалерант, 2,4-Д и др.). В настоящее время в мире имеется более 1000 действующих пестицидов и более 20000 препаратов на их основе [3,5,6].

Являясь биологически высокоактивными соединениями, преднамеренно вносимых в почву и циркулирующими во всех компонентах экосистемы, пестициды могут представлять реальную опасность для здоровья населения и его среды обитания. Поступая в организм человека в значительных количествах с вдыхаемым воздухом, водой и продуктами питания, пестициды меняют ход биологических процессов в организме, что в отдельных случаях приводит к нарушению его физиологических функций. Ряд пестицидов способен вызывать канцерогенное и мутагенное действие. Интенсивное применение пестицидов в сельском хозяйстве ведет к накоплению и циркуляции в биосфере токсичных веществ, порождает необходимость выявления и оценки их потенциальной опасности. Рискуют подвергаться не только огромное число лиц, занятых применением пестицидов, но и остальные группы сельского населения [4].

К отрицательным экологическим последствиям применения пестицидов относится загрязнение почвы, грунтовых вод, сельскохозяйственной продукции, дикорастущих съедобных растений, обеднение их видового разнообразия, острое отравление человека, животных.

Таким образом, спектр биологических нарушений, возникающих в организме под влиянием пестицидов, чрезвычайно широк. Важно оценить возможную онкологическую опасность, связанную с их широким применением.

При изучении последствий влияния пестицидов на экологические системы важно учитывать мутации у различных организмов, находящихся в зоне действия пестицидов, поскольку бластоогенная активность часто сочетается с мутагенным эффектом. Не менее важен учет спонтанных опухолей у организмов, находящихся на разных стадиях эволюционного развития.

Таким образом, защита окружающей среды от вредных последствий действия пестицидов может сыграть важную роль в профилактике канцерогенеза.

Знание закономерностей распределения токсикантов и контроль за их содержанием необходимы при определении степени загрязнения объектов окружающей среды (почва, поверхностные и грунтовые воды, сельскохозяйственные культуры), разработке мероприятий по предупреждению и снижению поступления токсикантов в почву, выращивание экологически чистой и диетической продукции. Усиление химизации обуславливает постепенное накопление тяжелых металлов в почве [2,5].

Следовательно, при применении минеральных и органических удобрений одним из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды, в том числе и пищевых продуктов, являются тяжелые металлы и нитраты. Они в тех или иных количествах содержатся практически во всех пищевых продуктах, а также в питьевой воде. Исследованиями В.Т. Митченкова установлено, что при совместном поступлении кадмия и свинца с нитратами и нитритами в организм животных последние способны усиливать влияние на выраженность токсического действия тяжелых металлов.

Загрязнение почв иногда называют «отложенным» (отдаленным) экологическим фактором последствия, воздействие которого негативно сказывается на здоровье через десятки лет.

Состояние популяционного здоровья человека отражает состояние экосистемы в целом. В связи с этим заболеваемость населения можно рассматривать как интегральный показатель влияния среды обитания (с учетом социально-экономических условий жизни) на здоровье людей [1]. Природные условия среды обитания, генетические особенности этнических групп, населяющих определенную географическую зону, религиозные традиции, традиционные привычки питания – это далеко не весь перечень факторов, воздействующих на население и определяющих возрастные закономерности и структурные соотношения различных форм злокачественных новообразований в человеческих популяциях [2].

На сегодняшнем этапе развития общества не вызывает сомнения, и это научный факт, что неблагоприятный экологический фактор сказывается отрицательно на формировании популяционного здоровья населения, особенно в связи с изменением социально-экономических условий, сопровождающимся, с одной стороны ослаблением контроля за качеством среды обитания, с другой – появлением новых синтезирующих соединений, с которыми человек имеет прямой контакт и к которым эволюционно не приспособлен.

Литература

1. Абдурахманов Г.М., Рохоева П.М. Влияние экологических факторов на возникновение злокачественных новообразований // Университетская экология: Международный сборник научных трудов.– Махачкала, 2010. Вып.- V.-С. 314-317.
2. Абдурахманов Г.М., Гасангаджиева А.Г., Насибова Э.Г., Габибова П.И. Влияние содержания тяжелых металлов в питьевой воде на динамику онкозаболеваемости Кизлярского района Республики Дагестан // Материалы XVIII научно-практической конференции по охране природы Республики Дагестан – Махачкала: Издательство «Юпитер», 2003.-С. 27-29.
3. Ашурбекова Т.Н., Мусинова Э.М. Мониторинг онкозаболеваемости населения Северо-Кавказского Федерального округа, как индикатор экологического неблагополучия окружающей среды // Проблемы развития АПК региона. - 2013.-№3(15).-С.41-45.
4. Абдурахманов Г.М., Ашурбекова Т.Н. Эколого-географические особенности заболеваемости злокачественными новообразованиями населения ЧР //Юг России: экология, развитие.-2012.-№4.-С.125-129.
5. Мудрый И.В. Экологические аспекты применения минеральных удобрений в сельском хозяйстве //Гигиена и санитария. - 2006. -№ 4. -С. 40-41.
6. Рубенчик Б.Л. Канцерогенность пестицидов, загрязняющих биосферу.- В. Кн.: Экология и рак. - Киев, Наукова думка, 1985.- С.135-145.

Бондаренко Т.И.¹, Кутилин Д.С.², Майборода Е.А.³, Михалева И.И.⁴

¹Профессор, доктор биологических наук, профессор, Южный федеральный университет;

²Кандидат биологических наук, Южный федеральный университет; ³Кандидат биологических наук, Южный федеральный университет; ⁴Кандидат химических наук, Институт биоорганической химии РАН

ПЕПТИДНЫЕ БИОРЕГУЛЯТОРЫ В ПРОФИЛАКТИКЕ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО СТАРЕНИЯ

Аннотация

Изучены молекулярные механизмы реализации геропротекторной активности синтетического аналога природного пептида дельта-сна (ДСИП). Показано, что геропротекторный эффект ДСИП реализуется через стимуляцию активности ключевых антиоксидантных ферментов посредством влияния на экспрессию их генов (СОД 1, ГПО 1), а также через стабилизацию структурно-функционального состояния биомембран и активности ферментов ЭТЦ митохондрий разных тканей крыс при их физиологическом старении. На основе анализа метаболических эффектов ДСИП при физиологическом старении организма обоснована возможность использования синтетического аналога эндогенного ДСИП в профилактике преждевременного старения.

Ключевые слова: пептида дельта-сна, геропротекторы, экспрессия генов, биомембраны.

Bondarenko T.I.¹, Kutilin D.S.², Mayboroda E.A.³, Mikhaleva I.I.⁴

¹ Professor, Doctor of Biological Sciences, Southern Federal University; ²Ph.D., Southern Federal University, ³Ph.D., Southern Federal University, ⁴Ph.D. in Chemistry, Institute of Bioorganic Chemistry

PEPTIDE BIOREGULATORS AT THE PREVENTION OF PREMATURE AGING

Abstract

Investigated the molecular mechanisms geroprotective activity of synthetic analogue natural delta-sleep peptide (DSIP). It is shown that geroprotective effect of DSIP is realized through the stimulation activity of key antioxidant enzymes by influencing on expression of their genes (SOD 1, GPO 1), as well as through the stabilization of structural and functional state of biological membranes and mitochondrial ETC enzyme activity of various rats tissues at physiological aging. By analyzing the metabolic effects of DSIP at physiological aging of the organism justified the possibility of using synthetic analog of the endogenous DSIP in the prevention of premature aging.

Keywords: peptide delta sleep, geroprotectors, gene expression, the biomembrane.

Викторов Д.А.¹, Воротников А.П.², Парамонова Н.А.³, Васильев Д.А.⁴

¹кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; ²студент; ³аспирант; ⁴доктор биологических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина», г. Ульяновск

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ *FLAVOBACTERIUM PSYCHROPHILUM*

Аннотация

В проделанной работе проведёно изучение основных биохимических свойств *Flavobacterium psychrophilum*, определены дифференциально-значимые признаки, выяснены температурные оптимумы культивирования названного микроорганизма. Полученные результаты позволяют сделать выводы о целесообразности введения определённых компонентов (лактозы, мочевины) в состав селективных и дифференциально-диагностических питательных сред для выделения и культивирования *Flavobacterium psychrophilum*.

Ключевые слова: *Flavobacterium psychrophilum*, флавобактериозы рыб, холодноводная болезнь рыб, микробиология, биотехнология, питательные среды, биохимические свойства, фенотипические признаки.

Viktorov D.A.¹, Vorotnikov A.P.², Paramonova N.A.³, Vasilyev D.A.⁴

¹Ph.D., Senior Scientist; ²student; ³graduate student; ⁴Sc.D., Professor, Ulyanovsk State Agricultural Academy name P.A. Stolypin, Ulyanovsk

RESULTS OF THE BIOCHEMICAL PROPERTIES OF *FLAVOBACTERIUM PSYCHROPHILUM*

Abstract

In the work we have studied the basic biochemical properties of *Flavobacterium psychrophilum*, have identified differentially noticeable symptoms, have found out the temperature optima of culturing of the microorganisms. The obtained results allow to make conclusions about the appropriateness of certain components (lactose, urea) in the selective and differential diagnostic culture media for the isolation and cultivation of *Flavobacterium psychrophilum*.

Keywords: *Flavobacterium psychrophilum*, fishes' flavobakteriosis, coldwater fish's disease, microbiology, biotechnology, culture media, biochemical properties, phenotypic.

Введение

Поскольку *Flavobacterium psychrophilum* способны вызывать массовую гибель рыбы, исследование данного микроорганизма позволит уменьшить экономические потери, поднять качество рыбы и производимой из неё продукции. Наиболее широко холодноводная болезнь рыб распространена на Дальнем Востоке, где смертность рыб может достигать 70% в периоды, когда температура воды опускается до около 5 °C [2].

F. psychrophilum – аэробная, грамотрицательная палочковидная бактерия, 2-5 мкм в длину, 0,3-0,5 мкм в диаметре, с округлыми или заостренными концами. Температурный оптимум роста находится в пределах 4-12 °C [5,4]. В лабораторных условиях выращивается при комнатной температуре (12-18 °C) [3]. На мясопептонном агаре образует колонии R-формы желтого цвета (от кремового до оранжевого) [5,6]. Широко распространены в почве и пресных водоёмах [5,4].

Цель и задачи

Целью исследования являлось определение биохимических свойств бактерий *F. psychrophilum*.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования – штаммы *F. psychrophilum* Fp 2, Fp 16, Fp 32, Fp 570, Fp 572, Fp 365, Fp 3008, полученные из музея кафедры микробиологии, вирусологии эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Ульяновской ГСХА им П.А.Столыпина.

Изучение биохимических свойств проводили путём культивирования посевов исследуемых штаммов на соответствующих средах Гисса с арабинозой, маннозой, лактозой, глюкозой, сахарозой, маннитом, адонитом, эскулином. Ферменты триптофандезаминидаза (образование индола), лизиндекарбоксилаза, орнитиндекарбоксилаза, аргининдегидролаза, нитратредуктаза, уреазы, а также ферментативную активность по отношению к цитрату натрия, ацетату натрия, образование H₂S определяли по методам, предложенным Васильевым Д.А. (1998). Параллельно проводили определение тех же биохимических свойств с применением экспресс-наборов производства НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера (г. Санкт-Петербург).

Посевы исследуемых штаммов *F. psychrophilum* инкубировали при комнатной температуре. При необходимости дополнительное охлаждение посевов (до 10-15 °C) обеспечивалось применением хладоэлементов. При температуре 10-15 °C рост штаммов *F. psychrophilum* отмечался через 24 часа культивирования.

Результаты и обсуждение

Результаты изучения биохимических свойств приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Биохимические свойства исследуемых штаммов *F. psychrophilum*

	Fp2	Fp16	Fp32	Fp570	Fp572	Fp365	Fp3008
Арабиноза	+	+	+	+	-	-	+/-
Манноза	+	-	+	+	-	+/-	-
Лактоза	+	+	+	+	+	+	+
Глюкоза	+	+	+	+	+	+	+
Сахароза	+/-	+	+	+	+/-	+/-	+/-
Маннит	+/-	+	+/-	+/-	+	+/-	+
Сорбит	+	+	+	-	-	+	+/-
Адонит	-	-	-	-	-	-	-
Эскулин	-	-	-	-	-	-	-
Триптофандезаминидаза	-	-	-	-	-	-	+/-
Лизиндекарбоксилаза	-	-	-	-	-	-	-
Орнитиндекарбоксилаза	-	-	-	-	-	-	-
Аргининдегидролаза	+	+	+/-	+	-	+	+

Нитратредуктаза	+	+	+	+/-	+	+	+/-
Уреаза	+	+	+	+	+	+	+
Цитрат натрия	-	+	+	-	+	-	+
Ацетат натрия	-	+	+	-	+/-	-	+
Индол	-	-	-	-	-	-	-

В результате проведенных исследований были выявлены наиболее значимые фенотипические признаки *F. psychrophilum*: способность утилизировать мочевины и лактозу. Мочевина (карбамид) угнетает рост некоторых микроорганизмов [1].

На основании полученных данных нами предлагается использовать мочевины в качестве ингибирующего компонента питательных сред для *F. psychrophilum*, а лактозу в качестве источника углеродного питания.

Кроме того, нами был установлен температурный оптимум роста *F. psychrophilum*, который составил 10-15 °С. При культивировании посевов в условиях термостата на 37 °С, рост полностью отсутствовал. При 28 °С рост отмечался лишь на трети сутки и только у трех из семи исследуемых штаммов.

Выводы

В ходе проведенных исследований были изучены биохимические свойства семи штаммов *F. psychrophilum*. На основании полученных данных нами предлагается использовать мочевины в качестве ингибирующего компонента питательных сред для *F. psychrophilum*, а лактозу в качестве источника углеродного питания. Температурный оптимум роста *F. psychrophilum* составил 10-15 °С.

Литература

1. Васильев Д.А. Учебно-методическое пособие по методам общей бактериологии / Д.А. Васильев, С.Н. Золотухин, Н.М. Никишина – Ульяновск, 1998. – 151 с.
2. Намсараев Б.Б. Экология микроорганизмов экстремальных водных систем: учеб. пособие / Б.Б. Намсараев, Е.Ю. Абидуева, Е.В. Лаврентьева и др. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2008. – 94 с.
3. Парамонова, Н.А. Об актуальности и практической значимости изучения *Flavobacterium psychrophilum* / Н.А. Парамонова, Д.А. Викторов, Д.А. Васильев // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы IV международной научно-практической конференции, Ульяновск, 22-24 ноября 2012. – Т. 1. – С. 303-306.
4. Alvarez B. Development of genetic techniques for the psychrotrophic fish pathogen *Flavobacterium psychrophilum*. / Alvarez B, Secades P, McBride MJ, Guijarro JA// Appl Env Microbiol 2004, 70:581-587.
5. Bernardet J.F. Cutting a Gordian knot: emended classification and description of the genus *Flavobacterium*, emended description of the family *Flavobacteriaceae*, and proposal of *Flavobacterium hydatis*. / Bernardet J.F Segers P., Vancanneyt M., et al.// Int J Syst Bacteriol-1996.- 46:128-48.
6. Naoyuki Misaka. Quantitative Detection of Viable *Flavobacterium psychrophilum* in Chum Salmon *Oncorhynchus keta* by Colony Blotting and Immunostaining. / Naoyuki Misaka, Toyohiko Nishizawa and Mamoru Yoshimizu.// Fish Pathology-2008- 43 (3), 117–123.

Голенева О.М.¹, Шадыева Л.А.², Шленкина Т.М.³, Федорова Е.В.⁴

¹Кандидат биологических наук, старший преподаватель, Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина; ²Кандидат биологических наук, доцент, Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина; ³Кандидат биологических наук, доцент, Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина; ⁴Аспирант, Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина;

ПРОФИЛАКТИКА И ЛЕЧЕНИЕ БОТРИОЦЕФАЛЕЗА И КАВИОЗА КАРПОВЫХ РЫБ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

Аннотация

В статье исследовалась эффективность профилактики и лечения цестодозов – ленточных гельминтов рыб, в аквакультуре с использованием оксида кальция.

Ключевые слова: аквакультура, профилактика паразитарных болезней рыб, эндопаразитофауна рыб, цестодозы, кавиоз, ботриоцефалез.

Goleneva O.M.¹, Schadiewa L.A.², Schlenkina T.M.³, Fedorova E.V.⁴

¹Candidate of biological Sciences, senior lecturer, Department of biology, veterinary genetics, Parasitology and ecology, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Professional Education «Ulyanovsk state agricultural Academy them. P.A. Stolypin»; ²Candidate of biological Sciences, assistant Professor of biology, veterinary genetics, Parasitology and ecology, chief of the «Ulyanovsk state agricultural Academy them. P.A. Stolypin»; ³Candidate of biological Sciences, assistant Professor of biology veterinary genetics, Parasitology and ecology, chief of the «Ulyanovsk state agricultural Academy of a name of P.A. Stolypin»; ⁴Postgraduate student, Department of biology, veterinary genetics, Parasitology and ecology, chief of the «Ulyanovsk state agricultural Academy them. P.A. Stolypin»

PREVENTION AND TREATMENT Bothriocephalosis AND Khawia sinensis CARP FISH IN AQUACULTURE CONDITIONS

Abstract

In the article analyzed the effectiveness of HIV prevention and treatment cestodes - tapeworms fish in aquaculture using calcium oxide.

Keywords: aquaculture, prevention of parasitic diseases of fish, endoparasitofauna, fish, cestodosis, *Khawia sinensis*, *Bothriocephalosis*.

Ульяновская область относится к числу территорий, характеризующихся высоким уровнем паразитарного загрязнения природной среды (1-7), эти вопросы широко освещены в работах нашей кафедры (1-10). Высокий уровень инвазированности гельминтофауны характерен для всех отраслей животноводства на территории области (3,4,6,9) и рыбоводство не является исключением (2,7,8).

Современное рыбоводство - это перспективная отрасль сельскохозяйственного производства, основанная на выращивании в естественных и искусственных водоемах товарной рыбы: карпа, белого и пестрого толстолобиков, белого амура и других. Современные формы ведения прудового рыбоводства ориентированы на выращивание рыбы в условиях уплотненной посадки, это обуславливает тесный контакт выращиваемых рыб, а отсюда и благоприятные условия для распространения различных болезней.

В условиях уплотненной посадки создаются благоприятные условия для широкого распространения паразитофауны, в частности - гельминтофауны. Паразитофауна рыб в условиях аквакультуры характеризуется широким видовым разнообразием гельминтов, относящихся к различным классам: сосальщики (трематоды), ленточные черви (цестоды), круглые черви (нематоды) и др. [1-7].

Наиболее ощутимый экономический ущерб развитию прудового рыбоводства и аквакомплексов наносят гельминтозы – ботриоцефалез и кавиоз. Кавиоз - гельминтозное заболевание карпа, сазана и их гибридов, черных и белых амуров, характеризующееся поражением кишечника [4-5]. Кавиоз вызывается цестодой *Khawia sinensis* из сем. *Caryophyllidae*. Ботриоцефалез (*Bothriocephalosis*) - гельминтоз карповых рыб, вызываемый цестодой *Bothriocephalus gowkongensis* сем.

Bothriocephalidae [4-6]. Для предупреждения и лечения ботриоцефалеза и кавиоза прудовых рыб помимо общих лечебно-профилактических мероприятий в рыбоводных хозяйствах Ульяновской области мы апробировали применение негашеной извести.

Целью нашей работы был поиск эффективного метода профилактики и лечения инвазионных болезней рыб, вызываемых ленточными гельминтами карповых в условиях аквакультуры.

В задачи работы входила оценка эффективности использования негашеной извести для борьбы с ленточными гельминтами в условиях аквариумного комплекса кафедры биологии и экологии Ульяновской сельскохозяйственной академии им. П.А. Столыпина и в производственных условиях Большеключищенского рыбного хозяйства, ориентированного на прудовое разведение карповых.

Объект и методы исследований. Объектами исследования являлись рыбы семейства карповых, разных возрастов: сеголетки, годовики и ремонтно-маточное стадо.

Лекарство в виде негашеной извести вводилось в корма. Для приготовления лечебного корма мы использовали 1 кг свежей негашеной извести, тщательно смешанной в кормосмесителе со 100 кг сухого корма до получения однородной массы, которая разводилась водой до консистенции круто замешанного теста. Полученную массу пропускали через мясорубку и придавали ей форму колечка. Корм сразу же использовали для скармливания в прудах годовикам, сеголеткам и ремонтно-маточному стаду карпов. Продолжительность эксперимента составила две недели. При этом, соблюдали следующую последовательность: три дня подряд кормили рыб лечебным кормом, два дня – обычным кормом и так чередовали в течение всего курса лечения.

В аквариумах кафедры проводились опыты индивидуальной дегельминтизации. Свежую негашеную известь смешивали в кормосмесителе с сухой ячменной мукой в соотношении 1:10, добавляли кипяченую охлажденную воду и перемешивали до получения однородной жидкой кашицы. Взвесь вводили карпам с помощью шприца объемом 5дм³ резиновым катетером через рот непосредственно в кишечник. В течение нескольких часов после введения взвеси наблюдалось выделение рыбой мертвых гельминтов.

Лечебный корм готовили на одноразовое применение, так как он быстро утрачивал антгельминтный эффект.

Нами было проведено гельминтологическое обследование двухсот особей рыб рыбхоза «Большеключищенский» и пятидесяти особей рыб аквакомплекса кафедры биологии Ульяновской ГСХА им. П.А. Столыпина.

Экстенсивность инвазии рыб рыбхоза «Большеключищенский» составила 48% (ботриоцефалез) и 5% (кавиоз), а рыб аквакомплекса кафедры биологии 24% и 14% соответственно (табл. 1).

Результаты проведенных исследований показали, что дегельминтизация с использованием извести – высокоэффективное средство против ботриоцефалеза и кавиоза. Применение негашеной извести в качестве антгельминтного средства привело практически к полному освобождению популяции рыб от гельминтов (табл. 1).

Описанный метод дегельминтизации карповых рыб использовался нами в летний (июнь-июль) и осенний (август-сентябрь) периоды 2013 г. Благодаря проведенной дегельминтизации в рыбхозе удалось до минимума снизить зараженность рыб ботриоцефалезом и кавиозом. Каких-либо негативных изменений в общем состоянии рыб после лечения не отмечено.

Таблица 1 - Антгельминтная эффективность негашеной извести в борьбе с цестодолами рыб

Гельминтозы	Заражено рыб (n)		Обнаружено гельминтов (n)		ЭИ
	До лечения (%)	После лечения (%)	До лечения	После лечения	
Ботриоцефалез	96	3	121	3	48%
Кавиоз	10	-	12	-	5%
Ботриоцефалез	12	7	15	1	24%
Кавиоз	7	-	14	-	14%

Заключение. Апробированный нами метод лечения ботриоцефалеза и кавиоза в условиях прудового разведения рыб и в аквариумной культуре показал высокую эффективность и может быть рекомендован к расширенному использованию как в рыбоводных прудах так и при аквариумном разведении рыб.

Литература

- Голенева О.М. Влияние поллютантов на популяционные характеристики гирудофауны в Ульяновской области / О.М. Голенева, Е.М. Романова, Л.А. Шадыева // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. 2012. Т. 1. С. 172-175.
- Катков, А. Е. Эндозоологические проблемы организма при паразитарной экспансии / А. Е. Катков, Е. М. Романова, Л. Р. Дебердеева // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.–2007.–№ 2.–С. 6–12.
- Романова Е.М. Региональный экологический мониторинг биобезопасности среды в зоне Среднего Поволжья / Е.М. Романова, Т.А. Индирыкова, Г.М. Камалетдинова, В.В. Романов, О.А. Индирыкова, З.М. Губейдуллина // Коллективная монография - Ульяновск, 2006. - 158с.
- Рассади́на, Е.В. Выделение и исследование микрофлоры пищеварительного канала *HIRUDO MEDICINALIS* / Е. В. Рассадина, Е. М. Романова, А. В. Ионова, О. М. Климина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.–2007.–№ 1.–С. 59–61.
- Романова, Е. М. Паразитарные системы как индикатор состояния биоценоза / Е. М. Романова, Т. А. Индирыкова, Е. А. Матвеева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.–2009.–№ 2(9).–С. 79–81.
- Романова, Е. М. /Биоресурсы класса *HIRUDINEA* в зоне Среднего Поволжья: экологическая значимость и перспективы использования / Е. М. Романова, О. М. Климина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.–2010.–Т. 12.–№ 1-1.–С. 208–211.
- Романова, Е.М. Биотические взаимоотношения в паразитоценозах *RANA RIDIBUNDA* / Е. М. Романова, Т. А. Индирыкова, Е. А. Матвеева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.–2010.–№ 1.–С. 69–75.
- Романова, Е.М. Морфофизиологические адаптации *CARASSIUS AURATUS GIBELIO BLOCH.* в биоиндикации состояния пресноводных экосистем / Е.М. Романова, Е.В. Спирина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.–2010.–№2.–С. 31–36.
- Романова, Е.М. Направление развития научных исследований на кафедре биологии, ветеринарной генетики, паразитологии и экологии / Е.М. Романова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.–2008.–№ 2.–С. 82–86.
- Романова, Е. М. Перспективность использования моллюсков в биоиндикации загрязнения водных объектов / Е.М. Романова, О.А. Индирыкова, А.П. Куранова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета.–2008.–Т. 4.–№20-1. - С. 157-159.

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* L. В ЧЕРДЫНСКОМ РАЙОНЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Аннотация

В двух ценопопуляциях брусники обыкновенной Чердынского района Пермского края изучена семенная продуктивность. Определена всхожесть семян *in vitro*.

Ключевые слова: брусника обыкновенная, семенная продуктивность, всхожесть семян.

Danilova M.A.

PhD, Perm State University

SEED PRODUCTION OF *VACCINIUM VITIS-IDAEA* L. IN THE POPULATIONS OF CHERDYN AREA (PERM REGION)

Abstract

The article describes the seed production and seed germination of *Vaccinium vitis-idaea* L. from the Cherdyn area of Perm region.

Keywords: *Vaccinium vitis-idaea* L., seed production, seed germination.

Введение

Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) – одно из обычных растений Пермского края, часто она является доминантом травяно-кустарничкового яруса лесных сообществ. Это ценное ресурсное пищевое и лекарственное растение. Изучению разных аспектов популяционной биологии брусники в разных частях ареала посвящены многочисленные исследования. Особенно много работ посвящены экологии и морфологии *Vaccinium vitis-idaea* L. (Ritchie, 1958, Прокопьева, 2000). Но, несмотря на широкое распространение, особенности ее воспроизводства до сих пор в деталях не изучены. В одно время, авторами даже высказывались сомнения в том, что семенное воспроизводство играет важную роль в размножении брусники в природных популяциях, считая, что в естественных условиях она воспроизводится исключительно вегетативно (Синская, Щенкова, 1928). К настоящему времени достаточно подробно изучена семенная продуктивность *Vaccinium vitis-idaea* L. в природных популяциях (Прокопьева, 2006). Ведутся работы по введению этого вида в культуру, выведению сортов (Павловский, Рубан, 2000). Однако, простой перенос растений брусники из естественных условий произрастания в культуру не дает ожидаемых результатов, в первую очередь из-за низкой продуктивности (Антипова и др., 2008). Основным способом получения ягод брусники в России остается их сбор в дикорастущих популяциях. Для понимания роли брусники в фитоценозе и рационального использования ее ресурсов необходимы не только сведения о структуре и динамике ценопопуляций, но и данные по продуктивности.

Материалы и методы

В течение двух лет мы наблюдали две ценопопуляции брусники обыкновенной в Чердынском районе. Брусника обыкновенная – многолетнее растение, семенная продуктивность которого изменяется в зависимости от возраста. Определение онтогенетических состояний растений проводится на основании комплекса качественных морфологических признаков. Для определения онтогенетических состояний и маркирования растений выделялись парциальные кусты. Диагнозы возрастных состояний для брусники обыкновенной были приведены Л.В. Прокопьевой с соавторами (2000). Изучалась семенная продуктивность растений по общепринятой методике (Вайнагий, 1987) и определялась всхожесть семян *in vitro* по ГОСТу 13056.6 – 97 «Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести».

Результаты и обсуждение

В обеих ценопопуляциях были отмечены растения всех онтогенетических состояний. Проростки, ювенильные и сенильные растения не учитывались в подсчетах. Возрастные спектры изученных ценопопуляций были очень близки друг к другу. Ценопопуляция 1 содержала преимущественно молодые генеративные и средневозрастные генеративные особи, ценопопуляция 2 – молодые, средне-возрастные и старые генеративные особи.

Таблица 1 - Возрастной состав изученных ценопопуляций.

	Взрослые вегетативные, %	Молодые генеративные, %	Средне- возрастные, %	Старые генеративные, %	Субсенильные, %
Ценопопуляция 1, 2011 г.	5,9	42,1	31,3	13,7	7,0
Ценопопуляция 1, 2012 г.	5,8	36,0	30,2	21,0	7,0
Ценопопуляция 2, 2011 г.	13,5	28,0	19,3	36,7	2,5
Ценопопуляция 2, 2012 г.	11,3	21,0	40,3	21,0	6,4

Несмотря на некоторые отличия возрастного спектра, средний возраст парциальных кустов в ценопопуляции 1 и ценопопуляции 2 практически совпадает. Не обнаружено существенных отличий между показателями семенной продуктивности обеих ценопопуляций. Увеличение продуктивности обеих ценопопуляций в 2012 году может быть объяснено более благоприятными погодными условиями в течение вегетационного сезона.

Таблица 2 - Плодоцветение *Vaccinium vitis-idaea* L. в природных ценопопуляциях

Характеристика	Средний возраст парциальных кустов в годах		Число цветков на один парциальный куст		Число плодов на один парциальный куст		Коэффициент плодоцветения	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Ценопопуляция 1 (M±m)	2,6±0,23	2,9±0,05	36,9±0,62	59,2±1,08	29,3±0,65	51,5±0,10	0,82±0,25	0,76±0,12
Ценопопуляция 2 (M±m)	2,8±0,29	2,9±0,02	22,8±0,72	43,7±0,36	21,1±0,67	41,8±0,35	0,72±0,40	0,73±0,05

Таблица 3 - Семенная продуктивность *Vaccinium vitis-idaea* в природных популяциях

Ценопопул яции, год изучения.	Потенциальная семенная продуктивность, (шт. семян на 1 плод) M±m	Реальная семенная продуктивность, (шт. семян на 1 плод) M±m	K _{пр}
1, 2011 г.	7,87±1,73	2,51±2,09	0,30
2, 2011 г.	6,34±4,04	1,92±4,38	0,23
1, 2012 г.	6,93±1,64	4,79±1,71	0,64
2, 2012 г.	6,43±3,12	4,9±3,34	0,61

Всхожесть семян определялась *in vitro* после предварительной стратификации при температуре 4 градуса Цельсия в течение 4 месяцев. Всхожесть семян брусники высокая, коэффициент всхожести находится в пределах 0,73 – 0,79. Массовое прорастание семян приходится на 12-16 дни.

Таким образом, *Vaccinium vitis-idaea* L. в изученном районе обладает достаточно высокой семенной продуктивностью и производит большое количество всхожих семян, которые могут быть использованы для потенциального переноса в культуру. Но для определения соотношения вегетативного и семенного воспроизводства этого вида в естественных условиях произрастания требуются дополнительные исследования.

Литература

1. Антипова Т.В., Скриган Е.А., Филипеня В.Л., Павловский Н.Б., Решетников В.Н. RAPD-анализ интродуцированных в Беларуси сортов брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира: сб. докл. II Всерос. науч. практич. конф. (Волгоград, 19-21 авг., 2008 г.) – Волгоград, 2008 г. С. 255 – 259.
2. Павловский Н.Б., Рубан Н.Н. Сортовая брусника в Белорусском Полесье. – Минск: «Тэхналогія», 2000. 230 с.
3. Прокопьева Л.В., Жукова Л.А., Глотов Н.В. Онтогенез брусники обыкновенной *Vaccinium vitis-idaea* L. // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Т. 2. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т. 2000. – С. 39-46.
4. Прокопьева Л.В., Глотов Н.В. Урожайность ягод в ценопопуляциях брусники // Проблемы экологии и природопользования в бассейнах рек Республики Марий Эл и сопредельных регионов: сб. матер. межрег. науч. практич. конф. (Йошкар-Ола, 2006 г.) – Йошкар-Ола, 2006 г. – С. 119-122.
5. Синская Е.Н., Щенкова М.С. К вопросу о полиморфизме некоторых видов *Vaccinium* // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1928. Т. 18. Вып. 4. – С. 185-222.
6. Ritchie J.C. *Vaccinium vitis-idaea* L. // J. Ecol. – 1955. Vol. 43. №2. – P. 701-708.

Романова Е.М.¹, Игнаткин Д.С.², Видеркер М.А.³, Мухитова М.Э.⁴, Маланина В.С.⁵

¹Доктор биологических наук, профессор; ²кандидат биологических наук; ³кандидат биологических наук; ⁴кандидат биологических наук; ⁵студент, Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А.Столыпина

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРИРУЮЩИХ СПОСОБНОСТЕЙ КОМПОСТНЫХ ЧЕРВЕЙ ВИДОВ *EISENIA FETIDA* (SAVIGNY, 1826) И *EISENIA HORTENSIS* (MICHAELSEN, 1889) (OLIGOCHAETA, LUMBRICIDAE)

Аннотация

Исследована структура вермикомпоста, полученного с использованием дождевых червей *Eisenia fetida* и *Eisenia hortensis*. Установлено, что снижение плотности популяции вермикультуры до оптимальных значений оказывает позитивное влияние на гранулометрический состав биогазуса. Результаты исследований имеют практическую значимость и могут быть использованы при переработке органических отходов в биогазус.

Ключевые слова: биоконверсия, вермикультура, дождевые черви, *Eisenia fetida*, *Eisenia hortensis*, гранулометрический состав, компост.

Romanova E.M.¹, Ignatkin D.S.², Viderker M.A.³, Muhitova M.E.⁴, Malanina V.S.⁵

¹Doctor of Biological Sciences, Professor, ²Candidate of Biological Sciences, ³Candidate of Biological Sciences, ⁴Candidate of Biological Sciences, ⁵Student, Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P. A. Stolypin

COMPARATIVE STUDY SKILLS STRUCTURING COMPOST WORMS SPECIES *EISENIA FETIDA* (SAVIGNY, 1826) AND *EISENIA HORTENSIS* (MICHAELSEN, 1889) (OLIGOCHAETA, LUMBRICIDAE)

Abstract

Investigated the structure of vermicompost produced using earthworm *Eisenia fetida* and *Eisenia hortensis*. Found that decreasing population density vermiculture to optimal values has a positive effect on the size distribution of vermicompost. Research results are of practical importance and can be used in the processing of organic waste into vermicompost.

Keywords: bioconversion, vermiculture, earthworms, *Eisenia fetida*, *Eisenia hortensis*, particle size distribution, compost.

Для биотрансформации органических отходов во всем мире используют вермикультуру дождевых червей. Органика, проходя через их кишечник, подвергается деструкции под действием кишечной микрофлоры [1, 2], трансформируется, структурируется [3], обогащается гуминовыми кислотами, превращаясь в вермикомпост – высокоценное органическое удобрение.

Широкое распространение в технологиях вермикомпостирования получили окультуренные формы червей вида *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) [4]. Другие представители используются для биотрансформации органических отходов реже, например – *Eisenia hortensis* (Michaelsen, 1889). В природных условиях – это влаголюбивый вид.

Цель работы исследовать влияние плотности вермипопуляции на качественные показатели вермикомпостов *E. fetida* и *E. hortensis*.

В задачи исследования входила оценка структурирующих способностей вермикультур: *E. fetida* (средневожжских), *E. hortensis* и *E. fetida* (прибалтийских), а также оценка качественных показателей вермикомпоста, полученного при разных плотностях популяции.

Материал и методы. Использовали вермикультуру прибалтийских компостных червей *E. fetida* и *E. hortensis* и средневожжских *E. fetida*. Субстрат включал ферментированный навоз крупного рогатого скота и березовый лиственный опад в соотношении 1:4 с небольшими добавками почвы. Вермикультивирование проводили при температуре 22-25 °С, влажность субстрата составляла 75%, pH – 7,2.

Плотность заселения субстрата варьировала от 4 до 40 особей на 1 кг [5]. Биотрансформацию субстрата проводили в трехлитровых контейнерах в пяти повторностях, опыт длился 16 недель. Гранулометрический состав вермикомпоста определяли ситовым методом, результаты выражали в процентах по отношению к весу воздушно-сухой пробы вермикомпоста [6].

Результаты и их обсуждение. Гранулометрический состав вермикомпоста является важным показателем в оценке его качества. Наиболее ценной для растений является фракция компоста, содержащая копролиты люмбрицид, размерами от 1 до 2,5 мм.

Полученные нами вермикомпосты были хорошо трансформированы и различались гранулометрическим составом в зависимости от вида вермикультуры и первоначальной плотности популяции. Во всех продуктах компостирования, при плотности 40 особей на кг, содержание собственно вермикомпоста варьировало от 93 до 96%. В общей массе вермикомпоста двух разновидностей *E. fetida* преобладали фракции размерностью 5-7 мм (28±2,4%), 7-10 мм (24±2,7%), и меньше 2,5 мм (23,4±2,5%) (рис. 1.).

В вермикомпостах *E. fetida* прибалтийская по сравнению с другими вермикомпостами преобладала фракция 2,5-5 мм (34,2±4,1%) (P<0,05). А доля фракции копролитов меньше 2,5 мм составляла 18,8±3,5%. В вермикомпосте *E. hortensis*, как и у *E. fetida* средневожжская преобладали фракции 5-7 мм и менее 2,5 мм, доля которых составила 23,5±1,4% и 22,7±1,5% соответственно.

В вермикомпостах, полученных при плотности 4 особи на кг, содержание собственно вермикомпоста варьировало от 92 до 96%. При пониженной плотности популяции *E. fetida* содержание фракции размерностью 2,5-5 мм в вермикомпосте было в 2 раза

больше, чем фракции копролитов менее 2,5 мм, и составило 16,1±3,4% и 8,1±3,9% соответственно. При этом структура вермикомпоста отличалась повышенным содержанием более крупных фракций 5-7 мм и 7-10 мм (по 29±2,9%) (рис. 2.).

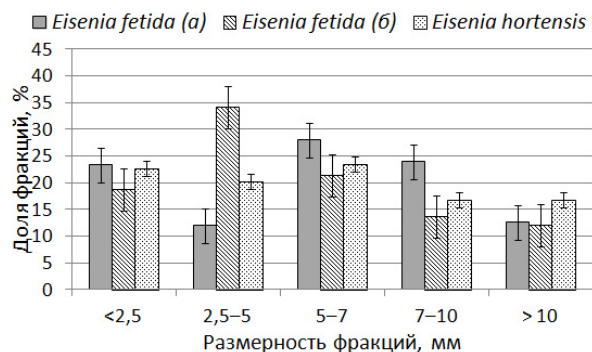


Рис. 1. Гранулометрический состав вермикомпостов при плотности 40:

- а) *E. fetida* средневожская,
б) *E. fetida* прибалтийская,
в) *E. hortensis*.

В вермикомпостах прибалтийских культур *E. fetida* и *E. hortensis* при плотности популяции $n=4$ содержание наиболее ценной фракции копролитов менее 2,5 мм достоверно превышало массу фракции 2,5-5 мм в 1,8 раза и 2,9 раза соответственно ($P<0,05$). В их вермикомпосте содержание наиболее ценной фракции было в 5 раз выше, чем у средневожской вермиккультуры.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют, что прибалтийские культуры *E. fetida* и *E. hortensis* обладают высокими структурирующими способностями при низкой плотности популяции.

Литература

1. Романова, Е. М. Исследование симбионтной микробиоты представителей вида LUMBRICUS TERRESTRIS (LINNAEUS, 1758) и оценка перспектив использования их в качестве вермиккультуры для биодеструкции органических отходов сельскохозяйственного производства / Е. М. Романова, Д. С. Игнаткин, М. Э. Мухитова, В. В. Романов, Т. М. Шленкина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3 (23). – С. 61–68.
2. Романова, Е. М. Общие и отличительные черты микробиоценоза промышленной вермиккультуры EISENIA FETIDA ANDREI (BOUCHE, 1972) и ее природного аналога EISENIA FETIDA (SAVIGNY, 1826) / Е. М. Романова, М. Э. Мухитова, Е. В. Титова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 4 (16). – С. 64–70.
3. Романова Е. М. Оценка структурирующих способностей лумбрицид Средневожского региона / Е. М. Романова, М. Э. Мухитова, Д. С. Игнаткин // Ветеринарная медицина XXI века: инновации, опыт, проблемы и пути их решения: Материалы Международной научно-практической конференции, Том 1. – Ульяновск, 2011. – С. 229-232.
4. Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России: Кадастр и определитель / Т.С. Всеволодова-Перель. – М.: Наука, 1997. – 102 с.
5. Романова, Е. М. Оптимизация плотности популяции вермиккультуры в условиях пониженных температур / Е. М. Романова, Д. С. Игнаткин, М. Э. Мухитова, Т. Г. Баева, Д. А. Удод, А. К. Сибгатуллова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 2 (22). – С. 35–39.
6. ГОСТ 12536-79. «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава».

Опарина О.Н.¹, Кочеткова Е.Ф.²

¹Доцент, доктор биологических наук; ²доцент, кандидат биологических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»

ВЛИЯНИЕ СТРЕССОВЫХ СОСТОЯНИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СПОРТСМЕНА В УСЛОВИЯХ СОРЕВНОВАНИЙ

Аннотация

В статье показано, что соревнования вызывают в организме спортсмена большие функциональные перестройки, которые связаны с активизацией работы регуляторных систем организма. Значительное влияние оказывает симпатoadреномедуллярная система, которая играет ведущую роль в развитии стрессовых состояний при непосредственном выполнении спортивной деятельности.

Ключевые слова: стрессовые состояния, соревнования, кортизол, симпатoadреномедуллярная система

Опарина О.Н.¹, Кочеткова Е.Ф.²

¹Associate Professor, Dr. Sc. (Biol.); ²Associate Professor, Cand. Sc. (Biol.) Federal State Government-financed Establishment "Penza State University"

EFFECTS OF COMPETITIVE STRESS ON AN ATHLETE'S PERFORMANCE

Abstract

The study has shown that sporting competitions tend to cause considerable functional changes in an athlete's body which are associated with activation of a body's regulatory mechanisms. Sympathoadrenal medullary system appears to be of a significant importance and to play a crucial role in producing stress responses to the sporting activities performed.

Keywords: stress responses, competitions, cortisol, sympathoadrenal medullary system

В условиях соревнований стрессовые реакции могут развиваться до, в процессе и после их окончания.

Предсоревновательное состояние начинает развиваться за много часов, дней, а иногда и недель до начала старта. Оно выражается определенными вегетативными и соматическими реакциями. Ранние предстартовые изменения нарушают общий суточный ритм организма, снижают мобилизационную готовность спортсменов и, тем самым, ухудшают спортивную работоспособность. Для организма невыгодно и неэкономно резко усиливать работу своих функциональных ресурсов задолго до старта. Однако это не означает, что организм заранее не подготавливает себя к предстоящим стрессовым ситуациям.

При ожидании какого-либо события, имеющего важное информационное значение, у человека развивается "стресс ожидания" [1]. Если ранние предсоревновательные изменения, особенно вегетативного порядка, свидетельствуют о несвоевременной растрате функциональных ресурсов и являются для организма невыгодными, то ранние функциональные изменения весьма существенны для совершенствования процессов адаптации и защиты по отношению к ожидаемому эмоционально-значимому событию. Они

лежат в основе последующей готовности организма спортсмена к соревнованию и предвещают развитие значительных вегетативных изменений, выражающих неадекватное восприятие им соревновательной ситуации [2].

Более подробно изучены собственно предстартовые и стартовые состояния. В ближайшем предстартовом периоде исследователи отмечают усиление частоты сердечных сокращений и дыхания, повышение артериального давления и газообмена, увеличение содержания количества эритроцитов, гемоглобина и глюкозы периферической крови [3]. По мнению К.М.Смирнова, предстартовое состояние чаще оказывается оптимальным по силе и эффекту перед выполнением длительных и хорошо автоматизированных видов упражнений. При выполнении упражнений, в которых успех зависит в большей степени от высокой координации движений, предстартовое возбуждение чаще оказывается сверхсильным раздражителем и ухудшает результат. Быстрее всего ухудшается работоспособность у лиц с признаками "слабого" типа нервной системы [4].

В условиях стартового состояния физиологические сдвиги вегетативных функций еще более усиливаются. Часто непосредственно перед стартом у некоторых спортсменов наблюдали нарушение ритма сердечной деятельности в виде аритмии. Возможно, эти изменения отражают острые психические переживания спортсменов, способствующие развитию эмоционального стресса, при котором активизируются не только симпатические, но и парасимпатические центры вегетативной нервной системы [5].

Участие в соревнованиях связано с мощной мобилизацией наиболее существенных для достижения конечной спортивной задачи физиологических резервов организма. Особенно большая нагрузка приходится на деятельность нервной, сердечнососудистой, терморегуляторной систем. Значительно активизируется гормональная деятельность, отмечается повышение уровня кортикостероидов в крови, активизируется обмен веществ [6].

Одним из важных показателей является частота сердечных сокращений. По этому показателю многие авторы судят о пульсовой стоимости работы [7]. При усилении работы сердца во время физических нагрузок потребление кислорода миокардом усиливается. Это усиление обусловлено активностью симпатoadреномедуллярной системы. Симпатoadреномедуллярная система – важнейшая регуляторная система, принимающая участие в организации эмоционального стресса соревновательного характера и обуславливающая работоспособность спортсменов. По мере длительной адаптации организма к частым эмоциональным напряжениям, в миокарде сердца происходит усиленный синтез белка и увеличение размеров симпатических нейронов, что приводит к усилению секреции норадреналина [1]. Усиленное образование норадреналина под воздействием эмоциональных стрессов удлиняет диастолу сердца. При напряженной физической работе, происходящей при минимуме эмоций, симпатические влияния на сердце несколько снижаются, что, не влияя на тахикардию, ведет к укорочению диастолы. Питание миокарда при этом затрудняется, и пульсовая стоимость работы увеличивается. В условиях тахикардии, вызванной эмоциями соревновательного характера, удлинение диастолы ведет к усиленному снабжению миокарда кислородом, что вызывает удешевление пульсовой стоимости работы. В работах О.Н. Опарина также показано влияние симпатoadреналовой системы на механизмы адаптации организма к выполнению физической нагрузки [8]. Автор сравнила содержание кортизола в плазме крови спортсменов-перворазрядников, кандидатов в мастера спорта и мастеров спорта до и после выполнения физической нагрузки. Результаты исследований показали наличие психоэмоционального стресса, о чем свидетельствует значительный (и различный в группах) прирост концентрации кортизола непосредственно перед началом эксперимента [8, 9].

Для управления предстартовыми и стартовыми состояниями спортсмена обычно применяют психотерапию, психопрофилактику с помощью внушения, гипноза, назначения плацебо, аутогенную тренировку.

Таким образом, соревнования вызывают в организме спортсмена большие функциональные перестройки. Они связаны с активизацией работы регуляторных систем организма. Значительное влияние имеет симпатoadреномедуллярная система, которая играет ведущую роль в развитии стрессовых состояний при непосредственном выполнении спортивной деятельности.

Литература

1. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика. – М.: Наука. – 1981.
2. Разумов С.А. Эмоциональный стресс, работоспособность и здоровье. – Л.: Знание. – 1975.
3. Геселевич В.А. Предстартовое состояние спортсменов. – М.: ФиС. – 1969.
4. Смирнов К.М. Физиология эмоций и физические упражнения // Актуальные вопросы физиологии спорта: Сборник научных трудов. – Л. – 1970.
5. Судаков К.В. Системные механизмы эмоционального стресса. – М.: Медицина. – 1981.
6. Разумов С.А. Эмоционально-стрессовые реакции в условиях нормы // Эмоциональный стресс в условиях нормы и патологии человека: Сборник научных трудов. – Л. – 1976.
7. Кассиль Г.Н., Вайсфельд И.Л., Матлина Э.И., Штрейбберг Г.Л. Гуморально-гормональные механизмы регуляции функций при спортивной деятельности. – М.: Наука. – 1978.
8. Опарина О.Н. Дизадаптация при физических нагрузках // Современные проблемы и перспективы развития физической культуры, спорта, туризма и социально-культурного сервиса: Материалы I Всерос. научн.-практ. конф. (Набережные Челны, 2013 г.) – Набережные Челны: НФ Поволжской ГАФКСиТ, 2013. – Т.2. – С. 95-97.
9. Опарина О.Н. Эндотоксин кишечной микрофлоры и адаптация к физическим нагрузкам. – Пенза: ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2004. – 99 с.

Опарина О.Н.¹, Кочеткова Е.Ф.²

¹Доцент, доктор биологических наук; ²доцент, кандидат биологических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Пензенский государственный университет»

«ЦЕНА» АДАПТАЦИИ К МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ

Аннотация

В статье показано, что за систематические чрезмерные физические нагрузки, а затем за их прекращение организм спортсменов платит определенную биологическую цену – «цена» адаптации. Наиболее рациональный путь к предупреждению адаптационных нарушений состоит в правильно построенном режиме тренировок и отдыха, питании, закаливании, повышении устойчивости к стрессовым воздействиям, гармоничном физическом и психическом развитии личности спортсмена.

Ключевые слова: стрессовые воздействия, физическая нагрузка, «цена» адаптации

Опарина О.Н.¹, Kochetkova E.F.²

¹Associate Professor, Dr. Sc. (Biol.); ²Associate Professor, Cand. Sc. (Biol.) Federal State Government-financed Establishment "Penza State University"

THE "COST" OF ADAPTATION TO MUSCLE loading

Abstract

In the study suggestion is made that an athlete's body has to "pay" a certain biological price for regular alternating physical overloading and further unloading – that is, to cover the "cost" of adaptation. The most efficient solution offered to prevent the adaptive disorders includes a correct training and rest schedule, ultimate nutrition, conditioning, improvement of tolerance to stressors, and an athlete's all-round physique and psychological development.

Keywords: stressors, physical loading, “cost” of adaptation

статья изъята

ИНТРОДУКЦИЯ ВИДОВ РОДА *HERACLEUM* L. И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ КОЛЛЕКЦИОННОГО ФОНДА БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА

Аннотация

В настоящей работе представлено обобщение данных по эколого-биологическим особенностям и изучению роли видов рода *Heracleum* L., как составной части растительности ботанического сада Воронежского госуниверситета.

Ключевые слова: коллекционный фонд; интродукция видов рода борщевик (*Heracleum* L.), ее последствия.

Safonova O.N.¹, Voronina V.S.²¹Leading is biologist; ²laboratory assistant, the botanical garden of Voronezh State UniversityINTRODUCTION OF SPECIES OF THE GENUS *HERACLEUM* L. AND ITS CONSEQUENCE FOR THE COLLECTION FUND FOR THE BOTANICAL GARDEN OF VORONEZH STATE UNIVERSITY

Abstract

Is in the present work it has been represented the generalization of data on the ecological- biological special features and the study of the role of species of the genus *Heracleum* L. as the component part of the vegetation of the botanical garden of Voronezh State University.

Keywords: collection fund; the introduction of species of the genus cow parsnip (*Heracleum* L.), its consequence.

Интродукция видов рода *Heracleum* L. активно проводилась в 70-е годы с целью улучшения кормовой базы [1, 2, 3]. Однако перенос растений иногда осуществлялся без соответствующих мер последующего контроля. В результате проявились различные негативные последствия, в том числе и для человека.

Уже в первые годы интродукции борщевиков отмечалось интенсивное распространение их в пределах экспериментального участка. Специальных мер по ограничению распространения *Heracleum* L. после закрытия интродукционной тематики принято не было, в результате растения этого рода заселили значительную территорию ботанического сада.

Цель настоящей работы - обобщение данных по эколого-биологическим особенностям и изучение роли борщевиков как составной части растительности ботанического сада.

ОБСУЖДЕНИЕ результатов исследования.

В условиях ботанического сада изучали шесть видов борщевика: борщевик Лемана (*Heracleum lehmannianum* Bunge), борщевик Мантегацци (*Heracleum mantegazzianum* Somm. & Levier.), борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.), борщевик Стевена (*Heracleum stevenii* Manden.), борщевик шероховато-окаймленный (*Heracleum trachyloma* Fisch. et Mey), борщевик Вильгельмса (*Heracleum wilhelmii* Fisch. & Ave-Lall.). Посев семян провели под зиму с расстоянием между рядками 70 см. Всходы появились в конце марта. В первый год жизни образовалась корневая розетка. На второй год жизни отрастание у всех видов началось дружно в начале апреля. Бутонизация наблюдалась в мае (у борщевика Мантегацци – 21.05; у борщевика Сосновского – 31.05). Начало цветения отмечалось в конце мая (у борщевика Вильгельмса – 29.05), начале июня (у борщевика Сосновского – 11.06), полное цветение – в конце первой, начале второй декады июня.

Массовое созревание семян происходило в первой декаде августа. В фазе цветения наибольшей высоты достигли растения борщевика Мантегацци (200,1 см), борщевика Вильгельмса (165,3 см), более низкорослым оказался борщевик Стевена (110,9 см).

В результате проведения биохимического анализа вегетативной массы содержание абсолютно сухого вещества составило 92-93,5%, золы – 10,01% (борщевик шероховато-окаймленный) и 14,54% (борщевик Мантегацци), протеина от 16,19% (борщевик Сосновского) до 23,51% (борщевик Вильгельмса), белка - от 14,51% до 20,37% у тех же видов, жира - от 3,56% (борщевик шероховато-окаймленный) до 6,15% (борщевик Вильгельмса), клетчатки - от 14,6% до 20,2%. Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) составили 34,24% (борщевик Вильгельмса) и 41,99% (борщевик Сосновского).

Проведенные исследования позволили сделать заключение, что борщевики являются хорошими силосными растениями [4].

Наиболее ценный из них в этом отношении борщевик Сосновского – многолетник кавказской флоры, способен произрастать на одном месте до 10 лет. Начиная со второго года жизни, его отрастание наблюдалось вскоре после схода снега. Он быстро формировал урожай и подавлял почти все виды сорняков. Поэтому уход за посевами был довольно прост и заключался в обработке междурядий с одновременным внесением удобрений рано весной и после каждого укоса [5, 6]. Для получения максимального урожая зеленой массы и наибольшего содержания питательных веществ в ней первый укос проводили в июне (конец фазы бутонизации – начало массового цветения растений), второй – в сентябре, т.е. за месяц до наступления устойчивых заморозков. При благоприятных условиях – ранней весне и теплом лете, можно было делать три укоса за сезон.

В первый год пользования урожай зеленой массы борщевика составил 150-200 центнеров с гектара, во второй и последующие – за 2 укоса 1000- 1500 центнеров.

Высокое содержание растворимых углеводов и крахмала позволяло использовать борщевик Сосновского как типично силосное растение. Его силосная масса хорошо поедалась животными как в сыром виде, так и после подвяливания срезанных растений [2].

В настоящее время в составе сформировавшихся сообществ борщевиков в ботаническом саду присутствует весь спектр возрастных групп. Общая численность каждой определяется наличием большого резерва особей предыдущей, более молодой группы. При этом, чем младше конкретная группа, тем многочисленней этот резерв. Такое соотношение в избытке обеспечивает постоянное воспроизводство взрослых особей на смену отмирающим после плодоношения.

После скашивания генеративные части побегов бывают выражены слабо, вегетативные части становятся менее плотными, резко снижаются благоприятные условия для развития всходов – почва оголяется, усиливается ее прогревание, уменьшается влажность, а в дальнейшем по мере отрастания вегетативной массы увеличивается общая затененность участка.

Также наблюдаются изменения и в характере роста борщевиков. Однократное скашивание приводит только к незначительному снижению средней высоты вновь образующихся генеративных побегов. Максимально снижает рост 3-х кратное скашивание. Высота травостоя при этом снижается почти в два раза. Формируются только единичные генеративные побеги, семена на которых чаще всего не успевают полностью сформироваться и созреть. Однако после прекращения скашивания зарослей борщевиков число генеративных побегов, их размеры и общая семенная продуктивность сообществ в течение 1-2 лет полностью восстанавливаются до первоначальных характеристик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Полное уничтожение борщевиков в ботаническом саду в настоящее время, наверное, невозможно. В то же время при значительной агрессивности они пока не представляют явной опасности, так как слабо внедряются в природные сообщества из-за значительной конкуренции со стороны местных, особенно высокотравных видов [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. В то же время, если интенсивность неконтролируемого расселения борщевиков сохранится, то на отдельных территориях разнотравная луговая растительность может быть замещена сначала локальными, а затем и сплошными сообществами этих видов.

Литература

1. Результаты первичного изучения борщевиков в ботаническом саду ВГУ / Е.А. Николаев, О.Н. Сафонова // Богатства флоры – народному хозяйству: Сборник научных трудов – Москва, 1979. - С. 93-95.
2. Сацыперова И.Ф. Борщевики флоры СССР – новые кормовые растения / И.Ф. Сацыперова // - Л., Наука. 1984. - 223 с.

3. Николаев Е.А., Сафонова О.Н. Борщевик Сосновского - ценная культура // научно-производственный журнал Министерства сельского хозяйства РСФСР для Северного Кавказа и Центрального Черноземья, Краснодар: «Советская Кубань». - 1985. - С. 41.
4. Возможности интродукции и культивирования борщевиков / О.Н. Сафонова, Е.А. Николаев // Итоги интродукции древесных, кустарниковых и травянистых растений: Сборник научных трудов - Краснодар, 2000. - С. 52-53.
5. Воронин А.А., Протасова Н.А., Беспалова Н.С. Динамика ферментативной активности чернозема обыкновенного в условиях полевого стационарного опыта федерального полигона "Каменная степь" // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. Воронеж, 2006. № 2. С. 122-127.
6. Воронин А.А. Влияние фосфогипса и минеральных удобрений на основные показатели плодородия и ферментативную активность чернозема обыкновенного Каменной степи Воронеж А.А. диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева. Воронеж, 2007. - 185 с.
7. Смирнов А.А. Последствия интродукции *Heracleum sosnowskyi* (Apiaceae) на Сахалине / А.А. Смирнов, И.Г. Корнева // Журнал «Растительные ресурсы». - 2010. - № 2. - С. 18-23.
8. Борщевик – последствия интродукции / О.Н. Сафонова, А.А. Воронин // Современные проблемы интродукции и сохранения биоразнообразия растений: Материалы 2-ой международной научной конференции. - Воронеж, 2012. - С. 257-260.
9. Изучение инвазий борщевика сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в центрах интродукции на примере ботанического сада Воронежского университета / Лепешкина Л.А., Серикова В.И., Моисеева Е.В., Сафонова О.Н., Кузнецов Б.И. / Сборник научных трудов Sworld. 2013. Т. 44. № 3. С. 32-38.
10. Лепешкина Л.А., Воронин А.А., Муковнина З.П., Серикова В.И. Рекреационный мониторинг экосистем ботанического сада Воронежского госуниверситета // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. - 2012. - Т. 35. - № 3. - С. 3-6.
11. Ландшафтно-экологическая оценка рекреационного потенциала ландшафтов ботанического сада Воронежского государственного университета / Воронин А.А., Лепешкина Л.А., Кузнецов Б.И., Николаев Е.А., Серикова В.И., Воронина В.С. // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. - 2013. - № 7-1. - С. 132-134.
12. Оптимизация методики отбора перспективных интродуцентов в условиях Центрального Черноземья Баранова Т.В., Моисеева Е.В., Воронин А.А. // Фундаментальные исследования. 2012. № 3-2. С. 237-240.
13. Методический подход к выделению устойчивых к антропогенному загрязнению растений для использования их в селекции / О.Н. Сафонова, В.С. Воронина // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. 2013. № 11-1 (18). С. 57-58.
14. Ботанический сад Воронежского государственного университета – центр сохранения биологического разнообразия мировой флоры / Т.А. Девятова, В.Н. Калаев, А.А. Воронин, О.Н. Сафонова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. Воронеж, 2011. № 1. С. 194-197.

Серкова В.В.¹, Никольская К.А.²

¹Научный сотрудник, аспирант, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; ²доктор биологических наук, доцент, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

УЧАСТИЕ ГИППОКАМПА В ГОРМОНАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПИЩЕВОЙ АКТИВНОСТИ

Аннотация

В работе изучено влияние повреждения гиппокампа на содержание грелина и лептина в крови в зависимости от функционального состояния пищевой активности у мышей линии F1 от DBA/2J и C57BL/6J. Повреждение дорсального гиппокампа привело к резкому увеличению содержания гормонов в крови на сытом фоне, уменьшив коэффициент соотношения лептин/грелин за счет повышенного вдвое содержания грелина. При этом операция не затронула динамику ответа гормонов при изменении пищевой активности от сытого состояния к голодному и к пищедобывательной мотивации. Полученные результаты свидетельствуют о том, что гиппокамп определяет уровень проявления гормонального фона независимо от силы метаболических сигналов о состоянии пищевого центра.

Ключевые слова: грелин, лептин, гиппокамп, сытость, голод, обучение, мыши.

Serkova V.V.¹, Nikolskaya K.A.²

¹Ph.D - student of Moscow State University M.V. Lomonosov; ²doctor of Biology, Moscow State University M.V. Lomonosov

PARTICIPATION OF THE HIPPOCAMPUS IN THE HORMONAL REGULATION OF FEEDING ACTIVITY

The article considers the effect of hippocampal damage on the content of ghrelin and leptin in blood depending on the functional state of the food activity in F1 mice from DBA/2J and C57BL/6J. Damage of the dorsal hippocampus increased the hormone levels and reduced the leptin/ghrelin relation by the increasing of ghrelin content. Surgery not affected on the dynamics of the hormone response in three physiological states: satiation state – food-deprivation – food-getting motivation. The results suggest that the hippocampus determines the level of manifestation of hormonal levels independently of the intensity of metabolic signals on the state of food center.

Keywords: ghrelin, leptin, hippocampus, satiety, hunger, learning, mice.

Ожирение – главная проблема здравоохранения, связанная со значительным осложненным течением и летальностью от ишемической болезни сердца и диабета второго типа. В последние десятилетия наблюдается мощный толчок в изучении центральных механизмов регуляции энергетического баланса [1]. Это регулирование зависит от баланса между введением энергии в форме пищи и расходом энергии. Появилось немало интересных взглядов на механизмы, с помощью которых мозг регулирует функцию обмена веществ, склонности к определенному виду пищи в ответ на метаболические сигналы, такие как пептидные гормоны – грелин и лептин [2]. По мнению многих исследователей важная роль этих гормонов заключается в способности индуцировать сложные внутриклеточные изменения в цитоплазме и ядре как в ЦНС, так и других тканях организма [3]. Имеются многочисленные данные о том, что грелин может рассматриваться как инициатор потребления пищи, а лептин как среднесрочный модулятор сигнала насыщения [4]. В последнее время высказываются представления о том, что ведущую роль в регуляции гормонального ответа принадлежит различным структурам лимбической системы мозга, среди которых важная роль отводится гиппокамп [5].

Представляло интерес выяснить роль дорсального гиппокампа (НРС) в гормональной регуляции основных пищевых гормонов грелина и лептина при таких функциональных состояниях как сытость, голод и пищедобывательная мотивация.

Материал и методики исследования.

Эксперименты выполнены на 60 мышах-самцах линии F1 от DBA/2J и C57BL/6J, масса тела 22–24 г (питомник ПАМТН), которых содержали по 10 особей в отдельных клетках. Было сформировано 6 групп: 1 – интактные животные (контроль, К); 2 – мыши, подверженные пищевой депривации в течение 24 ч, Г); 3 – животные, которым предлагалось в условиях свободного выбора решить сложную проблемную пищедобывательную ситуацию в многоальтернативном лабиринте (Об-К) на фоне пищевой депривации, 4 – 6 группы соответственно – НРС-К, НРС-Г и НРС-Об. Гиппокампэктомия (НРС) производилась методом электролитического билатерального разрушения дорсального гиппокампа током 2 мА в течение 12 с, которое производили стереотаксически под хлоралгидратным наркозом (350 мг/кг, внутривенно) через никромовые электроды (0.3 мм); координаты

определяли по атласу мозга мыши AP (mm): -2,3, LR: - 1,75; Н: 2,25 [6]. Эксперименты начинали через 2 нед после операции, длительность эксперимента 15 сут. Мышей выводили из эксперимента передозировкой диэтилового эфира сразу после окончания обучения. Все экспериментальные процедуры проводили в соответствии с регламентом декларации ЕС от 2010 года об использовании лабораторных животных.

В качестве информационной нагрузки мышам в условиях свободного выбора предлагалось сформировать целенаправленное 4-звенное пищедобывательное поведение в циклической форме в многоальтернативном лабиринте, структура которого описана в ряде публикаций [7]. Отличительная особенность используемой поведенческой модели состояла в том, что для многократного получения подкрепления (кусочков сыра) в пределах одного опыта животные должны были самопроизвольно покинуть лабиринтную среду после изъятия пищи в 2-х из четырех имеющихся в лабиринте кормушек, выйти в непищевую область и вновь зайти в лабиринт. Только в этом случае животные повторно получали подкрепление в тех же кормушках. Межопытный интервал соответствовал 24 ч, уровень пищевой депривации – 24 ч. Длительность опыта составляла 10 мин.

При проведении обучения регистрировали следующие параметры мотивационной активности: число проб (заходов в лабиринт), двигательную активность в виде общего числа пройденных отсеков за опыт, число подкреплений. Кроме того в процессе обучения регистрировали 17 психо-эмоциональных реакций, которые по степени выраженности двигательной активности и психо-эмоциональному напряжению были объединены в различные классы проявлений: ориентировочные (нюхание, стойки), ориентационные (остановки, колебания в развилках), груминг (умывание, чесание); двигательная заторможенность (сидение, лежание), пассивное избегание (замирание, скуление); смещенные (лизание, грызение предметов); стрессовые реакции (чихание, отряхивание); невротические (тики, прыжки, чесотка – навязчивое чесание). Расчет осуществляли с помощью частотного анализа появления различных реакций в поведении с учетом весовых коэффициентов, которые предварительно были вычислены на основе большого массива данных по формуле $K_i = 1/P_i$, где P_i - вероятность возникновения реакции.

Для оценки активности гормонов в крови сразу после окончания обучения мышей выводили из эксперимента передозировкой диэтилового эфира. Анализ содержания гормонов производили на базе ФГБУ «НИИ морфологии человека» РАМН (М.В. Кондашевской, В.А. Мхитаровым и М.Е. Диатроповым), используя микроплашетный иммуноферментный анализатор (ИФА) «ANTHOS 2010» (Австрия), определяли уровень грелина и лептина «Cusabio biotech. co., LTD» (Китай).

Видеозапись поведения в лабиринте на основе экспертной оценки преобразовывалась в текст, который подвергался анализу с помощью оригинального программного обеспечения: программы Labyrinth-2 (Никольская и др.) и Wood (Бережной Д.С.). Статистическая обработка данных выполнена в программе Microsoft Excel 2003 и Matlab (R2007a) с использованием t-критерия Стьюдента. В случае распределения, отличного от нормального, использовали непараметрический критерий U Манна–Уитни для сравнения несвязанных совокупностей.

Результаты исследования

Особенности формирования пищедобывательной мотивации. Животные контрольной группы смогли сформировать пищедобывательное поведение и справились с предложенной задачей, в среднем, за 9-10 опытов (77.9 ± 8.4 пробы, $M \pm \square$). На фоне высокой двигательной активности (775.0 ± 85.7 отсеков за опыт), животные овладевали пространством в пределах первого опыта (5.1 ± 0.7 проб). Процесс распознавания структуры задачи завершался к 7 – 9-му опытам, после чего начинался этап формирования навыка – выделение алгоритма пищедобывательного поведения за счет угашения нерациональных и ошибочных вариантов выполнения задачи. Особенность этапа стабилизации состояла в том, что при наличии высокой мотивационной активности ($N_{пр} = 17.9 \pm 2.1$) мыши могли удерживать минимизированное выполнения задачи не более 5.1 ± 0.9 раз подряд, периодически переходя на более примитивные в когнитивном отношении варианты решения. Аналитико-синтетический процесс контрольных животных сопровождался проявлением активных психо-эмоциональных реакций (табл.1).

Таблица. Вклад различных классов реакций в общий рисунок психо-эмоциональных проявлений при повреждении дорсального гиппокампа у мышей линии F1 (DBA/2J и C57BL/6J).¹

Класс		начало	стереотипия
Ориентировочные	Контроль НРС	0.17 ± 0.02	0.13 ± 0.02
		0.21 ± 0.03	$0.26 \pm 0.03^{**}$
Ориентационные	Контроль НРС	0.19 ± 0.02	0.15 ± 0.02
		0.22 ± 0.03	$0.31 \pm .04^{**}$
Груминг	Контроль НРС	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01
		0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
Двигательная заторможенность	Контроль НРС	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
		0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Пассивное избегание	Контроль НРС	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
		0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Смещённые реакции	Контроль НРС	0.44 ± 0.06	0.47 ± 0.06
		0.42 ± 0.06	$0.22 \pm 0.03^{**}$
Стрессовые реакции	Контроль НРС	0.15 ± 0.03	0.08 ± 0.01
		0.13 ± 0.02	0.09 ± 0.01
Невротические реакции	Контроль НРС	0.03 ± 0.01	0.17 ± 0.02
		0.02 ± 0.01	$0.11 \pm 0.01^{*}$

¹ - доверительный интервал, * и ** - достоверные значения по сравнению с контролем, $p < 0.05$ и 0.01 в соответствие с критерием t-Student's.

Результаты исследования показали, что, несмотря на повреждение НРС, НРС-мыши справились с предложенной задачей. Освоение экспериментального пространства, распознавание структуры задачи, рост и декремент исследовательской активности, выбор и формирование пищедобывательной структуры поведения происходили в те же сроки, что и в контроле. Однако аналитико-синтетический процесс протекал на более низком по сравнению с контролем уровне мотивационной активности – 7.1 ± 1.5 и 11.6 ± 2.2 выполнений соответственно. К моменту начала реализации сформированного решения (9-10-й опыты) мотивационная активность достигала уровня, характерного для контроля, но была менее устойчива. Более того, как показал информационный анализ, НРС-мыши могли удерживать минимизированное решение не более 3.1 ± 0.4 раз подряд, переходя на более простые варианты выполнения, не требующие высокой концентрации внимания.

Гиппокампэктомия резко отразилась на уровне психо-эмоциональных проявлений: сохраняя общее разнообразие реакций животные демонстрировали психо-эмоциональную редукцию – суммарная взвешенная частота различных реакций за 14 опытов для НРС-группы составила 3.34 ± 0.06 вместо 5.06 ± 0.08 в контроле. Более того, у НРС-мышей произошло изменение качественного соотношения безусловных реакций (таблица): максимальный вклад составляли контекстные реакции (ориентационные и ориентировочные), а реакции раздражительного типа достоверно снизились (таблица).

Гормональный анализ. Выяснилось, что на сытом фоне содержание лептина в количественном отношении в 5.3 раза преобладало по сравнению с грелином, как и у других животных и человека [8, 9] (рис.1). Чувствительность изученных гормонов к состоянию голода оказалась различной. Несмотря на широко распространенное представление о грелине как гормоне голода [8], он проявил относительную индифферентность к этому состоянию – наблюдалась слабо выраженная тенденция к увеличению. В то же время лептин на функциональную нагрузку голодом отреагировал резким снижением содержания (рисунок). У мышей с пищедобывательной мотивацией содержание обоих гормонов однонаправленно снизилось по сравнению с голодным фоном (рис.1).

Повреждение дорсального НРС внесло серьезные коррективы в ответ гормонов на функциональную пищевую нагрузку. Содержание изученных гормонов на сытом фоне оказалось достоверно увеличенным, при этом за счет изменения грелина соотношение лептин/грелин с 5.3 уменьшилось до 2.8 (рис.1). Сравнительный анализ выявил, что у оперированных мышей, несмотря на исходно измененный (сытый) фон концентрация гормонов в крови, динамика ответа в ряду пищевой активности: сытость □ голод □□ пищ. едобывательная мотивация оставалась такой же как и в контроле (рис.1.).

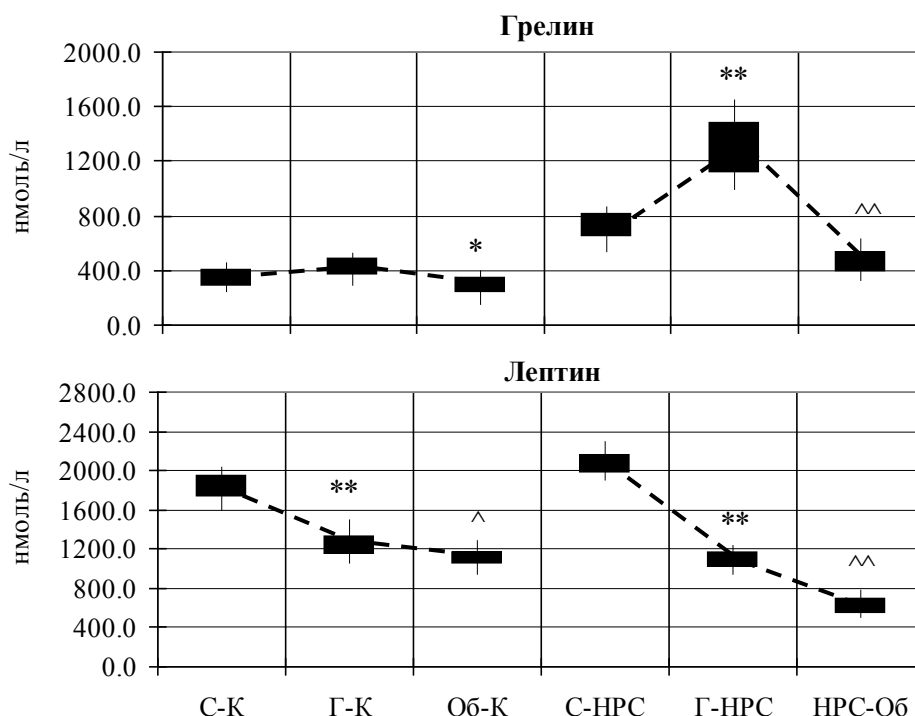


Рис. 1. Влияние гиппокампэктомии на содержание грелина и лептина в крови в зависимости от пищевой активности мышей линии F1 от DBA/2J и C57BL/6J.

С – сытый фон, Г – голодный, Об – обученные животные, К – контроль, НРС – гиппокампэктомия; пунктир – динамика изменения содержания гормонов при усилении пищевой заинтересованности; значения доверительных интервалов ($M \pm \square$) согласно критерию *t*-Student по отношению к сытому фону * – $p < 0.05$ и ** – $p < 0.01$ и ^ – $p < 0.05$ и ^^ – $p < 0.01$ по отношению к голодному фону.

Гистологический анализ: дорсальный гиппокамп был поврежден билатерально у 85 % оперированных животных (N=20), при этом очаг разрушения охватывал область 1-1,3 мм³, начинаясь на уровне вентромедиального ядра гипоталамуса (-1,5 от брегмы) и заканчиваясь на уровне дорсальной части преамиллярных ядер (-2,8 от брегмы). У одного животного кроме полей CA1 и CA3 был унилатерально затронут медиодорсальное ядро таламуса, а у двоих – мозолистое тело, в связи с чем они не учитывались при анализе данных (общий объем выборки по НРС-животным составлял N=14).

Заключение

Таким образом, проведенные исследования на мышах линии F1 от DBA/2J и C57BL/6J, убедительно продемонстрировали четкую зависимость гормонального профиля грелина и лептина от состояния пищевой активности животных. Согласно современным представлениям грелин рассматривают как гормон аппетита, а лептин – как гормон насыщения [8]. В нашей работе состояние гормонов в ситуациях – сытость □ голод 24 ч можно было бы в первом приближении принять за свидетельство реципрокной реакции на текущее метаболическое состояние организма. Слабо выраженное увеличение содержания грелина на фоне голода сочеталось с резким снижением концентрации лептина в крови. Наиболее убедительно, как это не удивительно, эта закономерность в ситуации голода проявилась у НРС-мышей. Однако при рассмотрении гормональной ситуации – голод 24ч □ пищедобывательное поведение (получение подкрепления в виде 25,5 ± 4,6 порций сыра в течение 10 мин на фоне редукции голода) данные контроля и гиппокампэктомии не соответствовали правилу реципрокности. Вместо ожидаемого увеличения содержания грелина как показателя мотивационной заинтересованности [10] наблюдалось его снижение, как и лептина, хотя последний должен был отражать состояние насыщения [1].

Данные эксперимента, связанного с формированием пищедобывательной мотивацией, представляют для нас особый интерес, поскольку они, с одной стороны, подтверждают ранее полученные данные на крысах [7], что удаление дорсального НРС не влияет на обучение и память, а с другой стороны, подтверждают причастность этой структуры к проявлению гормональной активности [11]. Однако при оценке роли НРС в нейроэндокринном аспекте многие авторы рассматривают его в качестве ведущего регулятора энергетического баланса организма за счет способности воспринимать метаболические сигналы, запоминать и перекодировать нейрогормональные сигналы энергетического баланса в адаптивные поведенческие ответы [5].

Однако такие факты, обнаруженные у НРС-мышей как: 1) способность обучаться и сохранять сформированное мотивационное состояние, 2) сохранность закономерности ответа грелина и лептина в ситуациях сытости и голода, 3) синхронное повышение в ситуации сытости уровня содержания обоих гормонов в крови – указывают на то, что НРС, вероятнее всего, входит в систему, определяющую уровень проявления гормональной активности. Принимая во внимание данные об изменениях в сфере психо-эмоциональных проявлений, вызванных гиппокампэктомией, в сочетании с односторонним падением содержания грелина и лептина при оперативном насыщении можно предположить, что наблюдаемые гормональные изменения являются неспецифическими по отношению к метаболическим сигналам о состоянии пищевого центра и отражают степень психофизиологической активности, связанной с возможностью удовлетворить текущую потребность.

Литература

1. Baldo B., Pratt W., Will M., Hanlon E., Bakshi V., Cador M. Principles of motivation revealed by the diverse functions of neuropharmacological and neuroanatomical substrates underlying feeding behavior // *Neurosci Biobehav Rev.* – 2013. – V. 37. – P. 1985-1998.
2. Carlinia V., Monzóna M., Varasa M., Cragolinia A., Schiöthb H., Scimonellia T., Bariogloia S., Ghrelin increases anxiety-like behavior and memory retention in rats // *Biochemical and Biophysical Research Communications*, –2002.–V. 299. – P. 739-743.
3. Медведев Д.И., Еремина И.З., Саврова О.Б. Изменение ультраструктуры нейронов гиппокампа крыс в условиях пищевой депривации // *Медико-биологические науки. Успехи современного естествознания*. –2006. – № 2. – С. 54-54.
4. Druce M., Bloom S. Central regulators of food intake // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*. –2003. –V6(4). – P. 361-367.
5. Davidson T., Kanoski S., Chan K., Clegg D., Benoit S., Jarrard L. Hippocampal lesions impair retention of discriminative responding based on energy state cues // *Behav. Neurosci.* –2010. –V. 124. – N. 1. –P. 97-105.
6. Paxinos G., Franklin K. The mouse brain in stereotaxic coordinates. –2001., –San Diego, Calif. ; London : Academic., 264 p.
7. Никольская К.А. Системно-информационные аспекты познавательной деятельности позвоночных: Дисс. на соискание докт. биол. наук. –Москва, –2010.-77с.
8. Berridge K., Morten L. Kringelbach M. Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals // *Psychopharmacology (Berl)*. –2008. –V 199(3). –P. 457-480.
9. Кондашевская М.В., Мхитаров В.А., Никольская К.А., Серкова В.В., Диатроптов М.Е. Характеристика уровня гормонов и морфофункционального состояния коркового вещества надпочечников при пищевой депривации и когнитивном напряжении у мышей BALB/c // *Фундаментальные исследования*, –2013. –№10(4). –С. 776-780.
10. Asakawa A., Inui A., Kaga T., Yuzuriha H., Nagata T., Fujimiya M., Katsuura G., Makino S., Fujino M., Kasuga M. A role of ghrelin in neuroendocrine and behavioral responses to stress in mice // *Neuroendocrinology*, –2001. –V 74(3). –P. 143-147.
11. Tracy A., Jarrard L., Davidson T. The hippocampus and motivation revisited: appetite and activity // *Behav Brain Res.* –2001. –V. 127(1-2). –P. 13-23.

Тимошенко Т. Е.

Кандидат биологических наук, Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН

О СХОДСТВЕ И РАЗЛИЧИИ СИГНАЛЬНЫХ ПУТЕЙ КЛЕТОЧНОГО ОТВЕТА ЭРИТРОЦИТОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЙ И СВЕТОВОЙ СТИМУЛЫ

Аннотация

В работе проведена экспериментальная проверка выдвинутого ранее автором предположения о сходстве сигнальных путей клеточного ответа эритроцитов на облучение светом с механизмом механотрансдукции в клетках стенки сосудов. Показано, что синтез NO в эритроцитах после облучения крови *in vitro* не изменяется. Результаты обсуждаются.

Ключевые слова: эритроциты, низкоинтенсивный свет, катионные каналы

Timoshenko T.E.

Candidate of sciences in Biology, Pavlov Institute of Physiology RAS

ABOUT THE SIMILARITY AND DIFFERENCES BETWEEN THE SIGNAL TRANSDUCTION PATHWAYS OF RED BLOOD CELLS RESPONSES ON MECHANICAL AND LIGHT STIMULUS

Abstract

In the work made experimental study the assumption about the similarity of signal transduction pathways of red blood cells response on light with mechanism a mechanotransduction in the vascular walls cells. Shown that the synthesis of NO by erythrocytes after blood laser irradiation *in vitro* does not change. Results are discussed.

Keywords: erythrocytes, low intensity laser light, cation channels

В последнее время появилось много новых данных о природе механосенситивности клеток сердечно-сосудистой системы [1]. Представлены убедительные доказательства участия в сократительном ответе гладкомышечных клеток сосудов (ГМК) на растяжение (эффект Бейлиса) неселективных катионных TRP каналов [2] Впервые TRP каналы были идентифицированы у *Drosophila m.* в качестве активируемых светом каналов. Ген и белок им кодируемый назвали transient receptor potential – TRP. Первый TRP канал млекопитающих был клонирован в 1995 г. и с тех пор описано уже 6 подсемейств белков сходной аминокислотной последовательности с разными свойствами и широким спектром действия, экспрессируемых различными типами клеток, в том числе эндотелием и ГМК. Обнаружено, что отдельные члены суперсемейства TRP белков синтезируются и в клетках крови (TRPC, TRPM) при гемопоэзе [3]. Показана важная роль TRP каналов в регуляции объема эритроцитов [4]. Сначала сложилось представление о непосредственной stretch-зависимой активации механочувствительных TRP каналов, но теперь получено много доказательств участия в этом процессе рецепторов, связанных с G белками (GPCR), причем активация этих рецепторов механическим стимулом происходит независимо от воздействия их агонистов. Механически активированный рецептор приобретает конформацию, обеспечивающую продуктивную связь с G белком и открытие катионных TRP каналов по зависимому от фосфолипазы C сигнальному пути [5]. Очень похожим сигнальным каскадом обеспечивается активация TRP каналов светом в зрительной системе беспозвоночных [6]. В свете этих работ получают объяснение имеющиеся в литературе и не понятные до сих пор данные, в том числе и наши собственные, относительно активирующего влияния низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на микроциркуляцию, причем не только на диаметр резистивных сосудов [7], но и на клетки крови [8]. Дело в том, что к семейству GPCR относятся и родопсиноподобные рецепторы и сам родопсин. В мембране эритроцитов одним из таких рецепторов является β-адренорецептор и он обладает структурой, гомологичной родопсину [9]. Относительно родопсина сетчатки позвоночных показано, что его молекула чувствительна к изменению конфигурации и протонированию своей хромофорной составляющей ретиналя, и этот же механизм может работать и в других GPCR [10]. Исходя из сказанного выше, мы предприняли

попытку доказать или опровергнуть выдвинутый нами ранее тезис о том, что влияние на живые эритроциты облучения красным лазерным светом *in vitro* может осуществляться по типу механотрансдукции [11]. Это представлялось тем более вероятным, что по нашим данным в облученной НИЛИ крови достоверно снижается концентрация катионов Na^+ и Ca^{2+} (соответственно должна расти их внутриклеточная концентрация) и увеличивается средний клеточный объем эритроцитов, и этот ответ зависел от степени оксигенации крови [8]. Кроме того, показано, что на увеличение напряжения сдвига эритроциты реагируют увеличением деформируемости цитоскелета, а у животных, накаутированных по родопсиноподобным GPCR эта реакция не выражена и развивается анемия [12].

Поэтому мы решили проверить влияние облучения крови красным светом с длиной волны 650 нм на активность NO-синтазы в эритроцитах.

В опытах на 10 крысах самцах линии Sprague Dawley, наркотизированных уретаном 1,2 г/кг, производили забор крови из брюшной аорты. Гепаринизированную кровь в разведении 1:10 инкубировали в физиологическом растворе с NO-реактивным флуоресцентным красителем – 5,6 диаминофлуоресцин диацетат - 4,5 μM (Sigma) в течение 1 часа при температуре 37°C и непрерывном перемешивании с помощью магнитной мешалки. Затем промывали физиологическим раствором и после оседания суспензию эритроцитов снова разводили 1мМ изотоническим раствором L-аргинина. Каплю этого раствора помещали между герметично пригнанными стеклами на термостатированном ($t=37^\circ\text{C}$) предметном столе лазерного сканирующего микроскопа LSM-710 (Carl Zeiss, Germany). Для наблюдения флуоресценции красителя в области эмиссии 510-550 нм использовали возбуждающий свет с длиной волны 490 нм. После получения контрольных снимков кровь облучали непосредственно на предметном столе красным светом диодного излучателя с длиной волны 650 нм и мощностью излучения 35 мВт в течение 30 минут. Результаты показаны на рисунке. На представленных микрофотографиях видно, что интенсивная флуоресценция красителя, которая, как принято считать, отражает внутриклеточную концентрацию NO, наблюдается только в отдельных клетках. С целью наблюдения большего количества клеток в поле микроскопа было выбрано небольшое увеличение (объектив х63). После облучения красным НИЛИ клеточные формы эритроцитов становятся более разнообразными, больше клеток правильной дискоидной формы, хотя при данном увеличении трудно говорить об изменении объема. Однако, хорошо видно, что интенсивность флуоресценции остается неизменной. Об этом свидетельствуют и гистограммы распределения амплитуды свечения по частотам, которые позволяет получить программа обработки изображений микроскопа. Интенсивность флуоресценции красителя не изменялась во всех проведенных экспериментах (Рис.)

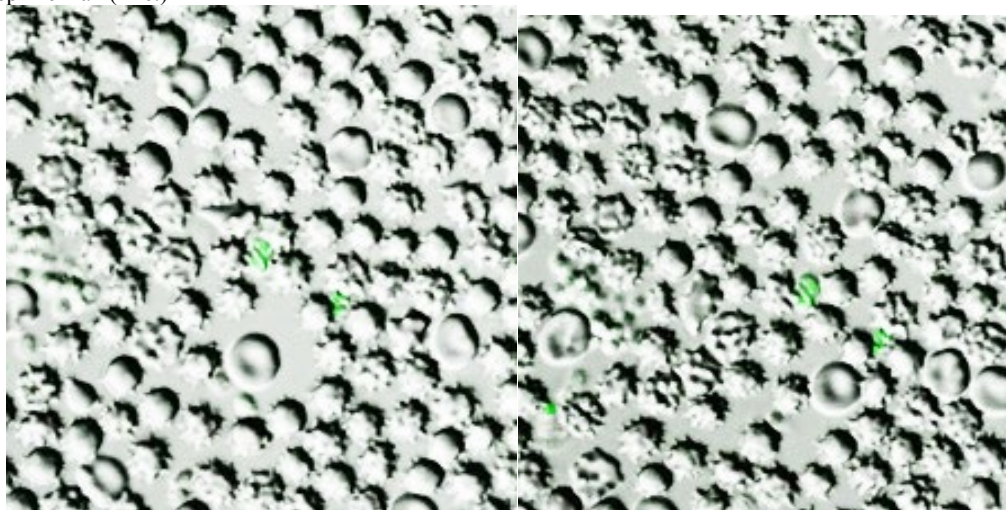


Рис.1 Эритроциты крысы слева в контроле, справа – после облучения красным лазерным светом (650 нм, 35 мВт, 30 мин). Поле 67х67 мкм. В центре две флуоресцирующие клетки. Их количество после облучения не изменилось.

Полученные результаты позволяют говорить о том, что, во-первых, влияние НИЛИ на кровь, по-видимому, не может быть опосредовано активацией NO-синтазы. Известно, что такие сигнальные каскады в эритроцитах существуют и зависят от повышения внутриклеточной концентрации Ca^{2+} , в частности, при действии напряжения сдвига [13]. Следовательно, полной аналогии путей воздействия на эритроциты света и механического стимула нет. Во-вторых, если эластические свойства мембраны эритроцитов, от которых зависит их деформируемость, изменяются после облучения, о чем имеются многочисленные свидетельства, то на роль фоточувствительных сигнальных систем могут претендовать TRP белки, непосредственно связанные с такими GPCR рецепторами, которые могут под воздействием света изменять конформацию подобно другим опионам. Пока о фоточувствительных GPCR в мембране эритроцитов в литературе сведений нет, но есть указание на возможность существования светочувствительных опиоидов в различных нефоторецептивных тканях позвоночных [14, 15]. Так как ранее было показано, что изменения под действием НИЛИ со стороны объема клетки наиболее выражены у деоксигенированных эритроцитов, механизмом, ответственным за эти изменения может быть активация TRM7 каналов в мембране эритроцитов. Эти каналы в 3 раза более проницаемы для Na^+ , чем для Ca^{2+} , играют важную роль в регуляции объема клеток и наиболее активны при аноксии [1]. Очевидно, для получения доказательств их участия требуются дальнейшие исследования с применением активаторов и ингибиторов TRP каналов, а также методов геной инженерии.

Литература

1. J. Folgering, R. Sharif-Naeini, A. Dedman, A. Patel. et al. // Progress in Biophysics and Molecular Biology - 2008. - Vol. 97 - P. 180-195.
2. D.G. Welsh, A. D. Morielli, M. Nelson, J. Brayden // Circ. Res. -2002. - Vol. 90 P. 248-250.
3. B. Minke, B. Cook // Physiol. Rev.-2002. - Vol. 82 - P. 429-472.
4. I.Hirschier-Laszkiewicz, W. Zhang, K. Keefer, K. Conrad et al. // Exp. Hematol.-2012. - Vol. 40, № 1. - P.71-83.
5. M. Mederos, Y. Schnitzler, U. Storch, S. Meibers et al. // The EMBO J. -2008.-Vol. 27, № 23 - P. 3092-3103.
6. B. Minke // J. Neurogenet. - 2010. - Vol. 24, № 4. - P. 216-233.
7. Дворецкий Д. П., Тимошенко Т. Е., Белобокова Н. К. // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. -2004 – Т. 90, № 11 –С. 1356-1369.
8. Тимошенко Т. Е., Дворецкий Д. П. // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова.- 2010 – Т. 96, № 10 – С.998-1004.
9. R. Dixon., I. Rands, R. Register M. Candelore et al. // Nature - 1987 – Vol. 326, № 6108 – P. 73-77.
10. R. Maeda, M. Hiroshima, T. Yamashita, A. Wada et al. // Biophys. J. – 2014 – Vol. 106, № 4 – P. 915-924.
11. Тимошенко Т. Е. // Биология - наука XXI века. Москва. 2012. С. 932-934.
12. T. Kalfa, S. Pushkaran, N. Mohandas, J. Hartwig et al. //Blood – 2006 – Vol. 108, № 12 – P. 3637-3645.

13. N. Barvitenko, N. Adragna, R. Weber // Cell. Physiol. Biochem. – 2005 - Vol. 15 – P. 1-18.
14. Этингоф Р. Н. // Ж. эволюционной биохимии и физиологии – 1997 – Т. 33, № 4-5 – С. 556-569.
15. M. Koyanagi, E. Takada, T. Nagata, H. Tsukamoto et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA – 2013 – Vol. 110, № 13 – P. 4998-5003.

Федорова Е.В.¹, Романова Е.М.² - научный руководитель, Голенева О.М.³, Шленкина Т.М.⁴

¹Аспирант кафедры биологии, ветеринарной генетики, паразитологии и экологии, ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А.Столыпина»; ²Доктор биологических наук, зав. кафедрой биологии, ветеринарной генетики, паразитологии и экологии, ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А.Столыпина»; ³Кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры биологии, ветеринарной генетики, паразитологии и экологии, ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А.Столыпина»;

⁴Кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, ветеринарной генетики, паразитологии и экологии, ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А.Столыпина».

РАЗВЕДЕНИЕ ПОТАМОТРИГОНИД В АКВАКУЛЬТУРЕ

Аннотация

Описан опыт разведения и размножения пресноводных скатов семейства *Potamotrygonidae*, рода *Potamotrygon*, видов – *P. motoro* и *P. henlei* (речные хвостоколы) в условиях аквакультуры. Показано, что скаты хорошо приспосабливаются к различным гидрохимическим условиям и успешно размножаются в условиях аквариума.

Ключевые слова: аквакультура, пресноводные скаты, разведение и размножение скатов, адаптация к гидрохимическим условиям.

Fedorova E.V.¹, Romanova E.M.², Goleneva O.M.³, Shlenkina T.M.⁴

¹Postgraduate student, Department of biology, veterinary genetics, parasitology and ecology, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Professional Education “Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A.Stolypin”; ²Dr. of Biological Sciences, Professor, Head of Department of biology, veterinary genetics, parasitology and ecology, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Professional Education “Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A.Stolypin”; ³Candidate of biological Sciences, senior lecturer, Department of biology, veterinary genetics, parasitology and ecology, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Professional Education “Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A.Stolypin”; ⁴Candidate of biological Sciences, docent, Department of biology, veterinary genetics, parasitology and ecology, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Professional Education “Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A.Stolypin”.

FRESHWATER STINGRAYS IN ORNAMENTAL FISH BREEDING

Abstract

The article discusses the maintenance and breeding of freshwater stingrays genus *Potamotrygon* in artificial conditions. Revealed that stingrays adapt well to different hydrochemical conditions and successfully breed in aquarium conditions.

Keywords: aquaculture, freshwater stingrays, ornamental fish farming.

Сектор декоративного рыбоводства и рыболовства является хорошо развитым компонентом международной торговли и аквакультуры. Рынок декоративных рыб увеличивается в среднем на 14% в год. На развивающиеся страны приходится около двух третей общего объема экспорта [1].

В России подавляющее большинство обитателей аквариумов является выходцами из тропических стран: в одних из них это обитатели естественных водоемов, в других разводятся искусственно на специальных фермах. Однако экспорт декоративных рыб связан со многими проблемами. Многие виды рыб погибают в дороге от стресса и плохих условий транспортировки. Кроме того, большой отход наблюдается в период адаптации. Нельзя забывать и о сохранении биоразнообразия. В развивающихся странах многие рыбы находятся под угрозой экологической деградации мест их обитания. С другой стороны, в странах Азии отмечается рост численности инвазивных видов, которые вытесняют местные виды из экологических сообществ [1,2]. Разведение экзотических декоративных рыб в аквариумной культуре в России позволяет решать подобные проблемы.

Пресноводные скаты являются очень красивыми и необычными обитателями домашних и выставочных аквариумов, которые при определенных условиях способны жить и размножаться в неволе.

Целью работы был подбор условий для успешного содержания и разведения скатов (*Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon henlei*) в искусственных условиях. Исследования проводились на базе ООО «Рыбозаводное предприятие №1», расположенном в г. Куровское Московской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в условиях аквакультуры. Экспериментальное поголовье рыб на предприятии было природного происхождения.

Характеристика объекта исследований. Скаты, относящиеся к семейству Речных хвостоколов (*Potamotrygonidae*), обладают сильно уплощенным в дорсовентральном направлении телом, глаза и брызгальца находятся на спинной поверхности, жаберные щели и рот – на брюшной. Многие виды рода *Potamotrygon* имеют яркую окраску спинной поверхности тела. Размер пресноводных скатов достигает 1м и более [3]. Пресноводные скаты широко распространены в тропических водах Южной Америки. Половой диморфизм у скатов ярко выражен. У самцов рядом с основанием брюшных плавников видны трубкообразные отростки - класперы. У новорожденных самцов - это едва заметные бугорки, с возрастом класперы достигают 5-8 см. У самок класперы отсутствуют [4,5]. Половой зрелости скаты достигают в возрасте 15-18 мес. при длине 40 см и более. Беременность у скатов рода *Potamotrygon* длится около 3-3,5 месяцев, ближе к концу срока задняя часть тела самки становится толще, становятся заметны шевелящиеся «бугры» [5,6]. Оплодотворение внутреннее, скаты являются живородящими рыбами.

Требования к содержанию. Температура воды при содержании скатов искусственных водоемах должна соответствовать природным условиям: 23-28 °С, уровень pH 5,8-7,2, жесткость воды dH 4-15° [4].

Питание. Скаты относятся к хищным рыбам, в природе питание скатов разнообразно: в их рацион входят мелкие черви и ракообразные, моллюски, рыбы.

Результаты исследований. При выполнении исследований по оптимизации условий содержания, скаты содержались в просторных аквариумах (от 1м³) без грунта при температуре от 23 до 31 °С, pH 8,0 и dH 40°. В случае повышение и понижение температуры за пределы указанных границ подвижность рыб снижалась, они становились вялыми и отказывались от корма.

Значения pH и жесткости воды, которые мы использовали при содержании, хотя и далеки от значений воды природных мест обитания, но не оказывали видимого влияния на общее состояние скатов.

Скаты *P. motoro* и *P. henlei* содержались группами, состоящими из разнополых особей. Количество скатов в одной группе 3-5. По мере необходимости из групп вылавливались особи, подвергающиеся частым нападениям со стороны сородичей, а также наиболее агрессивные особи. При заметных внешних повреждениях мы отсаживали скатов в отдельные аквариумы со сходными гидрохимическими параметрами, где они находились до полного заживления ран.

За период исследований заболевания среди скатов были довольно редким явлением. Изредка проявлялся сапролегниоз, спровоцированный механическими повреждениями. Медикаментозного лечения не проводилось. Больной скат отсаживался в отдельный аквариум, снабженный ультрафиолетовым стерилизатором воды. Через 2-3 дня наблюдалось существенное улучшение состояния рыбы, через 7 дней скатов перемещали обратно в групповой аквариум.

Кормление взрослых скатов проводилось 1-2 раза в день. Молодь кормили чаще – до 5 раз в сутки. Рацион новорожденных скатов состоял из мотыля, а взрослых рыб – из мороженой рыбы, креветок и мидий.

Скаты в ООО «Рыбозаводное предприятие №1» успешно размножались. Регулярно нерестились скаты моторо – большая часть самок приносила потомство 1-2 раза в год, в помете от 2 до 5 скатов размером 6-9 см. Новорожденных скатов сразу помещали в специальные выростные аквариумы объемом 0.15-0,2м³.

Заключение. Проведенные нами исследования по разведению скатов в аквариумной культуре показали, что представители этого вида способны успешно приспосабливаться к гидрохимическим условиям, далеким от условий природных местообитаний. Опыт разведения показал, что скаты устойчивы к большинству заболеваний. Успешное размножение скатов возможно в условиях группового содержания с постоянным контролем поведения рыб и рациона питания, который должен соответствовать требованиям биологии вида.

Литература

1. State of world aquaculture 2006 / FAO Fisheries Technical Paper. No. 500. – Rome: FAO, 2006. - 134p.
2. Martin R.A. Conservation of freshwater and euryhaline elasmobranchs: a review / R.A. Martin // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2005. - № 85. – p. 1049-1073.
3. Нельсон Д.С. Рыбы мировой фауны: пер. 4-го перераб. англ. изд. / Д.С. Нельсон – М.: Книжный дом «Либриком», 2009. – 880 с.
4. Oldfield, R.G. Biology, husbandry, and reproduction of freshwater stingrays I. / R.G. Oldfield // Tropical Fish Hobbyist, 2005. - №53(12). – p. 114-116.
5. Oldfield, R.G. Biology, husbandry, and reproduction of freshwater stingrays II. / R.G. Oldfield // Tropical Fish Hobbyist, 2005. - №54(1). – p. 110-112.
6. Фролов Ю. Пресноводные скаты / Ю. Фролов // Aquarium Magazine, 2004. - №6. – с. 25-27.

Фролов Д.А.

Доцент кафедры ботаники, кандидат биологических наук,

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС БАССЕЙНА РЕКИ СВЯГИ, КАК БАЗА СОХРАНЕНИЯ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЕГИОНА

Аннотация

В статье рассматривается экологический каркас бассейна реки Свяги, созданный на основе изучения его флоры сосудистых растений данные. Дается описание ключевых участков – ядер в структуре каркаса, с обоснованием причин их выделения.

Так же в статье приводятся данные о существующей системе особо охраняемых территорий объекта исследования и перспективных участках, рекомендованных к включению в сеть существующих ООПТ бассейна реки Свяги, для сохранения биоразнообразия региона.

Ключевые слова: экологический каркас, бассейн реки, Свяга, ядро, коридор, буферная зона, особо охраняемые природные территории (ООПТ), видовое разнообразие, Красная книга, памятник природы, охотничий заказник, Ульяновская область, Республика Татарстан.

Frolov D.A.

Associate Professor of the Department of botany, candidate of biology,

Ulyanovsk State Pedagogical University

THE ECOLOGICAL FRAME OF THE SVIYAGA-RIVER BASIN AS THE BASIS OF THE PRESERVATION OF FLORISTIC DIVERSITY OF THE REGION

Abstract

The article examines the Sviyaga-river basin created on the basis of study of its vascular plants' flora. The article gives a description of its key areas-cores in the structure of the frame and justifies the causes of their isolation.

The article provides data about the existing system of protected areas of the object of research and the perspective areas which we recommend to include into the net/framework of existing protected areas of the Sviyaga-river basin for preservation of biodiversity of the region.

Keywords: the ecological frame, the Sviyaga-river, core, passage, buffer zone, protected areas, specific biodiversity, Red data book, nature monument, hunting preserve, Ulyanovsk region, Republic of Tatarstan.

Поддержание экологического равновесия любой природной экосистемы основано на её способности к самовосстановлению. Однако в условиях усиливающегося антропогенного прессинга такие способности не безграничны. В связи с этим важнейшей природоохранной задачей становится предотвращение деградации экосистем выше допустимого уровня. Одним из ведущих методических приемов определения экологического потенциала территории является концепция экологического каркаса, под которым в общем случае понимается система наиболее ценных по своим природным характеристикам участков территории. Вслед за Н.Ф. Реймерсом (1990), мы рассматриваем экологический каркас как систему ранжированных по степени экологического значения, переходящих друг в друга природных участков – «ядер», «коридоров», «буферных зон», неразрывно связанных друг с другом. При этом, функционирование взаимосвязей между ними – главное условие поддержания естественного экологического равновесия территории, выполнение ими средообразующих функций.

В качестве объекта исследования был выбран бассейн р. Свяги, как типичный природный выдел, расположенный в зоне активного антропогенного воздействия на экосистемы Приволжской возвышенности. Административно территория бассейна принадлежит 2 субъектам Российской Федерации – Ульяновской области и Республике Татарстан.

В пределах бассейна, на основании имеющихся материалов (Бакин, 2000; Благовещенский, 1989, 1994, 1997, 2000; Красная книга Республики Татарстан, 2006; Красная книга Ульяновской области, 2008) и данных собственных флористических исследований (Фролов, 2006, 2008а, 2008б) были выделены, по общепринятым методикам участки, выполняющие функции ядер, или зон экологической стабилизации (Ямашкин, 1998). В их состав включены как уже существующие ООПТ (в основном региональные памятники природы и заказники), так и перспективные участки, выделенные в ходе собственных флористических исследований и необходимые для эффективной охраны флоры в рамках создаваемого экологического каркаса бассейна Свяги.

Ядро №1. Расположено в верховьях р. Свяги на территории Кузоватовского района Ульяновской области. Ядро представлено двумя участками – *истоком р. Свяги* и *озером Зотово* с прилегающими территориями. Собственно указанные участки являются сосредоточием флористического и ценоотического разнообразия верхней части бассейна.

Исток Свяги, памятник природы, расположен в 5 км к юго-западу от села Кузоватово (Ульяновская область), на возвышенности занятой высокостебельным сосняком.

Роль участка, в составе ядра объясняется ландшафтной целостностью истока и прилегающих к нему территорий, сохранностью эталонных сосновых лесов-зеленомошников, присутствие во флоре реликтовых (*Festuca altissima*, *Vaccinium*

myrtillus, *V. vitis-idaea*), охраняемых (*Neottianthe cucullata*, *Phegopteris connectilis*, *Pyrola minor*) и редких (*Calla palustris*, *Cystopteris fragilis*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Hypopitys monotropa*, *Neottia nidus-avis*, *Platanthera bifolia*, *Pyrola rotundifolia*, *Pyrola chlorantha*, *Viola montana*, *Primula veris*) видов растений, в том числе новых для Ульяновской области флористических находок – *Alchemilla propinqua* и *Viola selkirkii*.

Второй участок – природный памятник **Озеро Зотово** с прилегающими территориями, находится в 4,5 км северо-западнее с. Коромыслово. Территория включает в себя озеро зарастающее прибрежно-водной растительностью, окруженное коренными сосновыми и сосново-широколиственными лесами.

Значение озера в ядра объясняется его водоохранной ролью, сохранностью типичных луговых, прибрежно-водных и лесных сообществ, произрастанием редких (*Platanthera bifolia*, *Pyrola rotundifolia*, *Pulsatilla patens*) и охраняемых (*Utricularia vulgaris*) видов растений.

Ядро №2. Находится в центральной части бассейна, включает преимущественно участки типичных луговых, болотных и прибрежно-водных ценозов. Центрами сохранения биологического и ландшафтного разнообразия ядра служат – природный комплекс **экологический парк «Черное озеро»**, расположенный в г. Ульяновске, **Брехово болото** близ р.п. Ишеевка Ульяновского района и **рябчиковый луг** близ с. Арбузовка Цильнинского района.

«Черное озеро», памятник природы, – природный ландшафтный комплекс, расположенный в центре города Ульяновска, включает в себя пойменное старичное озеро – Черное, левобережный участок речной долины и акватории р. Свияги с островами.

Во флоре экопарка зарегистрировано более 430 видов сосудистых растений из 262 родов и 77 семейств, что составляет третью часть флористического разнообразия бассейна р. Свияги

Значимость экопарку придают растения, относящиеся к категории охраняемых (*Cypripedium calceolus*, *Listera ovata*, *Dactylorhiza fuchsii*, *Equisetum ramosissimum*) и редких (*Leersia oryzoides*, *Elymus fibrosus*, *Utricularia vulgaris*).

Рябчиковый луг в окрестностях села Арбузовка (памятник природы). Сохранившийся участок расположен в 2 км восточнее с. Арбузовка Цильнинского района Ульяновской области в среднем течении р. Свияги.

Ценность луга заключается в хорошей сохранности луговых и прибрежно-водных сообществ; наличием на территории крупной популяции *Fritillaria meleagroides*; произрастанием редких видов растений (*Artemisia abrotanum*, *Helictotrichon schellianum*, *Salix starkeana*), в том числе нового для Ульяновской области вида – *Ranunculus schennikovii*.

Болото Брехово, памятник природы, расположено в левобережной пойме р. Свияги (среднее течение) в 1,5 км к западу от р.п. Ишеевка Ульяновского р-на Ульяновской области.

Среди причин, по которым болото Брехово включено в состав ядра экологического каркаса бассейна следующие – ландшафтная ценность, богатый флористический состав (170 видов сосудистых растений) с редкими (*Inula helenium*, *Leersia oryzoides*, *Valeriana officinalis*) и охраняемыми (*Althaea officinalis*,) видами растений.

Ядро №3. Расположено на юго-востоке Буинского района республики Татарстан в долине р. Свияга. В границах ядра находится **Государственный природный заказник регионального значения комплексного профиля «Зяя буйлары»**.

В ландшафте территории значительные площади занимают пойменные луга, хорошо развита система стариц и озёр.

Флористическое разнообразие представлено 190 видами растений, из которых 4 вида (*Bromopsis riparia*, *Cucubalis baccifer*, *Nuphar lutea*, *Senecio schvetzovii*) нуждаются в постоянном контроле и наблюдении в природной среде, 17 – редкие и исчезающие, занесенные в Красную книгу Республики Татарстан (2006).

Территория заказника в составе ядра и экологического каркаса бассейна в целом играет заметную роль в сохранении флористического, ценозического и ландшафтного разнообразия района исследования.

Ядро №4. Включает правобережье р. Свияги в её нижнем течении, вместе с бассейнами её малых притоков – Бирли и Кубни на территории Кайбицкого и Верхнеуслонского районов Республики Татарстан. В пределах ядра насчитывается 5 памятников природы регионального значения, из которых наибольший интерес в плане флористических исследований представляют: естественный реликтовый лесной массив из дуба (памятник природы Кайбицкие дубравы), **участок поймы рек Кубни и Свияги, озерный комплекс у пос. Новое Патрикеево** Кайбицкого района Республики Татарстан. Указанные участки играют ведущую роль в сохранении ландшафтного и флористического разнообразия нижней части Свияжского бассейна, участвуют в поддержании устойчивости речного и подземного стоков.

Коридоры и буферные зоны, согласно концепции экологического каркаса, представляют собой непрерывные линейные структуры, служащие своеобразными мостами для перехода и миграции биологических видов между ядрами каркаса. Такая функция в каркасе бассейна принадлежит долинам крупных и средних рек, некрупным лесным массивам, идущим в разных направлениях преимущественно через распаханые территории.

Помимо ядер, коридоров и буферных зон в бассейне р. Свияги были выделены перспективные участки (в количестве 7) – резерваты редких и охраняемых видов растений. Их выделение вытекает из необходимости «усиления» экологического каркаса бассейна, путем увеличения числа охраняемых территорий. В настоящее время сеть ООПТ бассейна насчитывает 17 памятников природы ботанического профиля, 1 палеоботанический памятник общероссийского значения, комплексный государственный заказник («Зяя буйлары»), а также зеленые зоны городов и районных центров, общей площадью 791 км², что составляет 4,3% от площади бассейна. Она охватывает чуть более половины нуждающихся в охране видов растений (117 видов; 65%). Однако, большинство экотопов этих видов, часто более многочисленные на территориях не входящих в систему ООПТ.

При реализации наших предложений по расширению сети ООПТ бассейна р. Свияги, на охраняемых территориях окажется ещё 32 вида (17,7%) из списка редких, уязвимых и подлежащих охране видов сосудистых растений. Однако, следует учесть, что ещё 31 вид не попал в сеть существующих и перспективных ООПТ, поэтому работа по выявлению новых участков с редкими видами флоры на территории бассейна будет продолжена.

В целом, современное состояние флоры бассейна р.Свияги таково, что необходимы дополнительные меры по сохранению и восстановлению её видового разнообразия.

Сохранение видов невозможно без создания эффективно организованной репрезентативной сети ООПТ в структуре экологического каркаса бассейна, где охраняемые, редкие, эндемичные и реликтовые виды растений нормально существовали бы в составе типичных растительных группировок и сообществ, сохранение которых необходимо для поддержания динамического равновесия природных экосистем.

Представленный в статье, разрабатываемый автором экологический каркас создает хорошие предпосылки для сохранения биоразнообразия региона и способствует поддержанию природного потенциала бассейна р. Свияги.

Литература

- Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. 496 с.
- Благовещенский В. В., Раков Н.С., Шустов В.С. Редкие и исчезающие растения Ульяновской области. Саратов: Приволжское книжное издательство, 1989. 96 с.
- Благовещенский В.В., Раков Н.С. Конспект флоры высших сосудистых растений Ульяновской области. Ульяновск, 1994. 116 с.
- Благовещенский В.В., Раков Н.С. Реликтовые и эндемичные растения во флоре Ульяновской области // Природа Симбирского Поволжья: Сб. науч. трудов. Вып. 1. Ульяновск: УлГТУ, 2000. С. 62-67.

Дэви А. Планирование национальной системы охраняемых природных территорий. М., 2002. 60 с.

Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Издание второе. Казань: Изд-во «Идель-Пресс», 2006. 832

с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

Красная книга Ульяновской области. Ульяновск: Издательство «Артишок», 2008. 508 с.

Особо охраняемые природные территории Ульяновской области / Под ред. В.В. Благовещенского. Ульяновск: Дом печати, 1997. 184 с.

Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Наука, 1990. 638 с.

Фролов Д.А. Степная флора антропогенно-трансформированных ландшафтов Цильнинского района в бассейне реки Свияги // Природа Симбирского Поволжья: Сб. науч. тр. Ульяновск, 2006. Вып. 7. – С. 88-94.

Фролов Д.А. Современная флора верхнего и среднего течения бассейна реки Свияги и тенденции её развития // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения: Материалы международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения И.И. Спрыгина (Пенза, 13-16 мая 2008 г.): Сб. науч. тр. Пенза, 2008. Ч. I С. 328 – 333.

Фролов Д.А. Итоги изучения урбанofлоры бассейна реки Свияги города Ульяновска // Современные проблемы морфологии и репродуктивной биологии семенных растений: Материалы международной конференции посвященной памяти Р.Е. Левиной (Ульяновск, 14 – 16 октября 2008 г.): Сб. научных тр. Ульяновск, 2008. С.320-327.

Ямашкин А.А. Физико-географические условия и ландшафты Мордовии. Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 1998. 156 с.

Яковцева М.Н.¹, Тараканов И.Г.²

¹Аспирант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;

²Доктор биологических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева.

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ FRAGARIA ANANASSA DUCH. НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЗКОПОЛОСНОГО СПЕКТРА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ

Аннотация

Изучена возможность и перспективы выращивания растений земляники садовой трех новых сортов в защищенном грунте с использованием узкополосных светодиодов в качестве источников освещения. Проведен анализ морфофизиологических реакций растений земляники садовой трех сортов с разными сроками созревания в условиях разных режимов освещения. В качестве источников света были использованы светодиодные лампы с узким диапазоном красного коротковолнового (75%) и синего (25%) спектра, натриевые лампы высокого давления, контроль - естественное освещение с досвечиванием лампами Reflux. Обнаружено, что разные источники освещения по-разному влияют на биометрические параметры, в том числе накопление сырой биомассы, показатели фотосинтетической деятельности растений и их способности к вегетативному размножению.

Ключевые слова: Физиология растений, земляника садовая, фотосинтез, светодиоды.

Yakovtseva M.N.¹, Tarakanov I.G.²

¹Postgraduate student, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy

²PhD in Biology, associate professor, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy

PLANT GROWING TECHNOLOGY OF STRAWBERRY FRAGARIA ANANASSA DUCH. USING NARROW-BAND SPECTRUM OF PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION

Abstract

The analysis of morphological and physiological responses of three cultivars strawberry plants with different ripening times under different light sources. As the light sources were used LED bulbs using short red (75%) and blue spectra (25%), high pressure sodium lamps, and natural lighting with supplementary lighting lamps Reflux as control. It was found that different light sources have different effects on biometrics parameters, including the raw biomass accumulation, photosynthetic activity rates and their capacity for vegetative reproduction.

Keywords: Plant physiology, strawberry, photosynthesis, light emitting diodes.

статья изъята

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

Альбеков Р.М.

Магистрант, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина
СВОЙСТВА ТРАФИКА IPTV В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ

Аннотация

В статье рассмотрены – особенности трафика IPTV в современных мультисервисных сетях, требования качества QoS. Метод резервирования трафика при динамических нагрузках на сеть, а также приоритетные методы обслуживания.

Ключевые слова: трафик, резервирование, обслуживание.

Albekov R.M.

Undergraduate, Kazakh Agro Technical University. S.Seifullin
IPTV TRAFFIC PROPERTIES IN MULTISERVICE NETWORKS

Abstract

The article discusses - especially IPTV traffic in modern multiservice networks, the quality requirements QoS. Backup method under dynamic traffic loads on the network, as well as priority service methods.

Keywords: traffic, reservation, service.

Современные мультисервисные сети абонентского доступа предоставляют широкий спектр услуг, включающий в себя доступ в Интернет, IP – телевидение, SIP – телефонию, VOD (видео по запросу) и пр. Передача каждого вида трафика требует некоторые условия к ряду параметров качества обслуживания, такие как задержка передачи и ее вариации в виде фазовых или частотных отклонений сигнала, называемые джиттером, а также процент потерянных кадров и др.

Требования параметров QoS обслуживаемого потока с учетом заданных требований, подразумевает резервирования части пропускной способности сети для того, чтобы предоставлять гарантии качества обслуживания QoS.

Резервирование производится на основе математических моделей трафика и узлов коммутации, позволяющих предсказывать параметры качества обслуживания для каждого передаваемого потока.

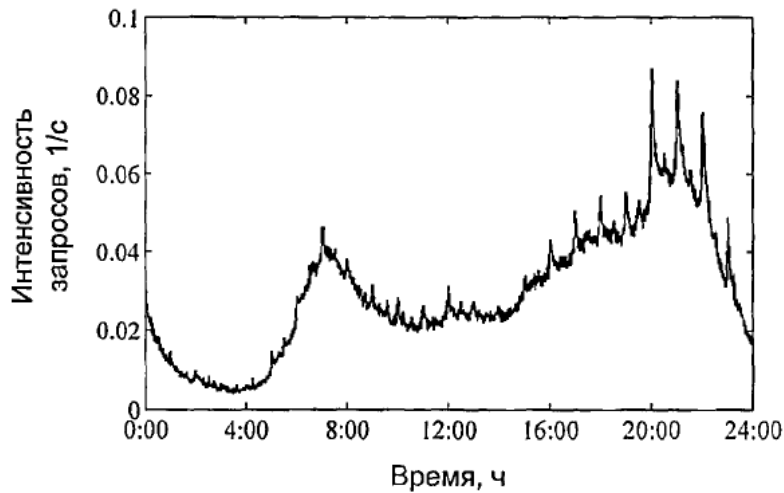


Рис. 1 – Суточная динамика абонентских запросов услуги IPTV

Для описания характера потоков, данных использовались модели на основе Пуассоновского процесса, широко применяемые в теории массового обслуживания при анализе и проектировании сетей передачи данных [1]. Однако

исследование трафика, передаваемого в компьютерных сетях, показало, что такие модели не учитывают важнейшие вероятностные свойства «пульсирующего» трафика, что приводит к значительным ошибкам в предсказании параметров QoS [2]. Особенно остро данная проблема проявляется в сетях передачи мультимедийного трафика, использующих методы глубокого сжатия голоса и видео. В таких сетях пиковая скорость передаваемых потоков может во мно-го раз превышать усредненную скорость за длительное время, что приводит к частым нарушениям гарантий QoS при использовании традиционных методов управления трафиком. Исследованием свойств пульсирующих потоков занимается теория самоподобного трафика и трафика с долговременными зависимостями. Одной из характеристик самоподобного «пульсирующего» трафика, используемых в этих теориях, является коэффициент Херста H [3], определяемый с помощью отношения

$$E\left(\frac{R(n)}{S(n)}\right) = Cn^H \text{ при } n \rightarrow \infty$$

где $\frac{R(n)}{S(n)}$ – нормированный размах, а C – некоторая константа

Анализ трафика мультисервисных сетей абонентского доступа показывают, что сложными вероятностными свойствами обладают потоки данных, а так же потоки абонентских запросов на установление мультимедийных сессий [4].

Динамика переключения каналов и получение «видео по запросу», подчиняется временным циклам, что создает сложности в управлении пропускной способностью сети, так как отказ в обслуживании обычно не допускается и, следовательно, сеть должна обладать избыточными ресурсами на случай высокой загрузки.

Регулируемые мультимедийные потоки являются одним из решений данной проблемы [5]. При высокой загрузке сети доступа гарантии QoS предоставляется только части потока, который обеспечивает качество услуги. Отказ от остальной части потока, обеспечивающей дополнительное качество услуги, позволяет обслужить большее число абонентов.

При снижении уровня загрузки сеть доступа вновь переходит на предоставление полных потоков с максимальным уровнем качества. Примерами методов получения регулируемых мультимедийных потоков являются масштабируемое видео-кодирование (SVC – Scalable Video Coding) [6] и методы динамического управления скоростью видео-потока [7].

Полученный таким образом трафик обладает сложными динамическими свойствами, проявляющихся в нестационарности мультимедийных потоков.

Вне зависимости от особенностей конкретных потоков, гарантированное качество обслуживания достигается за счет использования определенных механизмов управления трафиком на уровне узлов коммутации сети. Доля потерянных кадров определяется алгоритмом распределения буфера коммутатора между различными группами потоков, а временные параметры доставки определяются алгоритмом выборки из внутренних очередей пакетов на передачу.

Среди распространенных методов продвижения пакетов можно выделить приоритетное обслуживание [8], справедливое взвешенное обслуживание (WFQ – Weighted Fair Queueing) [9], а также обслуживание по методу «первый пришел – первый вышел» (FIFO) [10]. Численные гарантии QoS достигаются за счет резервирования части буфера и выделения доли времени работы планировщика узла коммутации.

Заключение

Качество обслуживания в сетях абонентского доступа достигается за счет резервирования ресурсов узлов коммутации на основе вероятностных и динамических свойств передаваемых потоков. Существует два семейства методов динамического управления пропускной способностью, которые называются методами интегрированного дифференцированного обслуживания.

Литература

1. Башарин Г.П., Бочаров П.П., Коган Я. А. Анализ очередей в вычислительных сетях: Теория и методы расчета. — М.: Наука, 1989. — 336 с.

2. Paxson V., Floyd S. Wide area traffic: the failure of Poisson modeling // IEEE/ACM Trans. Netw. — 1995. — Vol. 3, no. 3. — P. 226-244.
3. On the self-similar nature of Ethernet traffic (extended version) / W. E. Leland, M. S. Taqqu, W. Willinger, D. V. Wilson // IEEE/ACM Transactions on Networking. — 1994. — Vol. 2, no. 1. — P. 1-15.
4. Modeling user activities in a large IPTV system / T. Qiu, Z. Ge, S. Lee et al. // Internet Measurement Conference. — 2009. — P. 430-441.
5. Grossglauser M., Keshav S., Tse D. N. C RCBP: a simple and efficient service for multiple time-scale traffic // IEEE/ACM Trans. Netw. — 1997. — Vol. 5, no. 6. — P. 741-755.
6. Advances in the Scalable Amendment of H.264/AVC / H.-C. Huang, W.-H. Peng, T. Chiang, H.-M. Hang // IEEE Communications Magazine. — 2007. — P. 68-76.
7. Lee H.-J., Chiang T.-H., Zhang Y.-Q. Scalable rate control for MPEG-4 video // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. — 2000. — Vol. 10, no. 6. — P. 878-894.
8. Zhang H., Ferrari D. Rate-Controlled Static-Priority Queueing // In Proc. IEEE Infocom '93. — 1993. — P. 227-236.
9. Demers A., Keshav S., Shenker S. Analysis and Simulation of a fair Queueing Algorithm // Journal of Internetworking research and Experience. — 1990.
10. Cholvit V., Echague J. Stability of FIFO networks under adversarial models: State of the art // Comput. Netw. — 2007. — Vol. 51, no. 15. — P. 4460-4474.

¹ Биряльцев Е.В., ² Лобачев Г.Ю., ³ Амирханов Н.А., ⁴ Смирнов И.И.

¹Кандидат физико-математических наук, сотрудник ЗАО «Октопус», ²Проектный менеджер ЗАО «Октопус», ³Аспирант Астраханского государственного университета, инженер ЗАО «Октопус», ⁴Начальник производственного отдела ЗАО «Октопус».

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ – НОВЫЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЛИКВИДАЦИИ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОГО ГКМ

Аннотация

Авторский надзор является важным инструментом в процессе управления проектами. Но в условиях Астраханского газоконденсатного месторождения наилучшим методом контроля работ по строительству и ликвидации скважин стало Инженерно-техническое сопровождение. В статье описаны особенности и преимущества этого метода.

Ключевые слова: авторский надзор, инженерно-техническое сопровождение, технический надзор, контроль, Астраханское газоконденсатное месторождение.

¹Biryaltsev E.V., ²Lobachiov G.U., ³Amirkhanov N.A., ⁴Smirnov I.I.

¹ PhD in Physics and mathematics, employee of company "Octopus", ² Project Manager of company "Octopus", ³ graduate student employee of company "Octopus", ⁴ Production Manager of company "Octopus".

ENGINEERING AND TECHNICAL SUPPORT - A NEW WAY OF CONTROL DURING CONSTRUCTION AND ELIMINATION OF WELLS IN THE ASTRAKHAN GAS CONDESATE FIELD

Abstract

Field supervision is an important tool in the process of project management. But in the Astrakhan gas condensate field the best method of control of construction and abandonment became engineering and technical support. This article describes the features and benefits of this method.

Keywords: Field supervision, engineering and technical support, technical inspection, control, Astrakhan gas condensate field.

Особенности Астраханского ГКМ

Среди газовых месторождений России особое место занимает Астраханское газоконденсатное месторождение (АГКМ). АГКМ имеет свои особенности, которые создают определенные трудности в процессе строительства и ликвидации скважин. Это и сложный литолого-стратиграфический разрез, и аномально высокие пластовые давления с коэффициентом аномальности до 1,6. Пластовые смеси здесь имеют сложный состав, в объеме которого 40% составляют неуглеводородные компоненты: до 28% H₂S и 16% CO₂. В составе пластового газа может присутствовать до 4% тяжелых углеводородов C₅₊. Продуктивный газ имеет высокую коррозионную агрессивность и токсичность, поэтому он не только опасен для жизни и здоровья людей, но и создаёт тяжелые условия в процессе эксплуатации оборудования при бурении и его добычи. Этот фактор также нужно учитывать при ликвидации скважин.

Строительство и ликвидация нефтяных и газовых скважин, как и любого сооружения, начинаются с разработки и составления проекта, в котором должны быть прописаны все решения по планируемым работам. Несмотря на то, что при строительстве и ликвидации скважин проектная документация (ПД) разрабатывается с учетом условий АГКМ, особенности геологического разреза Прикаспийской впадины вносят свои коррективы в проведение работ в условиях солянокупольной тектоники, которые требуют быстрого реагирования и принятия решений, а в некоторых случаях и разработки дополнений к существующему проекту (5-7).

Авторский надзор

Руководство проектом представляет собой всесторонний последовательный метод контроля над проектом и обеспечения его успеха (8). В настоящее время существуют следующие методы контроля за выполнением работ и корректировок проектных решений. Контроль качества строительных работ и соблюдения буровым подрядчиком требований ПД на строительство или ликвидацию скважин возложен на разработчика ПД, который осуществляет авторский надзор. Авторский надзор (АН) – это один из видов услуг по надзору автора проекта и других разработчиков проектной документации за строительством. Эти услуги осуществляются в целях обеспечения соответствия решений, содержащихся в рабочей документации (1-4, 8).

Чтобы не допустить отступление от проектных решений, которое может привести к непредсказуемым последствиям, компания-проектировщик направляет группу специалистов для осуществления АН. Его цель - контроль выполнения работ на соответствие проектным решениям. Для проведения АН заказчик и проектная организация заключают договор на проведение АН на весь период реализации проекта: начиная со строительно-монтажных работ и заканчивая вводом объекта в эксплуатацию. На основании заключенного договора производятся работы по осуществлению АН. Приложением к договору является согласованный с обеих сторон график посещения объекта, который регламентирует посещение строящихся или ликвидируемых скважин представителями заказчика и исполнителя. После посещения объекта в журнале АН делаются соответствующие записи на соответствие или несоответствие проектным решениям со ссылками на нормативную документацию, и указываются сроки на устранение несоответствий, если таковые имеются. Каждый представитель АН имеет свои функциональные обязанности. Специалисты АН имеют большие права. Они могут выдавать указания, обязательные для исполнения, вплоть до остановки работ на объекте, в случае если строительство или ликвидация скважин происходили с отклонением от проекта.

АН подводит итог - резюмируется соответствие или несоответствие выполненных работ проектным решениям. Но этот метод не влияет на качество выполненных работ: здесь невозможно оперативное вмешательство в технологический процесс производства работ для исключения ошибочных технических решений, принятых в процессе производства работ или при разработке ПД. Также АН не позволяет осуществлять контроль качества применяемых материалов при строительстве скважин. Периодичность проведения АН не достаточна для обеспечения гарантированного качества работ. Этот метод не позволяет контролировать

увеличение нормативного времени, возникающее при осложнениях в процессе производства работ, предусмотреть которые невозможно в процессе разработки ПД. В этом случае также невозможно устранить несоответствия, выявленные в результате проведения АН.

Специалисты инжиниринговой компании ЗАО «Октопус», проанализировав возможности и недостатки АН, предложили применить другой известный метод контроля качества выполняемых работ с набором инструментов воздействия «инженерно-техническое сопровождение».

Инженерно-техническое сопровождение

Инженерно-техническое сопровождение (ИТС) может использоваться как при строительстве опасных производственных объектов (в нашем случае эксплуатационных газовых скважин), так и при их ликвидации.

При осуществлении ИТС существует следующий набор инструментов воздействия на качество производства работ:

1. Прямое и оперативное информирование заказчика обо всех нарушениях, отклонениях и осложнениях в течение реализации проекта, а не по окончании его этапов;
2. Оперативная разработка готовых технических решений по ликвидации осложнений;
3. Рекомендации упреждающего характера для недопущения отклонений от ПД и предупреждение непредвиденных осложнений в процессе производства работ;
4. Независимая проверка качества свойств тампонажных материалов и жидкостей затворения (лабораторный анализ и при необходимости корректировка рецептур);
5. Независимая оценка свойств тампонажных растворов (экспресс анализ);
6. Независимая оценка свойств и качества буровых растворов (лабораторный анализ и выдача рекомендаций по доведению буровых растворов до проектных показателей или изменения проектных показателей буровых растворов с целью предотвращения осложнений);
7. Осуществление общего руководства при выполнении особо ответственных технологических операций;
8. Разработка и предоставление рекомендаций по корректировке режимов бурения с целью соблюдения проектных показателей механической скорости бурения и как следствие соответствия профиля скважины проектным решениям по вертикальности (набор зенитного угла и ухода забоя по азимуту);
9. В случаях возникновения аварий и непредвиденных инцидентов - возможность разработки и согласования дополнений к ПД без остановки производства.

Данный сервис необходим для осуществления оперативного контроля, улучшения качества производства работ, корректировки и совершенствования технологии работ в процессе ликвидации и строительства скважин.

ИТС в процессе ликвидации скважин на АГКМ решает следующие задачи:

- выполнение лабораторных анализов в специализированной лаборатории тампонажных материалов и жидкостей затворения с выдачей откорректированных рецептур на установку изоляционно-ликвидационных цементных мостов и вязкопластичных глинистых пачек;
- разработка технических решений при возникновении осложнений, инцидентов и аварийных ситуаций при производстве работ по ликвидации скважин на основании решений протоколов ГТС и поручений Заказчика для подготовки дополнений или изменений к ПД с дальнейшим сопровождением экспертиз и согласований по установленной процедуре за счет Исполнителя;
- проведение анализа и корректировки режимов работы внутрискважинного оборудования для формирования технологических окон в эксплуатационных и вторых промежуточных колоннах на основании предоставляемой Заказчиком информации с выдачей рекомендаций по выведению оборудования на наиболее оптимальный режим работ;
- выезд специалистов на объект (скважину) для сбора проб промысловой жидкости с последующим проведением анализа на соответствие проектным решениям в собственной лаборатории;
- проведение анализа и корректировки режимов работы внутрискважинного оборудования для размыва каверн в интервалах сформированных технологических окон на основании предоставляемой Заказчиком информации с выдачей рекомендаций по выведению оборудования на наиболее оптимальный режим работ;
- проведение оперативного анализа фактически затраченного времени и финансовых средств на производство работ с ориентировочным прогнозом срока окончания ликвидации скважины в виде еженедельного отчета;
- предоставление ежеквартальных и итоговых отчетов, содержащих рекомендации по улучшению качества, совершенствованию технологии, сокращению продолжительности и снижению стоимости ликвидации скважины, оценки соответствия выполненным этапам работ требованиям природоохранного законодательства;
- планирование и координация работ сервисных компаний, участвующих в процессе ликвидации скважины с целью предотвращения организационных простоев.

ИТС, как метод контроля качества выполняемых работ, был принят недропользователем и опробован при проведении ликвидационных работ на скважинах Астраханского ГКМ. На данный момент заключены договоры по ИТС на строительство 7 скважин АГКМ.

Внедрение данного метода при ликвидации скважин дало следующие преимущества:

1. Доведение временных затрат до проектных;
2. Улучшения качества проведенных работ;
3. Сокращение финансовых затрат.

Опыт показал, что расходы на ИТС значительно уменьшают стоимость сервисных услуг с учетом предотвращенного ущерба. Удастся избежать удорожание работ из-за потери времени и предотвратить ущерб от чрезвычайной ситуации, которая зачастую обусловлена несовершенством принятых к производству технических и технологических решений.

Для проведения ИТС инжиниринговая компания «Октопус» создала аналитическую группу, в которую входят высококвалифицированные специалисты. Была приобретена мобильная лаборатория для проведения экспресс анализов буровых и тампонажных растворов.

Сравнение АН и ИТС

Сравнительный анализ АН и ИТС представлен в таблице 1.

Табл. 1.

№ п/п	Наименование работ	Выполнение	
		Авторский надзор	Инженерно-техническое сопровождение
1	Проверка в процессе ликвидации скважины качества выполнения работ и соответствия их утвержденному проекту	По окончании этапов работ 1,2 раза в месяц	---
2	Ведение записи в журнале АН	По окончании этапов работ 1,2 раза в месяц	---

3	Своевременное внесение необходимых изменений в проект, при условии, что эти изменения не затрагивают принципиальных тех.решений, утвержденных в ПД	По мере необходимости	---
4	Представление отчета о соответствии этапа выполненных работ проектным решениям по форме, согласованной сторонами в рабочем порядке	По окончании этапов работ по ликвидации скважины в течение трех дней после подписания	---
5	Уведомление заказчика об отклонениях от проектных решений	По мере возникновения	---
6	Участие в разработке и согласовании основного плана на проведение ликвидационных работ, в соответствии с ПД	---	Один раз перед началом работ
7	Согласование планов по этапам работ	---	Постоянно
8	Отбор проб тампонажных материалов и жидкостей затворения с выездом специалиста на объект перед началом тампонажных работ и подбор комплекта документации на материалы	---	Перед каждым этапом тампонажных работ
9	Передача на анализ в спец.лабораторию проб тампонажных материалов и жидкостей затворения, а также комплекта документации на материалы	---	Перед каждым этапом тампонажных работ
10	Анализ комплекта документации на материалы и выполнение лабораторных анализов в спец.лаборатории тампонажных материалов и жидкостей затворения, с выдачей откорректированных рецептов	---	Перед каждым этапом тампонажных работ
11	Выезд специалистов на объект для проведения экспресс-анализа тампонажных растворов с последующим оперативным контролем работ	---	Перед каждым этапом тампонажных работ
12	Проверка работоспособного состояния оборудования на объекте с последующим оперативным руководством работ по ревизии оборудования и замене ЗИП и резцов	---	Перед каждым спуском оборудования
13	Руководство работ на объекте при выполнении ответственных этапов ликвидационных работ, с корректировкой режимов работ	----	Постоянно при выполнении ответственных этапов работ
14	Участие специалистов в геолого-технических совещаниях	---	По мере необходимости
15	Подготовка, согласование и сопровождение экспертиз, изменений и дополнений в ПД на основании протокольных решений	---	По мере необходимости
16	Выезд специалистов на объект для оценки соответствия выполненных этапов работ требованиям природоохранного законодательства и СТП СЭМ ООО «Газпром добыча Астрахань» с предоставлением отчета о результатах	---	По окончании этапов работ
17	Выдача рекомендации в виде отчета по улучшению качества, совершенствованию технологии, сокращению продолжительности и снижению стоимости производства работ	---	По окончании работ

Таким образом, в условиях АГКМ инженерно-техническое сопровождение, как метод контроля качества реализации проекта, показал свою управленческую и техническую эффективность. Из-за существующих недостатков и возможностей, авторский надзор уступает предлагаемому методу контроля качества – инженерно-техническому сопровождению. Данный метод также позволяет корректировать и совершенствовать технологии в процессе ликвидации и строительства скважин.

Литература

1. Свод Правил "Авторский надзор за строительством зданий и сооружений" - СП 11-110-99.
2. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений".
3. Письмо Минрегиона РФ от 30.04.2010 №17906-ИП/08 "Об осуществлении строительного контроля".
4. Постановление Правительства РФ от 21.06.2010 № 468 "О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства".
5. Н.И. Воронин. Особенности геологического строения и нефтегазоносность юго-западной части Прикаспийской впадины. АГУ. Астрахань, 2004.
6. Васильев Ю.М. Геологическое строение Прикаспийской впадины и закономерности распространения нефти и газа в ее недрах. М.: Недра, 1968.
7. Воронин Н.И., Федоров Д.Л. Геология и нефтегазоносность юго-западной части Прикаспийской синеклизы. Саратов: Изд-во СГУ, 1976.
8. A Guide to the Project Management Body of Knowledge // An American National Standard. ANSI/PMI 99-001-2008.

Аннотация

Ключевые слова: гидродинамическое сопротивление, омывание, отрывное течение, верификация.

^{1,2,3,4,5}National technical university of Ukraine is the "Kiev polytechnic institute"

Abstract

Keywords: hydrodynamic resistance, that can be torn off flow, verification.

Проблема интенсификации теплообмена в конвективных поверхностях нагрева из которых состоит теплообменная секция теплообменного аппарата (ТОА) имеет особую актуальность, которая заключается в минимизации затрат на прокачку теплоносителя через ТОА и одновременным уменьшением его массогабаритных показателей.

Для решения этой проблемы в НТУУ «КПИ» предложено в качестве элементов теплообменной поверхности использовать плоско-овальные трубы удобообтекаемой формы с неполным поперечным оребрением [1-3]. Такие трубы по сравнению с широко применяемыми круглыми оребренными трубами при одинаковых затратах мощности на прокачку теплоносителя имеют на 10-15% большую тепловую эффективность. Аэродинамическое сопротивление шахматных пучков плоско-овальных труб в 1,3-1,4 раза меньше, чем для таких же по геометрическим характеристикам пучков из оребренных круглых труб. Поэтому, для углубления представлений о механизме и причинах интенсификации теплообмена, уровне турбулизации течения в новых типах поверхностей целесообразно использовать методы CFD-моделирования.

CFD-модель позволит детализировать характер течения вблизи несущей трубы и ребер, а также объяснить ожидаемый эффект интенсификации теплообмена оребренной плоско-овальной трубы. Для проверки адекватности численной модели, необходимо провести ее верификацию на известных экспериментальных данных [1]. После чего станет возможным, не проводя дорогостоящих экспериментов, определить оптимальные геометрические характеристики несущей плоско-овальной трубы и ее оребрения.

CFD-модель базируется на полной трехмерной модели элемента плоско-овальной трубы с плоским приварным оребрением (рис. 1). Поставленная задача является внешней. Представленная на рис. 1а изучаемая поверхность, размещена в канале аэродинамической трубы прямоугольного сечения. Тонкими осевыми линиями выделен исследуемый элемент поверхности. Расчетный элемент выбран таким образом, чтобы смоделировать гидродинамическую картину течения жидкости в полуоткрытых каналах прямоугольной формы, образованных ребрами и криволинейной поверхностью несущей трубы. С этой целью выбран средний по высоте плоско-овальной трубы межреберный канал.

Для подготовки численной модели использовался пакет CFD-моделирования ANSYS-Fluent. Расчетная область (рис. 26) покрывалась неравномерной, со сгущением к стенкам трубы декартовой сеткой. Размер минимального шага у стенки трубы выбирался согласно рекомендаций [6] из условия Re_{τ}^{-1} . Минимальный и максимальный шаги при этом составляли $5 \cdot 10^{-5}$ и $1 \cdot 10^{-4}$ м. Максимальное количество ячеек необходимое для дискретизации составило ~ 4 млн.

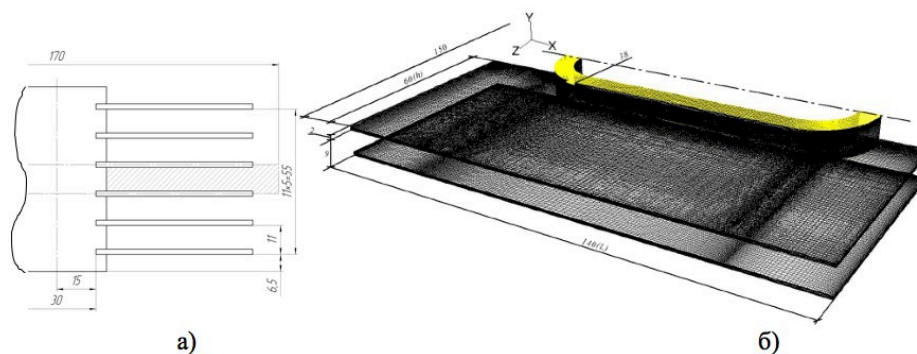


Рис. 1. – Область решения задачи (а) и конечно-элементная модель плоско-овальной трубы (б)

Методика проведения исследований подробно описана в опубликованных ранее работах [1-4].

Результаты верификации CFD-модели

Для проверки адекватности воспроизведения и точности предлагаемой CFD-модели основных аэродинамических характеристик потока проведены исследования распределения статического давления вдоль поверхности ребра, которые представлены в виде безразмерных коэффициентов давления и вычисляемые с помощью соотношения:

$$C_{p_i} = \frac{2(P_{\tilde{n}\partial_i} - P_{\dot{a}\partial i})}{\rho w_{\tilde{n}\partial}^2} \quad (1)$$

где $P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление; $P_{\text{ст } i}$ – статическое давление в i -м сечении; $w_{\text{ср}}$ – среднерасходная скорость потока; ρ – плотность омываемого воздуха.

Продольное распределение коэффициентов давления C_{pi} при разных относительных высотах ребра y/h показано на рис. 2. Анализ представленных ниже данных свидетельствует, что CFD-модель достаточно корректно отражает поле давлений в прикорневой области ребра ($y/h = 0,875$) и вблизи центра канала ($y/h = 0,625$). Максимальное отклонение расчетных данных от экспериментальных (по краям кривой) составляет 20%. Но в сечениях $y/h = 0,125$ и $y/h = 0,375$, находящихся вблизи вершин ребер, корреляция носит только качественный характер, что связано, по нашему мнению, с недостаточной детализацией расчетной области.

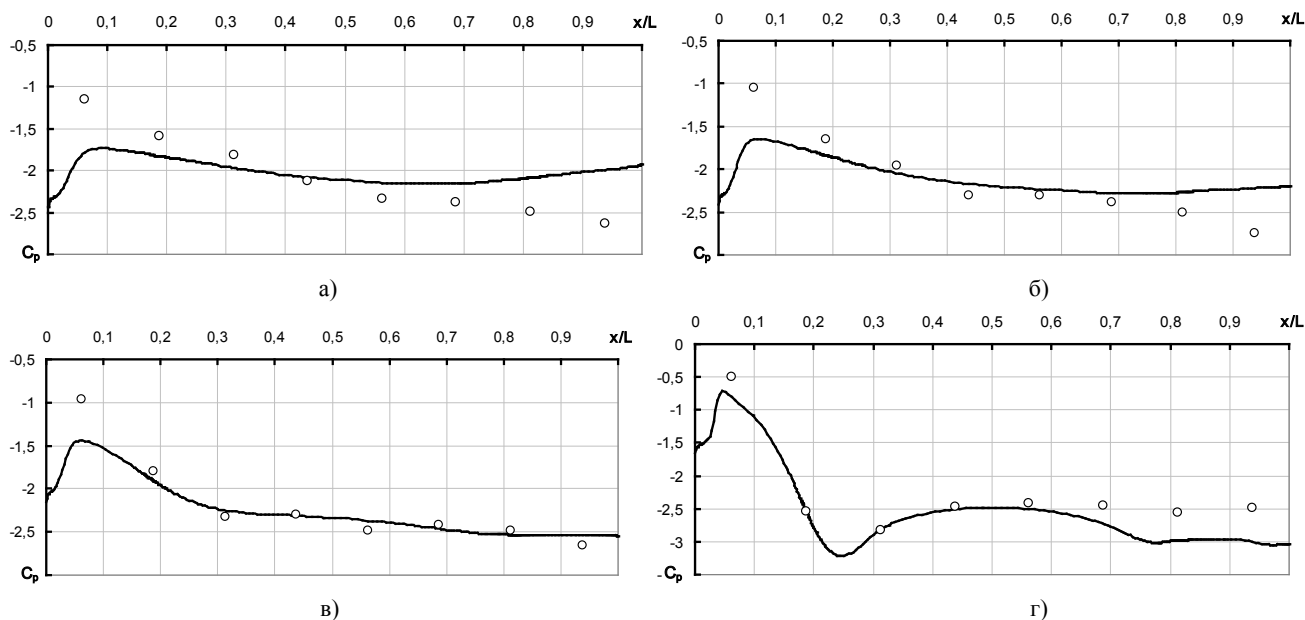


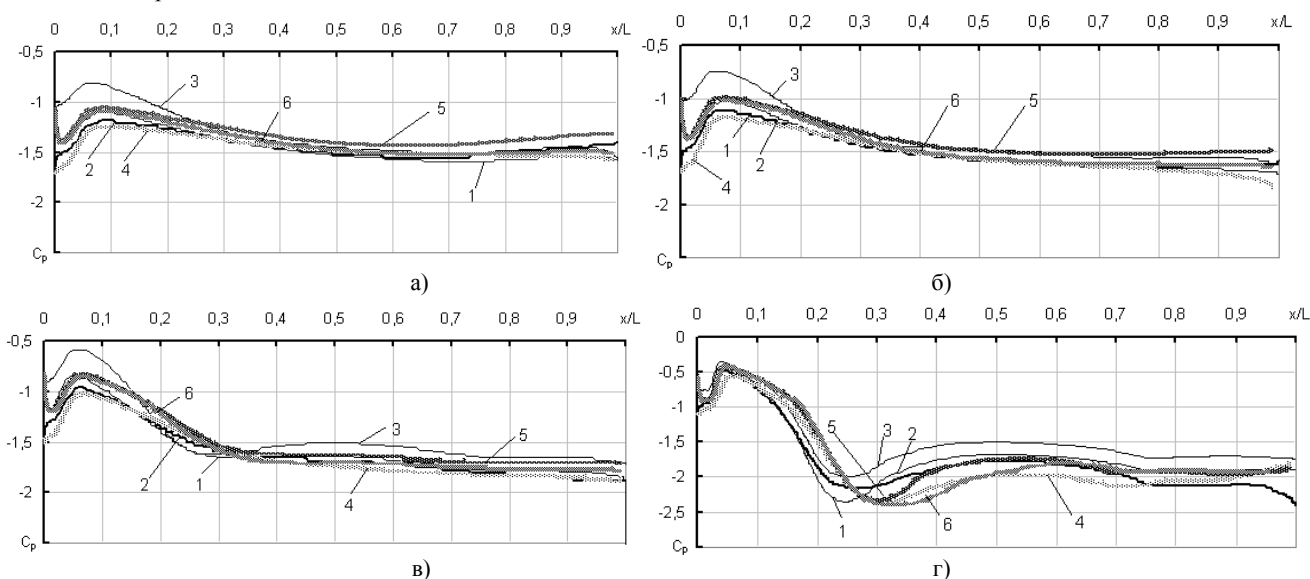
Рис. 2. – Распределение безразмерных коэффициентов давления при $Re_{d_3} = 50 \cdot 10^3$ в сечениях $y/h = 0,125$ (а), $y/h = 0,375$ (б), $y/h = 0,625$ (в) и $y/h = 0,875$ (г): точки – эксперимент; линии – численное моделирование.

При этом, необходимо отметить, что при помощи численного моделирования для всех сечений y/h получены данные, которые не обнаружены в физическом эксперименте [3]. Так, область обратного положительного градиента давления вблизи передней кромки ребра $x/L \approx 0,05$ (рис. 2) вызвана с возникновением на поверхности ребра отрывного пузыря, примыкающего к его острой кромке [9]. Второй и меньший по величине градиент давления, наблюдаемый ниже по потоку только в сечении $y/h = 0,875$ (рис. 2, г), свидетельствует о наличии отрывной области, находящейся на поверхности несущей трубы в месте, где скругленный ее участок переходит в линейный, так называемый начальный участок.

Резюмируя полученные результаты по верификации, можно констатировать, что разработанная CFD-модель достаточно хорошо воспроизводит закономерности распределения коэффициентов C_{pi} и может быть применена для проведения дальнейших исследований теплогидродинамических процессов при омывании плоско-овальной трубы.

Результаты моделирования гидродинамического процесса

Продольные распределения коэффициентов C_{pi} на ребре при $Re_{d_3} = 50 \cdot 10^3$ и различных относительных удлинениях d_2/d_1 представлены на рис. 3.



1 – $h = 60$ мм ($d_2/d_1 = 2,8$); 2 – $h = 45$ мм ($d_2/d_1 = 2,8$); 3 – $h = 60$ мм ($d_2/d_1 = 2,8$);
4 – $h = 60$ мм ($d_2/d_1 = 2$); 5 – $h = 45$ мм ($d_2/d_1 = 2$); 6 – $h = 30$ мм ($d_2/d_1 = 2$).

Рис. 3. – Распределение коэффициентов C_{pi} вдоль ребра в сечениях $y/h = 0,125$ (а), $y/h = 0,375$ (б), $y/h = 0,625$ (в) и $y/h = 0,875$ (г)

Анализ рис. 3 свидетельствует, что зависимости $C_{pi} = f(x/L)$ имеют немонотонный характер, указывающий на постепенный рост скорости внутри межреберного канала. В интервале $0,125 \leq y/h \leq 0,875$ на участке $0 \leq x/L \leq 0,05$ (вблизи передней острой кромки ребра) наблюдается стремительное падение, а затем постепенный рост давления, до максимума, координаты которого практически совпадают с координатами отрывного пузыря, примыкающего к кромке ребра (рис. 3). Второй градиент давления прослеживается на всех кривых для сечения $y/h \leq 0,875$ (рис. 3, г), расположенного ближе к корню ребра. Причем, минимумы давлений малоподвижны и не зависят от высоты ребра h . Их координата для профиля трубы $d_2/d_1 = 2,8$ составляет $x/L \approx 0,23$, а для трубы $d_2/d_1 = 2,0$ – $x/L \approx 0,3$.

На рис. 4 по результатам моделирования представлена картина течения на поверхностях ребра и несущей трубы в виде траекторий движения частиц потока. Численный эксперимент позволил получить первую отрывную зону, примыкающую к передней кромке ребра. Напомним, что толщина ребра в данных исследованиях имеет 2 мм, а она по оценкам работ [8, 9] существенно влияет на длину отрывной зоны, которая для указанной толщины составляет ~ 7 мм. Этот результат подтверждается вычислительным экспериментом в котором длина отрывной зоны для различных Re_{d_3} и y/h является величиной фиксированной и равной $x \approx 0,05L$, где $L = 140$ мм.

Отрывной пузырь 1 деформирован (растянут вдоль по потоку) со стороны свободного торца ребра и около „кармана”, размещенного между выступающими частями ребер вблизи лобовой части трубы. Логично допустить, что деформация отрывного пузыря связана в первую очередь с взаимодействием потоков, которые двигаются в образованных ребрами полуоткрытых каналах. Таким образом, вблизи стенки трубы существует две замкнутые отрывные области. Длина второго отрывного пузыря 2 составляет ~ 7 мм, а его высота в средней части $\sim 1,4$ мм. Дальше за точкой присоединения на стенке трубы начинает развиваться пограничный слой, срыв которого происходит в кормовой части за миделевым сечением закругленного участка трубы и переходит в ближний след 3, который обычно формируется позади тел цилиндрической формы и носит циркуляционный характер. Представленная на рис. 3 схема течения в качественном отношении похожа на схему течения в межреберных каналах плоско-овальных труб, полученную по результатам экспериментальных исследований методом визуализации [3].

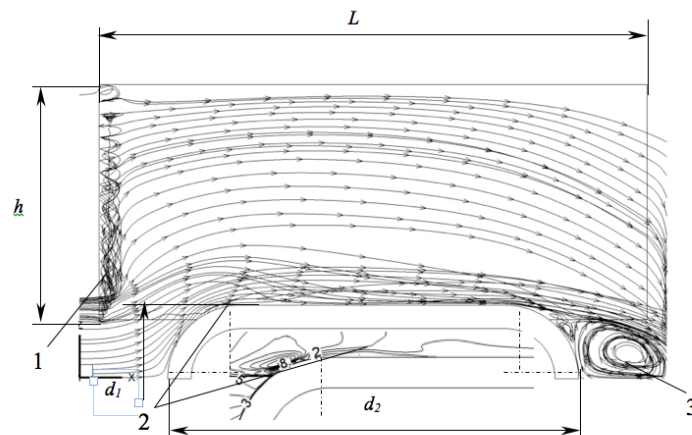


Рис. 3. – Картина течения в пограничном слое на ребре и поверхности трубы:
1 – отрывной пузырь на ребре; 2 – отрывной пузырь на трубе;
3 – ближний след.

Резюмируя представленные результаты, можно констатировать, что с помощью вычислительного эксперимента удалось более полно описать закономерности течения в межреберных каналах плоско-овальных труб с неполным поперечным оребрением и объяснить механизм интенсификации теплообмена в них [4].

Выводы

По результатам численного моделирования можно сделать следующие выводы:

- верификация с экспериментальными данными [1] показала, что различия между расчетными и опытными коэффициентами давления, в среднем, не превышают 18 %;
- численный расчет расширил представления об особенностях течения на ребре плоско-овальной трубы и позволил получить модель течения на поверхностях трубы и ребра.

Литература

1. Письменный Е.Н., Терех А.М., Семеняко А.В., Баранюк А.В. Теплоаэродинамическая эффективность трубчатых поверхностей нагрева ре-генераторов ГТУ // Промышленная теплотехника. – 2010. – Т.32, №4 – С. 63-73.
2. Письменный Е.Н., Терех А.М., Бурлей В.Д., Баранюк А.В. Теплообмен и аэродинамическое сопротивление малорядных пучков плоско-овальных труб с неполным оребрением // Промышленная теплотехника. – 2010. – Т.32, №5 – С. 34-41.
3. Семеняко А.В., Письменный Е.Н. Течение на поверхности плоско-овальных труб с поперечным оребрением // Труды XVII школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А.И. Леонтьева. – 25-29 мая. – г. Жуковский, Россия. – 2009. – Т.2. – С. 132-135.
4. Письменный Е.Н., Рогачов В.А., Баранюк А.В., Семеняко А.В., Вознюк М.М. CFD-моделирование процессов теплообмена труб удобообтекаемой формы с неполным поперечным оребрением // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – №1 (20) – С. 30-36.
5. Быстров Ю.А., Исаев С.А., Кудрявцев Н.А., Леонтьев А.И. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб – Санкт-Петербург: Судостроение, 2005. – 389 с.
6. Мочалин Е.В., Халатов А.А. Гидродинамика закрученного потока в ротационных фильтрах – Институт технической теплофизики НАН Украины. – Киев, 2010. – 428 с.
7. Краус А. Охлаждение электронного оборудования – Л.: «Энергия», 1971. – 246 с.
8. Эпик Э.Я. Проблемы прогнозирования и расчета верхнего теплового ламинарно-турбулентного перехода (проблемный доклад) // Труды V Минского международного форума по тепло-и массообмену, 24-28 мая 2004, -Минск.-2004.-10 с.
9. Сперроу Е., Кер Н. Влияние неравномерного распределения скорости на входе на турбулентный теплообмен и потери давления в плоско-параллельном канале прямоугольного сечения // Теплопередача – 1983 – т.105, №3 – С.100-109.

Безенков И.И.

Магистрант, Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Казахстан

ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СЕТЕЙ LTE

Аннотация

В статье рассмотрено – моменты, учитываемые при построении сетей LTE, обзор методов расчета зон покрытия, модели прогнозирования.

Ключевые слова: Телекоммуникации, LTE, радиопокрытие.

Bezenkov I.I.

Undergraduate, S. Seifullin Kazakh agro technical university, Kazakhstan

HIGHLIGHTS IN LTE NETWORK CONSTRUCTION

Abstract

In article points to be, considering when building networks LTE, an overview of methods for calculating coverage, forecasting models.

Keywords: Telecommunications, LTE, radio coverage.

Телекоммуникационная отрасль является одной из наиболее быстро развивающихся отраслей современной экономики. Сотовая связь занимает в отрасли особое место. Сотовая связь в последние годы благодаря мощному толчку с своим развитием получила большое количество абонентов, услуги связи становятся все более доступными, скорость доступа в сетях увеличивается и в настоящее время доступна на большей населенной части страны. Процесс внедрения новых технологий идет постоянно, и абоненты уже привыкли к постоянному улучшению качества предоставляемых услуг.

Одной из основных тенденций дальнейшего развития телекоммуникаций является конвергенция широкополосных услуг (технологий) мобильной и фиксированной связи. Постоянное внимание операторов мобильной связи к фиксированным сетям объясняется перспективами быстрого распространения широкополосных услуг: абоненты привыкли иметь доступ к мультимедийным услугам везде, где только возможно, кроме того, количество таких услуг непрерывно нарастает. Абоненту важно получить высокоскоростные услуги, и ему неважно, к какой именно сети доступа и с помощью какого протокола в данный момент времени подключен его смартфон, планшет или другое мобильное устройство. Следовательно, фиксированная связь будет прекрасным дополнением к мобильной, обеспечивая повышение качества услуг в направлении их устойчивости и непрерывности с использованием единой точки доступа к таким услугам. В связи с этим проектирование сетей LTE в настоящее время является непрерывным и актуальным процессом. Прежде чем проектировать такую сеть, необходимо провести прогноз зон радио покрытия.

Прогноз зон радиопокрытия

Прогноз зон радиопокрытия основан на возможности определения пространственного распределения интенсивности электромагнитного поля, создаваемого источниками радиоизлучения, с учетом присутствия всех препятствий, встречающихся на пути распространения радиоволн.

Методы расчета зоны покрытия

Расчет интенсивности радиополя необходим как для прогнозирования зон радиопокрытия, так и для решения проблем, связанных с электромагнитной совместимостью. Методы расчета зоны покрытия в условиях городской застройки, в зависимости от расстояния до излучающей антенны, существенно отличаются. При этом, используются совершенно разные методы для расчета поля внутри помещений при внутреннем и наружном расположении антенн. На близких расстояниях от наружного источника излучения (до нескольких сотен метров) на распределение поля влияют и, следовательно, требуют учета, все окружающие здания. В этих случаях достаточно достоверный расчет производится с использованием методов физической территории дифракции (ФТД) и равномерной геометрической теории дифракции (РГТД). Более грубые оценки величины поля можно получить, используя некоторые специальные модели расчета распространения [2].

Одной из эмпирических формул, позволяющих прогнозировать средние потери при распространении радиоволн при отсутствии прямой видимости, является модернизированная формула Окамуры-Хата:

$$L = \begin{cases} A + B \lg R & (a) \\ A + B \lg R - C & (b) \\ A + B \lg R - D & (c) \end{cases}$$

где a – для городской застройки

b – для сельской и пригородной застройки

c – для открытой местности

R – расстояние между антенной БС и антенной АС в км;

$$A = 69.55 + 26.16 \lg f_0 - 13.82 \lg h_{\text{БС}} - a(h_{\text{БС}});$$

$$B = 44.9 - 6.55 \lg h_{\text{БС}};$$

$$C = 2 \left[\lg \left(\frac{f_0}{28} \right) \right]^2 + 5.4;$$

$$D = 4.78 \cdot (\lg f_0)^2 - 19.33 \lg f_0 + 40.94;$$

$$a = \begin{cases} (1.1 \lg f_0 - 0.7) \cdot h_{\text{АС}} - (1.56 \lg f_0 - 0.8) & (a) \\ 8.28 \cdot (\lg(1.54 \cdot h_{\text{АС}}))^2 - 1.1 & (b) \\ 3.2 \cdot (\lg(11.75 \cdot h_{\text{АС}}))^2 - 4.97 & (c) \end{cases}$$

где a – для малых и средних городов;

b – для крупных городов ($f_0 < 0.44 \text{ ГГц}$);

c – для крупных городов ($f_0 < 0.4 \text{ ГГц}$);

$h_{\text{БС}}, h_{\text{АС}}$ – высоты установки антенн базовой и абонентской станций;

f_0 – значение средней частоты радиосигнала, МГц.

Максимальный размер R зоны радиопокрытия, соответствующий наличию оптимальной взаимной ориентации максимумов диаграмм направленности базовой и абонентской антенн определяется из условия $L=B$.

Методика расчета ожидаемой дальности действия является приближительной, поэтому полученные при расчете результаты следует рассматривать как ориентировочные.

В процессе установки базовой станции схема покрытия связью может быть уточнена с помощью производимых на местности замеров и дальнейшим изменением параметров установки БЗ с учетом анализов их результатов.

Модели прогнозирования

Для прогнозирования радиуса действия в условиях центра города может быть использована модель COST231 Валфич/Икегами. Эта модель состоит из трех компонентов: потери в открытом пространстве, дифракция крыша-улица и потери на рассеяния и много-экранные потери. Эта модель более сложная, чем Ната и представляет собой комбинацию эмпирической и детерминистической модели. Она учитывает не только высоту антенн передатчика и приемника, но также высоту зданий, расстояние между зданиями и ширину улицы. Таким образом, данная модель может с достаточной степенью точности предсказать радиус действия базовой станции, расположенной в центре города [1].

Таким образом, на основании этих данных возможно рассчитать максимальную теоретическую пропускную способность базовой станции.

Литература

1. Кукса Е. А. Моделирование дальности действия и пропускной способности базовой станции мобильных сетей LTE [Текст] / Е. А. Кукса // Молодой ученый. — 2011. — №8. Т.1. — С. 68-73.
2. Кузнецов И.В., Блохин В.В., Султанов А.Х. Разработка модели и алгоритмов стохастической идентификации ситуации в системе мобильной связи. — Сборник статей УГАТУ, 2005.

Работа представляет собой рассмотрение проблемы полного и рационального использования молочной сыворотки. Основное внимание уделено мембранной фильтрации. Рассмотрены методы мембранного разделения сыворотки, такие как обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация и микрофильтрация.

Предложены новые рецептуры плавленых сыров с использованием сыворотки, обработанной баромембранными методами (NF и OO) и электродиализом (ЭД).

Ключевые слова: молочная сыворотка, сывороточные белки, твердая фракция (ретентат), фильтрат (пермеат), микрофильтрация ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос.

Work is a consideration of the problem of complete and rational use of whey focuses on the membrane filtration. A review of the methods of membrane separation serum such as reverse osmosis, nanofiltration, ultrafiltration and microfiltration.

Proposed new processed cheese recipe using serum treated membrane methods (NF and ro) and dialysis (ED).

Keywords: whey, whey protein, the solid fraction (retentate), the filtrate (permeate), microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis.

Среди продуктов питания молоко занимает почти ведущее место благодаря содержанию хорошо усвояемых биологически полноценных белков, жиров, молочного сахара (содержащегося только в молоке), минеральных веществ, витаминов и микроэлементов. В основном, это коровье молоко, производство которого в мире достигло свыше 500 млн. тонн. Великий русский физиолог И.П.Павлов образно назвал молоко «изумительной пищей, приготовленной самой природой», молоко сопровождает человека всю его жизнь – от рождения до глубокой старости, усвояемость очень высокая (98-99%).

Но с ростом населения земного шара в последние годы неуклонно возрастает потребность в молочном сырье, молоко становится все более дефицитным и дорогим, цены на молоко резко возросли, как в мировом масштабе, так и в России, где закончилась эпоха дешевого молока. В России в промышленных масштабах производится только молоко крупного рогатого скота – коровье молоко. В таблице 1 показаны производство и потребление молока в России и странах с развитой молочной промышленностью.

Таблица 1 - Производство и потребление молока в России и странах с развитой молочной промышленностью

Страна	Валовое производство молока, млн.т	Средний удой, кг/год	Базисная массовая доля, %		Производство на душу населения, кг/год	Потребление на душу населения, кг/год
			жир	белок		
1	2	3	4	5	6	7
Великобритания	17,0	4900	4,0	3,2	289	340
Франция	33,0	3200	4,1	3,2	599	492
США	65,0	5800	3,5	3,1	272	256
Россия	31,0	3015	3,5	2,8	227	235

Данные таблицы 1 свидетельствуют о значительном отставании России в производстве и потреблении молока от стран с развитой молочной промышленностью, а если вспомнить более ранние периоды, тогда потребление молока на душу населения составляло в 1965г – 250кг, в 1969г – 304кг.

К сожалению, тенденция к снижению производства на душу населения молока и молочных продуктов на ближайшее время сохраняется, в связи с чем ведутся поиски дополнительных источников животных белков к рациону питания. Хорошим дополнительным источником животного белка, в частности молочного, являются белки молочной сыворотки, так называемые сывороточные белки. Сыворотку получают при переработке молока на сыр и творог, но при этом только 20% массы молока переходит в основной продукт, а 80% - это сыворотка, которую перестали, наконец-то, считать отходом производства. Теперь сыворотку уважительно называют белково-углеводным вторичным молочным сырьем, являющимся полноценным источником биологически ценных компонентов молока. Особенно уникальным является азотсодержащий комплекс, представленный белковыми веществами (протеины) и небелковыми соединениями, и занимающий в массе сухого вещества до 15% (таблица 2).

Таблица 2 – Состав цельного молока и сыворотки

Состав	Цельное молоко	Подсырная сыворотка	Творожная сыворотка
1	2	3	4
Сухое вещество, % в том числе	12,1	6,3	5,4
молочный жир	3,6	0,2	0,1
белки	3,2	0,7	0,6
молочный сахар	4,8	4,8	4,7
минеральные в-ва	0,6	0,52	0,6
Общий азот, мг/г	-	1,3	1,2
Небелковый азот, мг/г	-	0,34	0,34
Белковый азот, мг/г	-	0,95	0,85
Растворимый азот, мг/г	-	1,3	1,18
Небелковый азот, % к общему азоту	-	26,2	28,6
Кислотность, °Т	19	20	60-75
Витамин В ₁ , мг/кг	0,4	0,31	0,3
Витамин В ₂ , мг/кг	1,5	1,4	1,1
Витамин С, мг/кг	15	5,0	5,0
Энергетическая ценность, ккал	616	242	232

Из таблицы 2 видно, что основными и наиболее ценными компонентами молочной сыворотки являются липиды, белки и углеводы. Кроме основных, в сыворотку переходят минеральные соли молока, небелковые азотистые соединения, витамины, ферменты, гормоны, иммунные тела, органические кислоты, то есть почти все соединения, обнаруженные в настоящее время в молоке (всего в сыворотке обнаружено более 200 жизненно важных питательных и биологически активных веществ, среди них

очень ценные α -лактоглобулин, β -лактоальбумин, альбумин сыворотки крови, иммуноглобулин и протозоопептоны, а также следы железосодержащих белков). Все эти вещества составляют 25% от общего количества белков сыворотки.

В молочной сыворотке содержатся все незаменимые аминокислоты, количество которых показано в таблице 3.

Таблица 3 – Общее содержание аминокислот в молочной сыворотке, мг/л

Сыворотка	Аминокислоты			
	свободные		в белках	
	всего	в том числе незаменимые	всего	в том числе незаменимые
Подсырная	132,7	51,0	6490	3326
Творожная	450,0	356,0	5590	2849

По меткому определению профессора К.С. Петровского молочная сыворотка при минимуме калорий (242 ккал) имеет максимум биологической и физиологической полноценности.

Общее содержание аминокислот в подсырной и творожной сыворотке примерно одинаково. Однако в творожной сыворотке содержится в 3,5 раза больше аминокислот и в 7 раз больше незаменимых свободных аминокислот (в основном за счет валина, фенилаланина, лейцина, изолейцина), чем в подсырной. Это можно объяснить тем, что при производстве творога происходит более интенсивный гидролиз белков, чем при производстве сыра. Содержание свободных аминокислот в подсырной сыворотке в 4 раза больше, чем в исходном молоке, а в творожной – в 10 раз.

Сывороточные белки по биологической ценности превосходят казеин. Содержание незаменимой серосодержащей аминокислоты цистина в глобулине в 7, в альбумине в 19 раз выше, чем в казеине. В альбумине и глобулине больше лизина, который играет определенную роль в защитных реакциях организма.

Сывороточные белки служат дополнительным источником аргинина, гистидина, триптофана и лейцина. Это позволяет отнести их к полноценным белкам, используемым организмом для структурного обмена, в основном для регенерации белков печени, образования гемоглобина и белков плазмы крови.

С физиологической точки зрения сывороточные белки более полноценны, чем белки растительного происхождения. Живой организм способен быстро переваривать сывороточный белок, причем без образования балластных веществ, усвояемость основных компонентов выше 98%.

Углеводный состав молочной сыворотки и молока аналогичен. Основным углеводом сыворотки является лактоза – уникальный вид молочного сахара. Из органических кислот в ней присутствуют молочная, лимонная и летучие жирные – уксусная, муравьиная, пропионовая, масляная.

Таким образом, молочная сыворотка является полноценным пищевым и фармакологическим сырьем и несомненно представляет интерес для переработчиков молока, если учесть что в России ресурсы сыворотки составляют более 3,5 млн. т в год (в мире по данным ММФ – более 130 млн.т). Российские резервы сывороточных белков равны 24,5 тыс. т в год, молочного сахара 168 тыс.т в год. Но используется в России сыворотка крайне плохо – только на 35%, в основном она идет на кормовые цели или сливается в канализацию, что уже является преступлением перед экологией и человечеством.

Сброс сыворотки в водосборные колодцы из-за высоких значений ХПК (50,5 – 54 гр О на 1 л) и БПК (32-39 гр О₂ на 1л) в большинстве стран, занимающихся переработкой молока, запрещен. Затраты на очистку сточных вод, загрязненных молочным предприятием, перерабатывающим 100 т молока в сутки, равноценны расходам на очистку сточных вод города с населением 80 тыс. человек.

Проблема полного и рационального использования молочной сыворотки существует во всем мире, независимо от форм собственности и системы экономических отношений. В странах с развитой молочной промышленностью (Франция, Италия и др.) от 65 до 95% получаемой сыворотки идет на производство сухой сыворотки, концентратов и заменителей цельного молока. Так, США ежегодно производят более 500 тыс. т сухой сыворотки, в России – немного более 2 тыс.т. Поэтому в нашей стране проблема переработки молочной является очень острой и актуальной. Что же сдерживает решение этой проблемы?

1. Самое главное – срабатывает стереотип невыгоды от переработки дешевой сыворотки, так как за нее платят копейки (1т – 110руб), а это ведь 50% сухих веществ цельного молока (1т стоит от 13000 до 17000 руб). Право - ходим по золоту, а выбрасываем его в канализацию.

2. Отсутствие экономически выгодных технологий переработки сыворотки.

3. В России не было современного оборудования для переработки сыворотки, особенно соленой, так как около 30% сыворотки получают при производстве сыров Российский, Голландский и некоторых других видов, в технологии которых предусмотрена посолка поваренной солью в сырдельных ваннах, при этом соль переходит в сыворотку. К тому же сыворотка обладает природной соленостью (0,5-0,6%), что при сушке увеличивает концентрацию солей до 10% и реализация такой сыворотки очень затруднена.

4. Отсутствие в торговле многофункциональных продуктов питания на основе молочной сыворотки и рекламы здорового образа жизни при употреблении этих продуктов.

5. Либерализм экологической службы в вопросах сброса сыворотки в сточные воды без ее обработки. Ведь взимать с предприятий экологические штрафы за слив сыворотки в водоемы им гораздо выгоднее, чем участвовать в организации глубокой переработки этой сыворотки, в то время как в Европе считается более выгодным получать из сыворотки различные продукты, даже при высоком уровне стоимости энергоносителей.

Переработка молочной сыворотки в Европе направлена, в первую очередь, на производство продуктов питания, и в нашей стране эта проблема в последние 15-20 лет успешно реализуется, в связи с приобретением рядом крупных компаний оборудования для комплексной переработки молочной сыворотки с применением инновационных технологий обработки, а именно, мембранной фильтрации.

Мембранные процессы основаны на фракционировании многокомпонентного жидкого субстрата с помощью мембраны различной пористости, разделяющих систему на фракции: «концентрат» (ретентат) и «фильтрат» (пермеат), при этом полупроницаемые мембраны являются своего рода «молекулярным ситом», проницаемым для молекул, диаметр которых меньше диаметра пор мембраны, и задерживающим более крупные молекулы. И в первую очередь внедрение этих процессов связано с безотходностью производства и переработкой молочной сыворотки.

В зависимости от поставленных задач применяются следующие методы мембранного разделения сыворотки:

1. Микрофильтрация (МФ) – удаление бактерий разделением макромолекул.

2. Ультрафильтрация (УФ) – концентрация крупных молекул и макромолекул.

3. Нанофильтрация (НФ) – концентрация органических компонентов посредством удаления части моновалентных ионов, например, натрия и хлора (частичная деминерализация).

4. Обратный осмос (ОО) – концентрирование растворов посредством удаления воды.

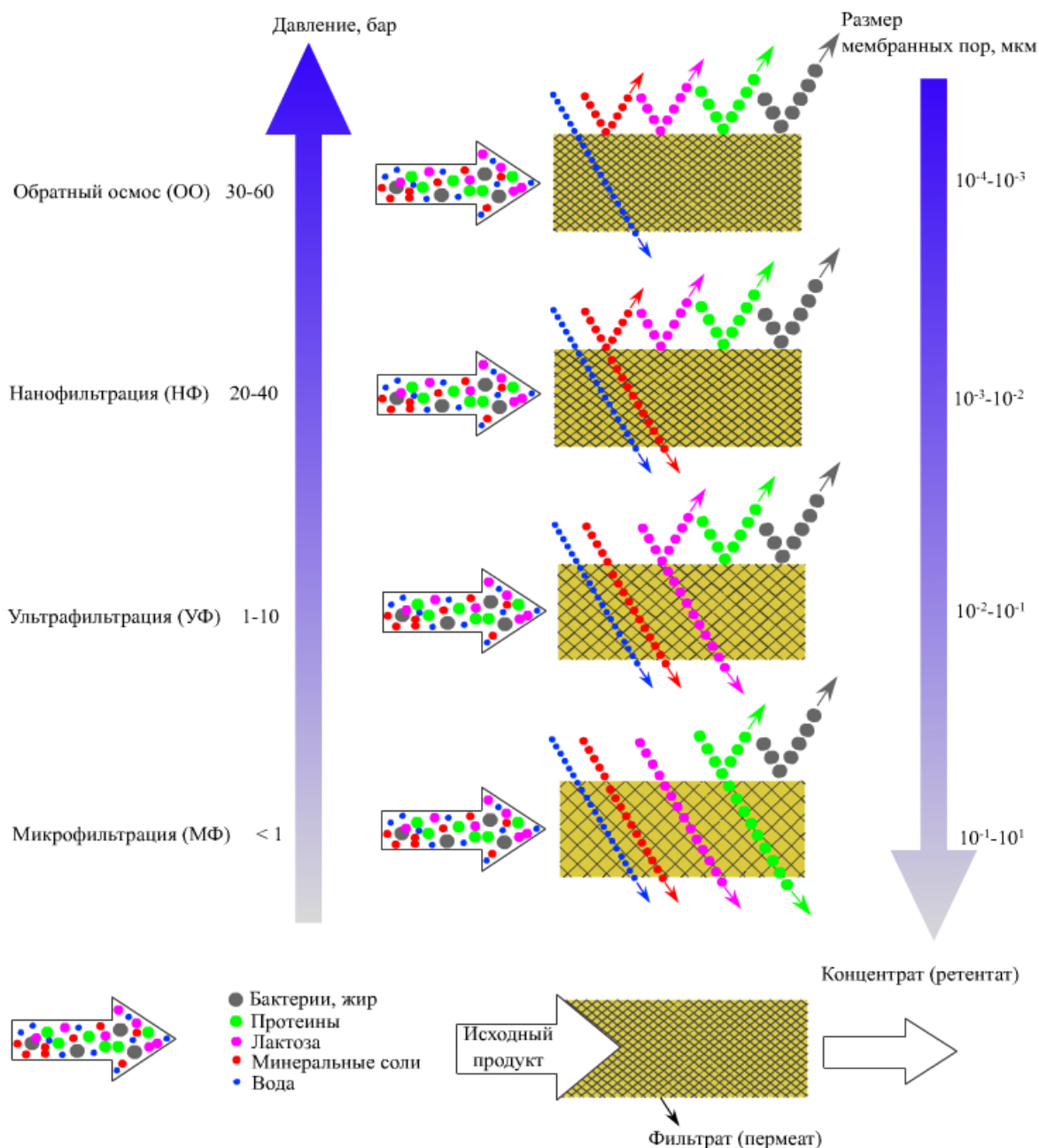


Рис. 1 - Методы мембранного разделения сыворотки

Во всех вышеназванных методах используется поперечная мембранная фильтрация потока, при которой загружаемый раствор пропускается сквозь мембрану под давлением. Раствор проходит через мембрану, а твердая фракция (ретентат) задерживается, в то время как фильтрат (пермеат) удаляется.

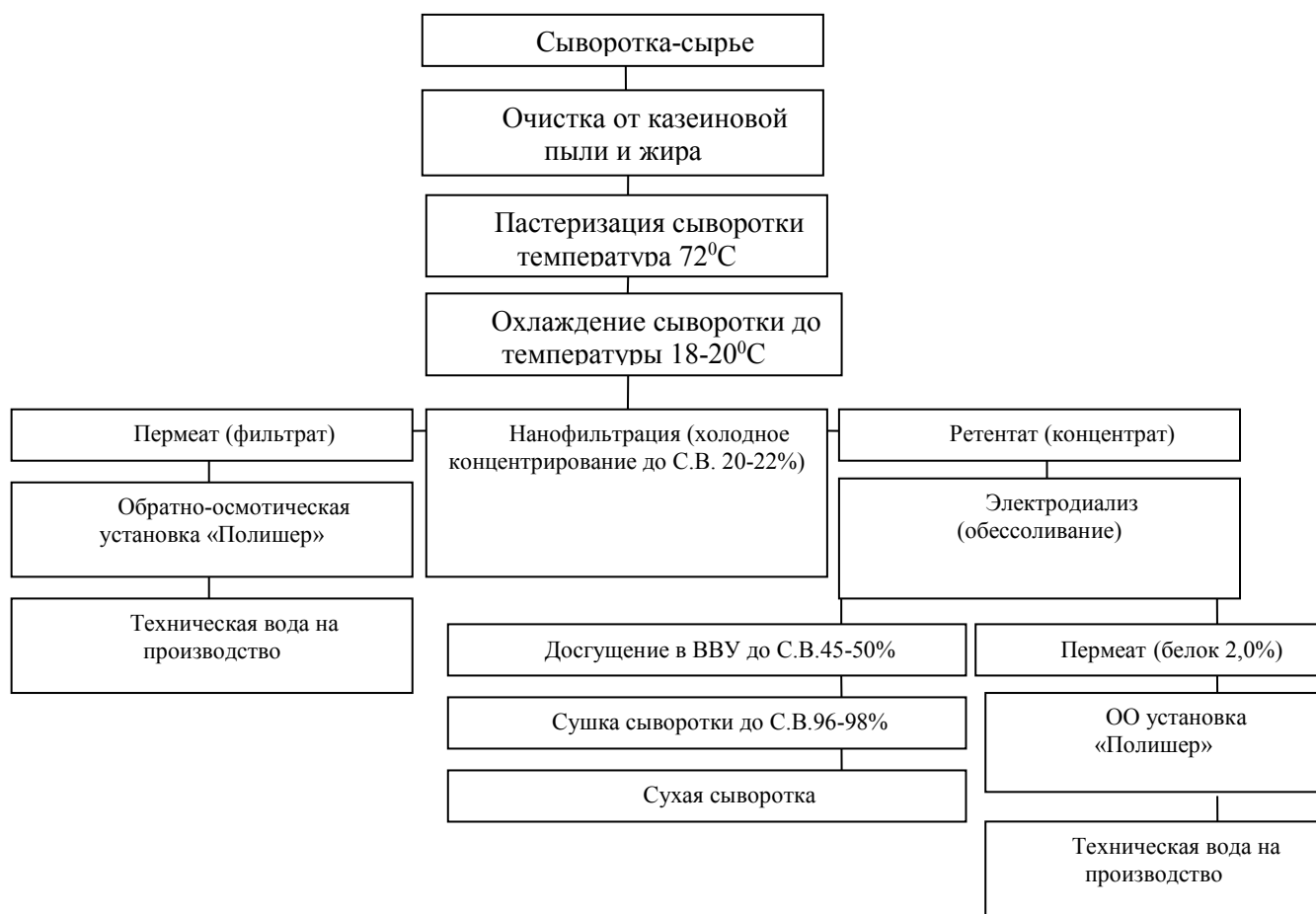


Рис. 2 – Схема баро- и электромембранной обработки сыворотки при производстве сухой сыворотки

В схеме (рисунок 2) на первом этапе сырая сыворотка проходит предварительное стужение до массовой доли сухих веществ 20-22% в нанофильтрационной установке (NF) – это так называемое холодное концентрирование при температуре 18-20°C, при котором происходит частичная деминерализация сыворотки (до 30%) и снижение кислотности, что снижает нагрузку на электродиализную установку (ЭД) и повышает эффективность ее работы.

Подсгушенная сыворотка (ретентат) подвергается деминерализации (окончательному обессоливанию) в электродиализной (ЭД) установке Мега (Чехия) до требуемого уровня деминерализации 50,70,90%. Кислотность также снижалась в обработанной мембранными методами сыворотке в 2 раза, в сухой в 5,6 раз. Баланс компонентов молочной сыворотки при ее мембранной обработке показан в таблице 4.

Таблица 4 – Компоненты молочной сыворотки при обработке мембранными методами

Показатели, %	Сыворотка сырая	Сыворотка подсгушенная С.В.20%	Сыворотка деминерализованная		Сыворотка сухая С.В.95%	
			70%	90%	70%	90%
Нативный белок	0,61	2,28	2,23	2,21	15,2	15,2
Небелковый азот	0,2	0,46	0,46	0,46	-	-
Лактоза	4,0	13,65	13,68	13,67	78,0	78,0
Молочная кислота	0,85	2,60	0,46	0,47	0,15	0,15
Жиры	0,06	0,16	0,16	0,15	1,03	1,03
Зола	0,52	1,98	0,62	0,24	2,65	1,0
Сухие вещества	6,24	21,13	17,61	17,2	96,13	95,4

После ЭД-обработки в пермеате деминерализованной сыворотки остается более 2% белка и молочный сахар, удалить которые стало возможным на обратно-осмотической установке «Полишер» с мембранами диаметром пор $10^{-4} - 10^{-3}$ мкм и использовать в производстве.

Для эффективной работы NF и ЭД-установок необходимы следующие условия:

- центробежная очистка сыворотки-сырья от казеиновой пыли и жира;
- минимальное время хранения сыворотки до переработки - не более 2-х часов при температуре $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$;
- температура пастеризации сыворотки не должна превышать 72°C во избежание денатурации сывороточных белков;
- постоянный контроль уровня содержания молочной кислоты в процессе обработки и сушки.

Обработка сыворотки баромембранными методами (NF и ОО) и электродиализом (ЭД) открывает широкие перспективы для использования сухой или концентрированной обессоленной сыворотки, как составной части натурального молока, для введения в рецептуры традиционных молочных продуктов, в частности, плавленых сыров, представляющих в настоящее время широкую гамму ассортимента. Белково-углеводные компоненты молочной сыворотки, в отличие от компонентов немолочного происхождения, получивших в последнее время очень широкое распространение, повышают биологическую и питательную ценность плавленых сыров. И что еще немаловажно – традиционные продукты, обогащенные продуктами переработки сыворотки, экономически более выгодны, так как за счет максимального использования вторичного молочного сырья себестоимость плавленых сыров ниже на 20-25%, а производство и ассортимент плавленых сыров в последнее время значительно расширились за счет крупных игроков на российском рынке («Хохланд» и др.) и составляет в настоящее время свыше 15% в объеме всей сырной продукции.

Литература

1. Евдокимов И.А. Развитие мембранных технологий: рациональность и безотходность / И.А. Евдокимов // Молочная промышленность. -2010. - №12. - С. 60-65.
2. Учебное пособие «Технология хранения и переработки молока и молочных продуктов». – Варивода А.А., Овчарова Г.П. – Saarbrücken: Palmarium, 2013. – 246-250 с.
3. Рогов И.А. Перспективные направления переработки вторичных ресурсов / И.А. Рогов, Е.И. Титов, Н.А. Тихомирова // Переработка молока. - 2010. - № 2. - С. 16-17.

Волосухин В. А.¹, Тищенко А. И.², Чертов В. В.³

¹Доктор технических наук, профессор, Новочеркасская государственная мелиоративная академия; ²кандидат технических наук, доцент, Новочеркасская государственная мелиоративная академия; ³соискатель.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОБЕТОНА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация

В статье рассмотрено применение бетона с неметаллическим заполнителем и неметаллической арматурой для строительства, реконструкции и ремонта гидротехнических сооружений (в частности, причальных стен) для увеличения их срока службы и повышения надёжности.

Ключевые слова: причальная стенка, фибробетон, металлический шпунт «Ларсен 5 – УМ», добавки, стыки.

Volosuhin V. A.¹, Tishencko A. I.², Featuresov V. V.³

¹Doctorate engineering science, the professor, Novocherkassk state meliorative academy; ²candidate engineering science, the senior lecturer, Novocherkassk state meliorative academy; ³withselector.

APPLICATION FIBROID CONCRETE FOR INCREASE IN SERVICE LIFE OF BERTHING CONSTRUCTIONS

Abstract

In clause(article) application of concrete with a nonmetallic filler and nonmetallic armature for construction, reconstruction and repair of hydraulic engineering constructions (in particular, berthing walls) for increase in their service life and increase of reliability is considered.

Keywords: a berthing wall, fibroid concrete, metal шпунт «Larsen 5 - UM», additives, joints.

статья изъята

статья изъята

Гамаюнов В.П.¹, Варламова Т.В.²

¹Кандидат технических наук, профессор, Саратовский государственный аграрный университет; ²кандидат технических наук, доцент, Саратовский государственный аграрный университет²

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЙ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

Аннотация

В статье анализируются проблемы деформативности зданий, основанных на просадочных грунтах. Рассмотрено влияние конструктивных особенностей зданий на их деформативность при увлажнении просадочных грунтов на примере здания общежития Саратовского медицинского университета. Предложены технические решения по повышению надежности и долговечности зданий на просадочных грунтах.

Ключевые слова: деформации зданий, просадочные грунты, обследование, надежность.

Gamayunov V.P.¹, Varlamova T.V.²

¹Candidate of Technical Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University; ²Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Saratov State Agrarian University².

THE PROBLEMS OF IMPROVE THE OPERATIONAL RELIABILITY OF BUILDINGS, BASED ON THE SUBSIDING SOILS

Abstract

The article presents the results of a investigation of buildings, based on the subsiding soils. Analyzed the influence of the design features of the building on its deformation when foundation soils are moistened. As an example, considered the hostel of Saratov State Medical University. There are proposed technical solutions to improve the reliability and durability of the building, based on the subsiding soils.

Key words: deformation of buildings, soil subsidence, inspection, reliability.

Проблемы эксплуатации зданий и сооружений, возведенных на территориях, сложенных просадочными грунтами, в последнее время приобретают повышенную актуальность для многих российских городов. На проявление просадочности грунтов зачастую влияет изношенность подземных водонесущих коммуникаций, сложность регулярного контроля за состоянием грунтов в основании существующих зданий и увеличение нагрузок и воздействий на грунты оснований.

Одним из зданий, пострадавших в результате замачивания просадочных грунтов основания, является здание общежития № 2 Саратовского государственного медицинского университета имени Разумовского, обследованное сотрудниками Научно-исследовательской строительной лаборатории надежности Саратовского аграрного университета. При обследовании здания

проводились замеры геометрических параметров конструкций, деформаций и повреждений, выполнялись необходимые поверочные расчеты [1].

Здание общежития было построено в 1963 г. Уже к 1991 году в стенах и перекрытиях здания образовалась сеть трещин, вызванная осадкой насыпных грунтов под западным крылом здания и просадочных грунтов подстилающего слоя, аналогично деформациям других зданий в центральной части Саратова [2].

В 1991 году было проведено усиление стен здания путем постановки системы тяжей в восточном крыле и накладок из швеллеров в угловых зонах туалетов в восточном и западном крыле здания. Грунты в восточном крыле укреплялись электрополимеризацией, в западном крыле использовались неармированные набивные наклонные сваи.

За период с 1991 по 1995 год неравномерные осадки здания продолжали увеличиваться, состояние несущих стен и перекрытий здания ухудшилось, образовались новые трещины. К 1995 году здание практически перестало эксплуатироваться, за исключением некоторых помещений первого и подвального этажей.

При обследовании здания общежития было оценено техническое состояние отдельных конструкций и здания в целом, выявлены дефекты и повреждения несущих конструкций здания и установлены причины их появления, разработан комплекс мероприятий по обеспечению надежности и долговечности здания [3].

Следует особо отметить влияние условий эксплуатации на состояние здания. До момента обследования в 2004 году продолжалось подтопление здания за счет утечек воды из изношенных подземных коммуникаций. Наличие траншей, колодцев и каналов вокруг здания, технологических каналов и рыхлой засыпки слоем до 3 метров под полом подвала способствовало аккумулярованию воды под зданием при возникновении любого источника замачивания. Источники замачивания по площади здания могли быть расположены в различных зонах, действовать в разное время и в различных сочетаниях. Поэтому замачивание грунтов основания, неравномерные осадки фундаментов и деформации несущих конструкций происходили в разных зонах и в разное время. Этим объясняется отсутствие четкой системы деформаций здания и сложность увязки деформаций в отдельных частях здания с конкретными причинами, их вызвавшими.

Дополнительно следует отметить особенность подземной части здания, когда рыхлая обратная засыпка расчленена сплошными ленточными фундаментами на изолированные друг от друга отсеки. В этом случае наличие источника подтопления в каком-либо отсеке способствует аккумулярованию воды, более интенсивному замачиванию грунтов под фундаментами именно этого отсека, отражаясь в меньшей степени на состоянии других отсеков.

В наружных стенах здания на момент обследования наблюдались массовые прогрессирующие трещины осадочного характера в простенках, надоконных, подоконных и межоконных поясах, сквозные трещины в кладке под опорами оконных перемычек. Было отмечено раскрытие температурного шва вследствие неравномерных осадок восточного блока в северо-восточном направлении.

Трещины во внутренних продольных стенах имели значительно большую ширину раскрытия, чем в наружных стенах. Наблюдались трещины в местах опирания плит перекрытия на продольные и поперечные стены как следствие подвижки плит при деформациях здания. Отклонение наружных стен от вертикали достигало 250 мм.

Учитывая прогрессирующий характер и степень повреждения здания, при решении вопросов усиления требовалось наряду с увеличением несущей способности стен обеспечить достаточную пространственную жесткость надземной части здания, поскольку от нее зависит характер и интенсивность осадок грунтов основания.

Пространственная жесткость здания обеспечивалась продольными и поперечными стенами, железобетонными перекрытиями в 6 уровнях (над подвалом, между этажами и чердачным) и покрытием. Продольные наружные стены по длине разрезаны температурными швами до верхнего обреза фундамента. Во внутренних стенах деформационно-осадочных швов нет.

При наличии трещин в поперечных стенах была нарушена их совместная работа с продольными стенами. В этом случае продольные стены, разрезанные по длине температурными швами, работают как отдельно стоящие, что резко снижает устойчивость стен из их плоскости и пространственную жесткость здания.

Таким образом, в западной части здания преобладали равномерные осадки, а в восточной – неравномерные, связанные с интенсивным подтоплением северо-восточной части здания. Величина равномерных осадок составила 100-120 мм, неравномерных – до 250 мм.

Основными причинами интенсивных неравномерных осадок части здания в северо-восточном направлении явились наличие в этой зоне насыпных грунтов и утечки воды из подземных коммуникаций.

Таким образом, повышенная деформативность здания общежития СГМУ обусловлена следующими факторами [4]:

1. Геологические условия площадки - наличие в основании слабых и насыпных грунтов.
2. Конструктивные особенности здания: ленточные фундаменты под стены здания, утолщенные наружные стены, плоская односкатная крыша, отсутствие температурно-осадочных швов с разрезкой продольных стен и фундаментов на всю высоту здания, наличие неэксплуатируемого чердака, мощный слой обратной засыпки и наличие технологических каналов под полом подвала.
3. Условия эксплуатации: длительное подтопление здания и замачивание конструкций в результате износа водонесущих коммуникаций, нарушения непроницаемости гидроизоляции и кровли, разрушение отмосток и навесов над прямыми.
4. Недостаточность мероприятий по консервации здания после приостановки эксплуатации: продолжается эксплуатация изношенных водонесущих коммуникаций, не устранены источники подтопления здания ливневыми и талыми водами.

Для обеспечения эксплуатационной надежности и снижения деформативности здания были рекомендованы следующие мероприятия.

1. Реконструкция водопроводящих коммуникаций внутри и вокруг здания с учетом требований для зданий, основанных на просадочных грунтах. Перенос душевых из подвала в другое помещение здания.
2. Усиление фундаментов в зоне залегания насыпных грунтов и активного замачивания, где произошли интенсивные неравномерные осадки здания.
3. Постановка системы напрягаемых поясов и тяжей по наружным стенам в уровне междуэтажных перекрытий для повышения пространственной жесткости здания и усиления стен.
4. Усиление деформированных участков стен и простенков путем постановки металлических обоев с последующим оштукатуриванием по сетке.
5. Повышение жесткости сборных железобетонных перекрытий и их сопряжения со стенами путем сварки выпусков арматуры из стен с монтажными петлями плит.

Литература

1. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - М., 2010.
2. Гамаюнов, В.П. Исследование надежности здания саратовской филармонии в процессе реконструкции / В.П. Гамаюнов, Т.В. Варламова // Научная жизнь. – 2013. - № 6. – с. 65-68.
3. Гамаюнов, В.П. Исследование технического состояния объекта культурного наследия «Дом Саратовского биржевого общества» / В.П. Гамаюнов, Т.В. Варламова // Вестник Саратовского госагроуниверситета имени Н.И. Вавилова. – 2014. - № 3.
4. Исследование деформативности зданий на просадочных грунтах / Т.В. Варламова, В.П. Гамаюнов, К.У. Денисова, К.С. Голик // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. - № 1(6). – с. 14-19.

Горностаев В.В.
Студент, Волгоградский Государственный Университет
ИНФОРМАЦИОННОЕ НЕРАВЕНСТВО В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Аннотация

В данной статье рассмотрен вопрос информационного неравенства населения России. Приведены количественные и качественные оценки предоставления услуг связи регионам. Освещены пути преодоления информационного неравенства.

Ключевые слова: телекоммуникации, электронное правительство, информационное развитие.

Gornostaev V.V.
Student, Volgograd State University
INFORMATION INEQUALITY IN MODERN RUSSIA

Abstract

The article considers the question of information inequality in Russia. Have the quantitative and qualitative evaluation of the delivery of communications services to regions. The ways bridge the information inequality.

Keywords: telecommunications, e-government, information development.

статья изъята

Егорова Ю.Б.¹, Давыденко Л.В.², Белова С.Б.³, Мамонов И.М.³, Чибисова Е.В.⁴

¹ доктор технических наук, профессор, ³ кандидат технических наук, доцент, ⁴ аспирант, МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского

² доцент, кандидат технических наук, Московский государственный машиностроительный университет МАМИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКВИВАЛЕНТОВ ПО АЛЮМИНИЮ И МОЛИБДЕНУ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛИМОРФНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ СЛИТКОВ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация

Показано, что зависимость температуры α/β -перехода слитков промышленных титановых сплавов от их химического состава можно описать нелинейными уравнениями регрессии. Отклонения расчетных значений температуры перехода от ее действительных значений в среднем составляют 10°C .

Ключевые слова: титановые сплавы, слитки, химический состав, температура полиморфного превращения.

Egorova Y.B.¹, Davidenko L.V.², Belova S.B.³, Mamonov I.M.³, Chibisova E.V.⁴

¹ Doctor in Engineering, professor ³ Ph.D. in Engineering, associate professor, ⁴ Postgraduate student, MATI – Russian State Technological University, ² Ph.D. in Engineering, associate professor, Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI)

APPLYING OF ALUMINIUM AND MOLYBDENUM EQUIVALENTS IN EVALUATION OF POLIMORFIC TRANSFORMATION TEMPERATURE OF TITANIUM ALLOYS INGOTS

Abstract

It is shown that the dependence of α/β -transition temperature of commercial titanium alloys on their chemical compositions may be described by linear regression equations. The deviation of the calculated transition temperatures from actual ones are on average 10°C .

Keywords: titanium alloys, ingots, chemical composition, the temperature of polymorphic transformation.

Температура α/β -перехода или температура полиморфного превращения (ТПП, точка Ас₃) является важной физической и технологической характеристикой титановых сплавов. Из-за колебаний химического состава в пределах марки ТПП может различаться для разных плавов одного сплава на $20\text{--}50^{\circ}\text{C}$. Для ее определения используются довольно трудоемкие методы, такие, как метод пробных закалок, структурно-аналитический метод, термографический, метод акустической эмиссии и др. [1, 2]. В последние годы интенсивно развиваются расчетные методы оценки ТПП [3–7]. Полученные расчетные модели отличаются друг от друга свободным членом и коэффициентами, так как они во многом определяются конкретной технологией производства, в частности содержанием примесей в шихтовых материалах и слитках. Одним из возможных способов количественной оценки ТПП является статистический метод прогнозирования в зависимости от химического состава сплавов с оценкой точности и надежности.

Цель настоящей работы состояла в статистическом исследовании температуры α/β -перехода слитков промышленных титановых сплавов. Для статистического анализа использовали данные промышленного контроля химического состава и ТПП слитков за 2000–2011 гг. ТПП была определена методом пробных закалок. Объектом исследования послужили 160 слитков десяти сплавов: Grade 2, BT20, BT6, Grade 5, Grade 23, BT3-1, BT8, BT9, BT16, CT6. В работе были проведены первичная статистическая обработка и корреляционно-регрессионный анализ с помощью пакета «Stadia» [8]. Исследуемыми факторами были содержание легирующих элементов и примесей, ТПП, структурные эквиваленты по алюминию и молибдену:

$$[Al]_{\text{экв}}^{\text{cmp}} = \%Al + \%Sn/3 + \%Zr/6 + 10[\%O + \%C + 2(\%N)],$$

$$[Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}} = \%Mo + \%Ta / 4,5 + \%Nb / 3,3 + \%W / 2 + \%V / 1,4 + \%Cr / 0,6 + \%Mn / 0,6 + \%Fe / 0,4 + \%Ni / 0,8 + \%Pd / 0,55.$$

По данным первичной статистической обработки было установлено, что ТПП слитков может изменяться на 20-65⁰С в пределах марки сплава (табл. 1).

Таблица 1 Результаты первичной статистической обработки ТПП слитков

Числовые характеристики	Температура полиморфного превращения слитков, ⁰ С				
	BT20	BT6	Grade 5	BT3-1	BT9
Диапазон по НД	980-1020	970-1010	980-1010	960-1000	980-1020
Диапазон по факту	980-1045	960-1010	980-1000	960-990	985-1020
Размах	65	50	20	30	35
Среднее по факту	990,2	985,6	994,2	977,6	1003
Стандартное отклонение	15,5	8,62	6,114	10,13	10,33
Коэффициент вариации, %	2,0	0,87	0,6	1,04	1,03

В работе был проведен корреляционно-регрессионный анализ зависимости ТПП от химического состава для всех 160 слитков различных титановых сплавов. В исследованных интервалах значений наиболее сильная парная корреляция с ТПП обнаружена для алюминия и структурных эквивалентов по алюминию и молибдену. На основе регрессионного анализа были получены 3 адекватные статистические модели (табл. 2) с высокими значениями формальных статистических характеристик (коэффициента множественной корреляции R, коэффициента детерминации R², стандартной ошибки модели S, критерия Фишера F).

Таблица 2. Результаты регрессионного анализа зависимости ТПП слитков титановых сплавов от структурных эквивалентов по алюминию и молибдену

№	Регрессионная модель	R	R ²	S, ⁰ С	Примечания
1	$Ac_3 = 870 + 17,5 \cdot [Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}} - 4,4 \cdot [Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}}$	0,68	0,46	14,5	Все сплавы
2	$Ac_3 = 870 + 8,6 \cdot [Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}} + 22,3 \cdot [Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}} - 0,41 \cdot ([Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}})^2 - 4,12 \cdot ([Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}})^2 + 1,9 \cdot [Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}} \cdot [Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}}$	0,83	0,69	10,1	Все сплавы
3	$Ac_3 = 882 + 4,7 \cdot [Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}} + 23,6 \cdot [Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}} - 0,16 \cdot ([Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}})^2 - 4,25 \cdot ([Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}})^2 + 1,9 \cdot [Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}} \cdot [Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}}$	0,89	0,79	10,0	Grade2, Grade23, BT16
4	$Ac_3 = 892 + 4,7 \cdot [Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}} + 23,6 \cdot [Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}} - 0,16 \cdot ([Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}})^2 - 4,25 \cdot ([Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}})^2 + 1,9 \cdot [Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}} \cdot [Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}}$	0,89	0,79	10,0	BT6, BT3-1
5	$Ac_3 = 1002 + 4,7 \cdot [Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}} + 23,6 \cdot [Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}} - 0,16 \cdot ([Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}})^2 - 4,25 \cdot ([Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}})^2 + 1,9 \cdot [Al]_{\text{экв}}^{\text{ср}} \cdot [Mo]_{\text{экв}}^{\text{ср}}$	0,89	0,79	10,0	Grade5, BT20

В соответствии с линейной моделью (1) ТПП повышается на 17,5⁰С с увеличением на 1% масс. суммарного содержания α-стабилизаторов и нейтральных упрочнителей, эквивалентных алюминию. Увеличение на 1 % масс. суммарного содержания β-стабилизаторов, эквивалентных молибдену, приводит к снижению ТПП на ~4⁰С. Необходимо отметить, что линейные зависимости могут быть справедливы только в очень узких интервалах значений эквивалентов. В более широком интервале концентраций линии, отделяющие α+β и β-области в двойных и тем более в многокомпонентных системах, не являются прямыми. Нелинейные модели (2)-(5) имеют приблизительно одинаковые статистические характеристики. Однако коэффициенты корреляции и детерминации все же выше для моделей (3)-(5). В работе было проведено сопоставление реальных и расчетных значений ТПП, которое показало, что расчет дает вполне хорошее соответствие для исследованных сплавов. Отклонения расчетных значений температуры перехода от ее действительных значений в среднем составляют 10-15⁰С.

Литература

1. Титановые сплавы. Металлография титановых сплавов./ Борисова Е.А., Бочвар Г.А., Брун М.Я. и др. М.: Металлургия, 1980. – 646 с.
2. Гадеев Д.В., Илларионов А.Г., Попов А.А. и др. Использование метода термического анализа для определения температуры полного полиморфного превращения двухфазного титанового сплава. Титан, №1/2010, с. 24-30.
3. Колачев Б.А., Егорова Ю.Б., Белова С.Б. О связи температуры α+β/β-перехода промышленных титановых сплавов с их химическим составом. // МИТОМ, 2008, №8, с. 10-14.
4. Воздвиженский В.М., Воздвиженская М.В., Ильина Е.Е. Использование метода приведенных концентраций для расчета характеристик и свойств титановых сплавов // Изв. ВУЗОВ. Цв. Металлургия, 1999, №1, с. 56-59.
5. Егорова Ю.Б., Белова С.Б., Чибисова Е.В. Прогнозирование температуры полиморфного превращения титановых сплавов по их химическому составу // Научные труды (Вестник МАТИ), 2012, вып. 19 (91), с.21-25.
6. Z. Guo, S. Malinov, W. Sha. Modelling beta transus temperature of titanium alloys using artificial neural network // Computational Materials Science, 2005, v.32, pp.1-12.
7. H. Onodera, Y. Ro, T. Yamazaki. Design of titanium alloys // Titanium-84: Titanium Science and Technology. Minich, 1984, p.1883-1890/
8. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. М: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. - 512 с.

Елисева Л. И.

Кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель, ГОБУ РС(Я) «Якутский сельскохозяйственный техникум»
УДК 637.1

КИСЛОМОЛОЧНЫЙ НАПИТОК СМЕШАННОГО БРОЖЕНИЯ

Разработана технология кисломолочного напитка «Тар» с использованием консорциума микроорганизмов кефирной закваски и бифидобактерий и ацидофильной палочки. Кисломолочный напиток «Тар» обладает высокими потребительскими и пробиотическими свойствами.

Ключевые слова: кисломолочный напиток, кефирная грибковая закваска, ацидофильные палочки.

Eliseeva L.I.

Phd in Engineering, Yakutsk agricultural vocational school

FEMENTED MILK OF MIXED TERMENTATION

Abstract

The technology of sour-milk Tar drink with use of consortium of microorganisms of kefir ferment and bifidobacteria and an acidophilus stick is developed. Sour-milk Tar drink possesses high consumer and pro-biotic properties.

Keywords: fermented milk, kefir grains, lactobacillus acidophilus

В последние годы особый интерес вызывают традиционные напитки смешанного брожения. Разнообразие микрофлоры, специфические вкусовые характеристики и лечебно-профилактические свойства делают эти продукты популярными.

Актуальность сохранения традиционных национальных технологий кисломолочных напитков и выработка их в промышленных масштабах возможна при гарантии стабильного качества и повышенной пищевой ценности. У местного населения растет интерес к национальным кисломолочным напиткам, содержащим микроорганизмы-пробиотики (бифидобактерии, ацидофильные палочки и другие микроорганизмы).

Особую ценность представляют кисломолочные напитки смешанного брожения. При создании новых молочных напитков необходимо учитывать традиционные предпочтения в пище населения региона и выбор, обоснование ингредиентов, формирующих новые свойства.

Для получения кисломолочного напитка «Тар» использовалась традиционная закваска для кефира, концентрат молочнокислых бактерий, бифидобактерий и ацидофильных палочек. Ацидофильная палочка является активным стимулятором роста бифидобактерий и кефирной закваски.

Для придания кисломолочному напитку направленных профилактических свойств было решено использовать отечественные закваски и бифидобактерии, которые содержат пробиотические микроорганизмы желудочно-кишечного тракта и повышают иммунитет и устойчивость человека к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Использование отечественных ассоциатов бактерий объясняется тем, что они относятся к защитным родам микрофлоры здорового человека и полностью изучены.

Проведенные нами исследования показали, что ассоциаты бактерий имеют высокий биотехнологический потенциал, обладают антагонистической активностью к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам (*E. Coli*, *S. aureus*, *Pr. Vulgaris*, *Ps. Mirabilis*, *Kl. Pneumonia*, *Sh. Flexneri*).

Одним из важнейших этапов создания консорциумов микроорганизмов является изучение сочетаемости микроорганизмов. Сочетаемость определяется свойствами исходных заквасок и их взаимодействием при совместном культивировании.

Нужно добиться взаимной сочетаемости микроорганизмов и взаимного стимулирования, установления стабильного равновесия между видами, более быстрого сбраживания лактозы, баланса ароматообразования, определенной вязкости и усиления антагонистической активности к патогенным микроорганизмам. Нужно найти условия, при которых микроорганизмы заквасок могли сочетаться в консорциуме и выделять полезные функциональные свойства.

Целью экспериментальных исследований было определение сочетаемости выбранных ассоциатов молочнокислых бактерий и бифидобактерий и оптимальных температур их культивирования.

Приготовление ассоциатов осуществлялось в соответствии с инструкциями по приготовлению и применению заквасок для кисломолочных продуктов на предприятиях молочной промышленности.

Сочетаемость ассоциатов определяли по методике ВНИМИ, по продолжительности свертывания молока комбинациями заквасок по сравнению с продолжительностью свертывания каждой закваски, входящей в состав комбинации при равных органолептических показателях.

При составлении консорциумов в стерильное обезжиренное молоко вносили исходные ассоциаты в соотношении 1:1 при общей массовой доле закваски 3%.

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 Сочетаемость ассоциатов и их комбинаций

Вид ассоциата	Температура культивирования, °C	Продолжительность сквашивания, ч	Органолептические показатели
Кефирная закваска	22±2	16,0±0,5	Вкус кисломолочный, острый, консистенция однородная, жидкая
<i>B. bifidum</i>	30±2	7,5±0,2	Вкус чистый, кисломолочный, сгусток ровный
Кефирная закваска <i>B. bifidum</i> 1:1	38±2	7,0±0,4	Вкус приятный, кисломолочный, сгусток ровный

Как видно из таблицы 1, при изучении сочетаемости микроорганизмов ассоциатов наблюдается ускорение процесса образования сгустка, особенно с бифидосодержащими ассоциатами, что указывает на стимулирующее действие микроорганизмов заквасок друг на друга, а также они не оказывают угнетающего воздействия друг на друга при совместном культивировании, а следовательно, на их основе можно получать консорциумы.

Оптимальные температурные режимы культивирования консорциумов микроорганизмов устанавливали по удельной скорости роста бифидобактерий и молочнокислых бактерий, а также по органолептическим показателям.

Для получения оптимальных соотношений ассоциатов молочнокислых бактерий и бифидобактерий была проведена серия экспериментов по изучению основных биотехнологических свойств различных соотношений заквасок. При составлении консорциумов в стерильное обезжиренное молоко вносили исходные ассоциаты в соотношении 1:1 при общей массе 5% и культивировали их при выбранных оптимальных температурах.

Выбор оптимального соотношения ассоциатов в комплексных заквасках проводили с учетом титруемой кислоты, количества жизнеспособных клеток бифидобактерий, продолжительности сквашивания и влагоудерживающей способности сгустков.

Таким образом, на основе теоретических и экспериментальных исследований установлены рациональные технологические параметры получения микробных консорциумов для кисломолочного напитка «Тар». Подобранные сочетания ассоциатов в

комплексных заквасках молочнокислых бактерий и бифидобактерий для напитка «Тар» позволяют получить консорциум с высоким количеством жизнеспособных клеток бифидобактерий и молочнокислых бактерий (10^9 КОЕ в 1 см³).

Литература

1. Мусина О.Н., Щетинин М.П., Сахрынин М.Н. Состояние и тенденции развития биотехнологии комбинированных молочных продуктов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.
2. Семенихина В.Ф. Типы бифидобактерий, их биологические и биохимические свойства // Сб. научн. Тр./ВНИИМП, 1970 г.

Каймин В.Г.¹, Сабилов Ф.С.².

Магистрант, д.т.н., профессор. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» кафедра «Станков»,

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНКА НА КАЧЕСТВО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ.

Аннотация

Данная научно-исследовательская работа рассматривает возможность получения высоких показателей шероховатости (Ra 0,20) путем резания лезвийным инструментом конической поверхности сложной детали. Деталь имеет ряд особенностей: коническая поверхность расположена во внутренней полости, допуск радиального биения составляет 0,03 мм, малые габариты (11x18 мм), а также сложность подвода режущего инструмента. Ранее высокие показатели шероховатости внутренней конической поверхности детали обеспечивались ручной доводкой после токарной обработки путем притирки. Такой способ доводки весьма трудоемкий и давал большой процент брака. Объектом исследований являются колебания и вибрации металлообрабатывающего станка.

Ключевые слова: металлообработка, диагностика станков, вибрационный контроль, вибродиагностика.

Kaymin V.G.¹, Sabirov F.S.².

Master student, PhD, professor. Federal State budget educational institution of Higher Professional Education, Moscow State Technical University "STANKIN" "Machine-tools" department,

EFFECT OF DYNAMIC MACHINE-TOOL FEATURES FOR QUALITY OF MACHINING SURFACE

Abstract

This research scientific work examines the opportunity of receiving high roughness values (Ra 0, 20) by cutting tapered surface of one of the detail with a help of edge tool. The detail has a number of specific features: the tapered surface is located in the inner chamber, radial runout tolerance is 0,03mm, small size (11x18 mm), and complexity of cutting tool approaching. Formerly, high roughness values of inner tapered surface of a detail were achieved by bench finishing (grinding) after the lathe machining. This way is quite laborious and it gives a large amount of throw-out. The object of research is fluctuations and vibration of the machine tool.

Keywords: Machine-tools, Diagnostics of machine-tools, vibration control, vibration diagnostics.

This research scientific work examines the opportunity of receiving high roughness values (Ra 0,20) by cutting tapered surface of one of the details (Fig.1) with a help of edge tool. The detail has a number of specific features: the tapered surface is located in the inner chamber, radial runout tolerance is 0,03mm, small size (11x18 mm), and complexity of cutting tool approaching.

Formerly, high roughness values of inner tapered surface of a detail were achieved by bench finishing (grinding) after the lathe machining. This way is quite laborious and it gives a large amount of throw-out.

The problem arise how to process the tapered surface on the machine-tool together with processing of inner surfaces, avoiding finishing

operations. Machined material – stainless steel. Recommended cutting speed – 90mm \min

During the process of details geometry generation the roughness appears on their surfaces- a range of interchanged baffles and holes which have comparatively small size. Sometimes roughness is a track of cutter or another cutting instrument, it may also appear due to vibrations during the cutting process, or due to the force vibrations of a machine-tool. Surface roughness is one of the basic geometric characteristics of details surface quantity, it influences on operational characteristics of the machine. [1]

This research scientific work examines the opportunity of receiving high roughness values (Ra 0,20) by cutting tapered surface of one of the details (Fig.1) with a help of edge tool. The detail has a number of specific features : the tapered surface is located in the inner chamber, radial runout tolerance is 0,03mm, small size(11x18 mm), and complexity of cutting tool approaching.

Formerly, high roughness values of inner tapered surface of a detail were achieved by bench finishing (grinding) after the lathe machining. This way is quite laborious and it gives a large amount of throw-out.

The problem arise how to process the conic surface on the machine-tool at a time together with processing of inner surfaces , avoiding finishing operations. Machined material – stainless steel. Recommended cutting speed – 90mm \min

It is impossible to process tapered surface on the lathe machines we have now due to the limited spindle

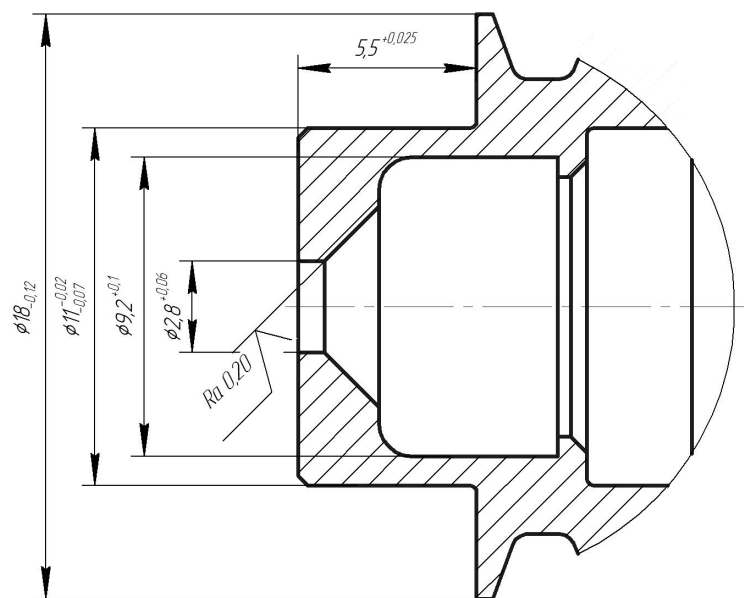


Fig 1

rotational speed(lathe machine has rotational speed of 4000 rpm and the speed of 8000 rpm is needed) The idea of tapered surface processing on the milling machine with CNC model MDV 50811 appeared , the subproduct is fixed on main spindle and the boring tool is fixed on the table. Machine-tool has well balanced spindle and frequency range of 0-15000rpm The evaluation of roughness values was made according to the profilographs of processed details surface which is done with a help of roughness check station Hommel Tester T8000 (Fig 2) The station is made for determination of most roughness parameters and surface contours according to the nowadays standards. One of the received profilographs is shown on the Fig 3.

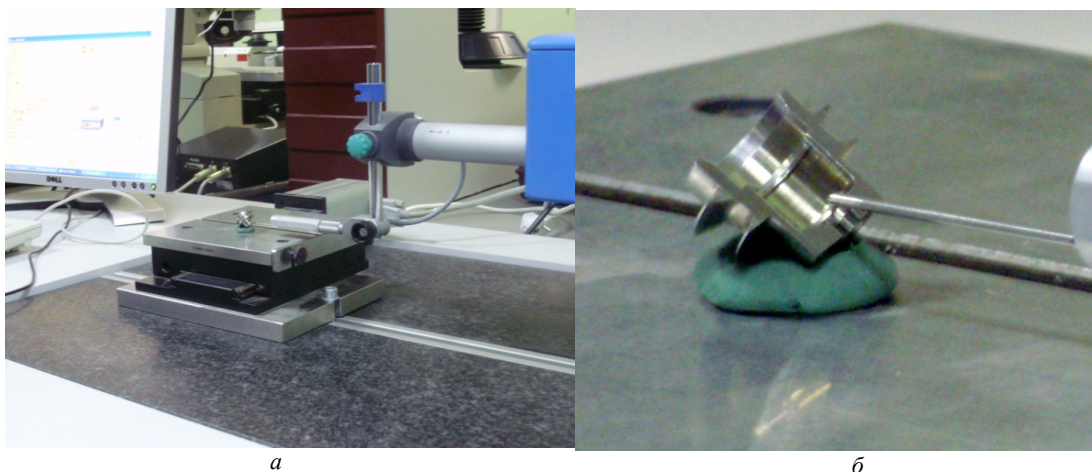


Fig.2 General view of roughness check station(a) and detail in check (b)

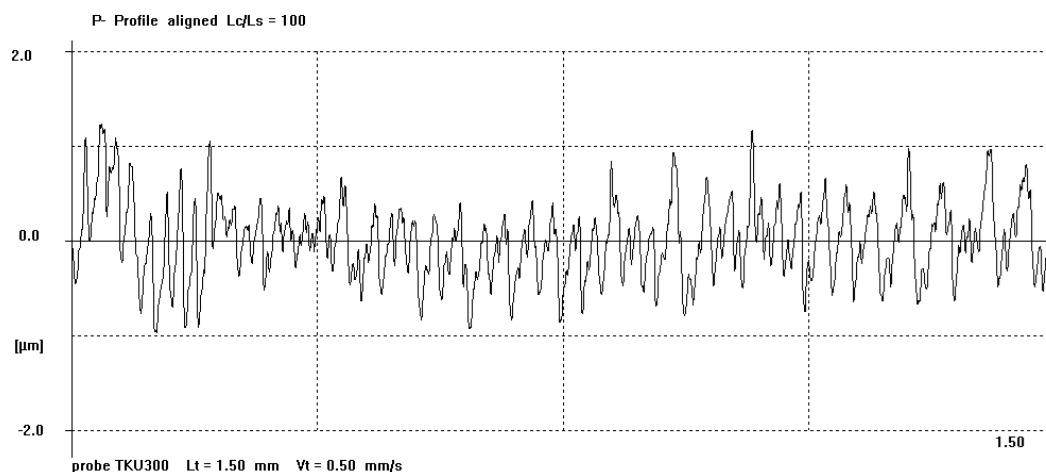


Fig. 3. Profilograph of pattern conic surface which was processed on milling machine with CNC without coolant cutting fluid

Cyclic errors of profile are seen distinctly on the profilograph, they are connected with elastic system elements oscillation which happens during processing. Frequency characteristic of elastic system, vibration spectrum, envelope vibration spectrum by the procedure with a help of program analysis which is shown on fig 3 are used for distinguishing of vibration sources. Vibration spectrum which is shown on Fig 4 indicates cutter oscillations with frequency 8,6 khz. Measures for avoiding cutter oscillations allowed conducting further processing without vibrations.

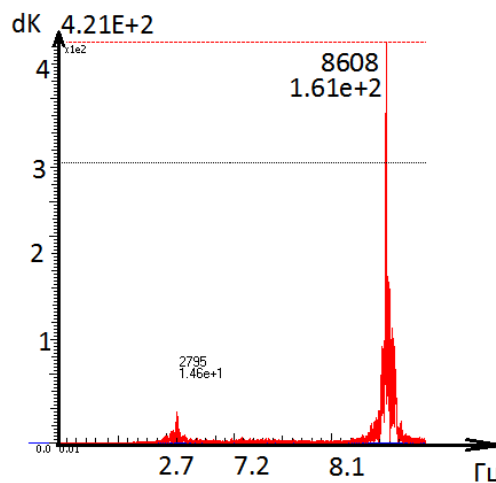


Fig. 4. Vibrations spectrum (vibrational acceleration of cutter during cone cutting)

Taper turning with constant cutting speed i.e., with variable spindle speed rotation gives worse results than cutting with constant speed which is equivalent to the mean diameter of the taper .

During cutting with constant cutting speed (stepless frequency variation speed with diameter changing) the following results were received: : $R_a=0.29 \mu\text{m}$, $R_z=1.71 \mu\text{m}$, $R_{\text{max}}=2.00 \mu\text{m}$.

Cutting with constant speed equivalent to 90 m/min with mean diameter of tapered surface gives the following results: $R_a=0.13 \mu\text{m}$, $R_z=0.83 \mu\text{m}$, $R_{\text{max}}=1.28 \mu\text{m}$.

The data received from this research allows to set processing modes which provide given roughness during edge cutting machining of tapered surface of details without any additional processing.

References

- 1.Editing Bushuyeva V.V. *Metallorazhushchiye stanki* {Metal-cutting machines}. 2011. 608 p.
2. Kudinov V.A. *Dinamika Stankov* { Machine-tools Dynamics }. Moscow : Mashinostroyeniye , 1967. 398 p. (rus)
3. Kozochkin M.P. , Maslov A.R. , Sabirov F.S. *Ispytaniya i diagnostika tekhnologicheskogo oborudovaniya* {Testing and Diagnostics of Manufacturing Machinery}. Study guide. Moscow: R C MSTU "Stankin" 2012. 250 p (rus)

НОВЫЕ СРЕДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫВКИ СУДОВЫХ ВОДЯНЫХ СИСТЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация

В статье рассмотрено – создание новых средств технологического оснащения для гидродинамической промывки судовых водяных систем и оборудования, одного из этапов их изготовления, сборки и монтажа на судостроительных заводах.

Ключевые слова: промывка, судовые системы, судовое оборудование.

Kanaev D.N.¹, Lyamin P.L.², Lebedeva E.G.³, Alexandrov N.I.⁴

^{1,2} Candidate of technical science; ^{3,4} Candidate of technical science, JSC Shipbuilding and Shiprepair Technology Center

NEW TECHNOLOGICAL FACILITIES FOR FLISHING OF SHIP-BORNE WATER SYSTEMS AND EQUIPMENT

Abstract

Present article reviews development of new technological facilities for hydrodynamic flushing of ship-borne water systems and equipment; this procedure is one of stages of construction and installation on shipyards.

Keywords: flushing, ship-borne systems, ship-borne equipment.

Безопасность и надежность эксплуатации, стабильность режимов работы объектов морской техники зависят от качественной технологии изготовления, монтажа систем и их оборудования. К некоторым системам, таким как ядерных энергетических установок, охлаждения судового оборудования выставляются повышенные требования к чистоте внутренних полостей. Для них небольшое присутствие механических примесей технологического или эксплуатационного происхождения, отклоняет рабочие параметры процессов от расчетных, ухудшает процессы теплосъёма, а также способствует раннему износу и выходу из строя механизмов, арматуры, нарушает режимы управления, повышает уровень наведенной активности. Для указанных систем контролируются также химические показатели промывочной воды и воды заполнения перед эксплуатацией.

К завершающему этапу очистки внутренних полостей сложных изделий и систем относится гидродинамическая промывка по замкнутому контуру. Интенсификация, автоматизация процесса промывки и контроля позволяет повысить её эффективность, существенно сократить время проведения с экономией материально-технических ресурсов и энергопотребления, улучшить экологическую обстановку.

По мнению авторов к наиболее эффективным приемам интенсификации процесса промывки относятся ускоренная смена направления циркуляции (пульсация направления) и барботаж сжатым воздухом промывочной воды [1, 2].

В ОАО «ЦТСС» завершены в рамках ОКР исследования, проектирование и изготовление полуавтоматизированных опытных образцов установок пульсации и барботажа промывочной воды.

Технические характеристики устройства пульсации промывочной воды (УППВ):

- расход промывочной воды (м ³ /час)	от 500 до 1000
- масса устройства (тонн)	3,9
- входные (выходные) фланцы устройства (DN)	300
- периодичность пульсации (два реверса)(мин)	от 1
- рабочее давление при промывке (кгс/см ²)	не более 10
- габаритные размеры устройства (длина, ширина, высота)(метр)	1,6x1,60x2,22

Принцип работы УППВ состоит в следующем.

Мотор-редуктор УППВ, управляемый системой автоматики вращает ведущий вал с зубчатым колесом.



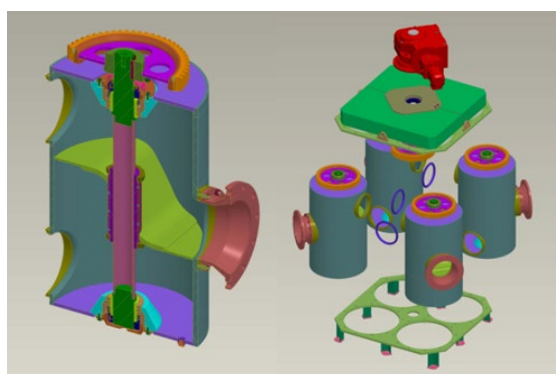
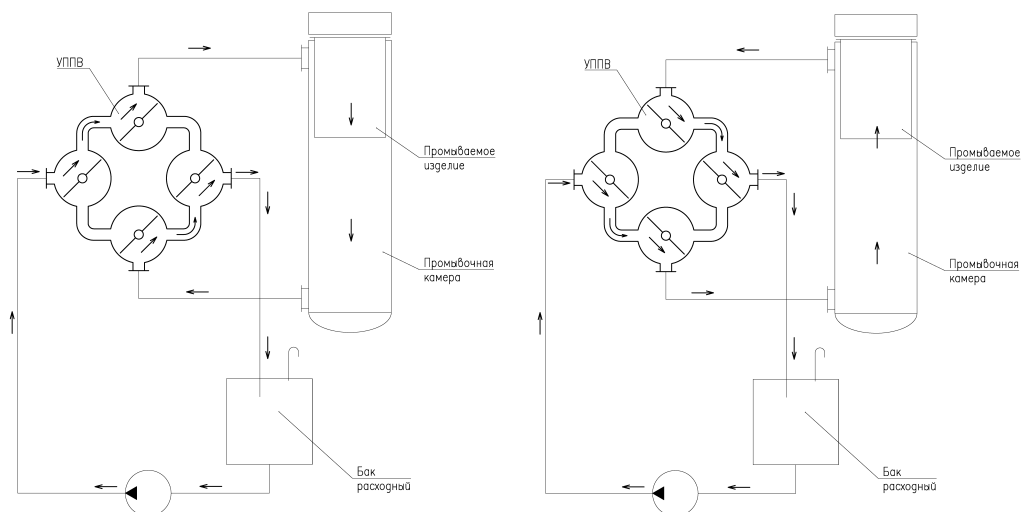


Рис. 1 - Устройство пульсации и схема работы

От ведущего вала через зубчатое зацепление вращение передаётся одновременно четырём роторам баков, что приводит к синхронному вращению всех четырех роторов баков.

Внутри каждого бака ротор вращаясь подводит к проходному сечению среднего патрубка поочередно то верхнюю, то нижнюю полку zet-образной крыльчатки, тем самым гидравлически соединяет средний (внешний) патрубок бака то с нижним, то с верхним патрубком этого бака.

Синхронная работа всех четырёх баков с роторами приводит к периодическому или запрограммированному реверсу потока воды в промываемом изделии.

Схемы потоков промывочной среды при различных положениях ротора представлены на рисунке 1.

Разработка УППВ сопровождалась оформлением патента на изобретение.

Для промывки с интенсификацией трубопроводов методом барботаж сжатым воздухом промывочной воды создано устройство барботажа с вихревым способом подачи воздуха и через ступенчатое сопло с учетом исследований [2].

Технические характеристики устройства барботажа промывочной воды (УБПВ) (без компрессора и ресивера):

- расход воды в промываемом трубопроводе ($\text{м}^3/\text{час}$)	не более 200
- масса модуля пневмоаппаратуры (тонн)	0,1
- диаметр промываемого трубопровода (DN)	150
- рабочее давление воды ($\text{кгс}/\text{см}^2$)	не более 10
- габаритные размеры (длина, ширина, высота)(метр)	1,9x0,5x1,9



Рис. 2 - Устройство барботажа с фрагментом промываемой системы

Принцип работы УБПВ состоит в следующем. Безмасляный сжатый воздух УБПВ, пройдя расходомер, регулирующий клапан, подается через специальное сопло в систему, где смешивается с промывочной водой. Сопло спроектировано таким способом, что создает в потоке колебательный процесс с целью организации устойчивого пузырькового или эмульсионного режима. Колебательный процесс настроен таким образом, чтобы двухфазный поток не расслаивался, не допускал роста и слияния газовых пузырьков в потоке жидкости. Устойчивый, таким образом, поток способствует выносу мелких частиц загрязнений, находящихся в пристеночной зоне (зоне ламинарного подслоя).

Подача сжатого воздуха в систему промывочного стенда регулируется по давлению регулирующего клапана, управление которым производится от электропривода по программе.

Установки пульсации и барботажа промывочной воды являются дополнениями к стендам промывки - необходимому оборудованию при изготовлении сложных изделий судового машиностроения, сборке систем, а также могут применяться при промывке смонтированных систем штатными насосами.

По результатам испытания установки пульсации получены следующие показатели эффективности:

Ускорение удаления загрязнений по усредненным показателям:

- на начальной стадии промывки в 2 раза;

- на конечной стадии промывки в 3,5 раза.

По результатам испытания установки барботажа ускорение удаления загрязнений составило:

- на начальной стадии промывки на 17 ... 37%;

- на конечной стадии промывки до 3 ... 5 раз.

Для установки барботажа определена возможность снижения расхода промывочной воды и электропотребления до 30%.

Литература

1. ГКЛИ.3330-066-2013 Отчет Разработка передовых технологий и автоматизированного оборудования для обеспечения чистоты внутренних полостей судовых АППУ (заключительный), шифр «Чистота», ОАО «ЦТСС», 2013г.

2. Лебедева Е.Г. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Интенсификация технологии промывки судовых систем пульсирующим двухфазным потоком», «Севмашвтуз», 2012.

Кирий В.Г.

Кандидат технических наук, профессор, Иркутский государственный технический университет

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ И НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГРУППЫ КРОВИ У РЕБЕНКА В СИСТЕМЕ АВ0

Abstract

Целью статьи является нахождение количественной оценки эмерджентности и наследственности (преемственности) при формировании группы крови у ребенка. В качестве исходных данных взята известная таблица наследования группы крови у ребенка, в которой в зависимости от сочетания групп крови у родителей показаны вероятности их получения.

Найдены вероятностные оценки для условной и полной эмерджентности и наследственности (преемственности) с учетом различной частоты сочетаний групп крови у родителей.

Ключевые слова: Амбивалентность, эмерджентность, наследственность (преемственность), сочетания, условная, полная вероятность.

Kiriy V.G

Candidate of technical sciences, Professor, Irkutsk State Technical University

PROBABILISTIC ESTIMATION OF EMERGENCE AND HEREDITY IN THE FORMATION OF THE CHILD'S BLOOD GROUP SYSTEM AV0

The aim of this paper is to quantify the emergence and heredity (continuity), in the formation of the child's blood group. As the source is blood group heredity table known from a child, depending on the combination of blood groups of parents showing the probability of receiving them. Found probabilistic estimation of conditional and the full emergence and heredity (continuity), taking into account different frequency combinations of blood groups from his parents.

Keywords: Ambivalence, emergence, heredity (continuity), combination, conventional, full of possibility.

Под эмерджентностью понимается появление новых свойств не присущих элементам системы.

Под наследственностью (преемственностью) понимается свойство систем, основанное на преемственности (наследственности) информации о составе и строении существующих и предшествующих поколений систем (наследственная информация или генотип). Свойство наследственности для биологических систем заключается в способности сохранять (передавать при репродукции) свои признаки, свойства и особенности функционирования и развития из поколения в поколение. Свойство наследственности (преемственности) обеспечивает необратимость и направленность развития (эволюции) систем.

Процесс формирования группы крови у ребёнка, согласно системе АВ0 [4.5], это амбивалентный процесс, в котором взаимодействуют два антигена А и В.

Согласно теории амбивалентных систем [1] – это система, в которой действует закон единства и борьбы противоположностей, когда эти противоположности переходят одна в другую: соединение разнополюх организмов приводит к появлению однополюх, возможно с другими свойствами. В таблице 1 приведены данные о формировании групп крови у детей при разных сочетаниях группы крови у родителей [5].

Таблица 1

Мама+папа	1гр.	2гр.	3гр.	4гр.
1+1	1(100%)	-	-	-
1+2	1(50%)	2(50%)	-	-
1+3	1(50%)	-	3(50%)	-
1+4	-	2(50%)	3(50%)	-
2+2	1(25%)	2(75%)	-	-
2+3	1(25%)	2(25%)	3(25%)	4(25%)
2+4	-	2(50%)	3(25%)	4(25%)
3+3	1(25%)	-	3(75%)	-
3+4	-	2(25%)	3(50%)	4(25%)
4+4	-	2(25%)	3(25%)	4(50%)

Если провести анализ этой таблицы на наличие эмерджентности, то можно сделать следующий вывод: при сочетаниях (1+1, 1+2, 1+3) новых свойств не появляется, а при других сочетаниях групп крови у родителей появляются новые свойства.

Так при сочетании (1+4) появляются дети с другими группами крови: второй или третьей, которых не было у родителей, т.е. появляется плод с новыми свойствами.

При сочетании (2+3) появляется первая или четвертая группа крови, т.е. плод с новыми свойствами, правда, может и сохраняться вторая или третья группа крови. Аналогичная ситуация имеет место при сочетании (2+4) или (3+4), когда может появиться группа крови не присущая родителям, например, третья при сочетании (2+4) или вторая при сочетании (3+4). Интересная ситуация получается при сочетании (4+4), когда при зачатии получается или вторая или третья группа крови, т.е. у плода появляются новые свойства.

Также интересно провести анализ для сочетаний (2+2) и (3+3), когда может получиться система с первой группой крови, что означает отсутствие в крови ребенка как антигена А, так и антигена В и, следовательно, ребенок также будет обладать другими свойствами по крови, чем родители: можно ли эту ситуацию считать эмерджентной, если свойства присущие элементам системы исчезают?

Возникает задача оценить степень новизны. Для оценки степени новизны предлагается применить вероятностный подход, связанный с вычислением условных вероятностей появления новых групп крови, которые не имеют место в сочетаниях групп крови родителей. Назовем такую оценку ϵ_{ij} условной эмерджентностью, так как она связана с конкретным сочетанием групп крови.

Так как для сочетания (1+4) новое свойство связано с появлением второй A_2 или третьей A_3 групп крови у ребенка, следовательно, степень новизны ϵ_{14} равна сумме условных вероятностей:

$$\epsilon_{14} = P(A_2/1+4) + P(A_3/1+4) = 0,5 + 0,5 = 1.$$

Так как для сочетания (2+3) новое свойство связано с появлением первой A_1 или четвертой A_4 групп крови у ребенка, следовательно, степень новизны ϵ_{23} равна сумме условных вероятностей:

$$\epsilon_{23} = P(A_1/2+3) + P(A_4/2+3) = 0,25 + 0,25 = 0,5.$$

Так как для сочетания (2+4) новое свойство связано с появлением третьей группы у ребенка, следовательно, степень новизны ϵ_{24} равна условной вероятности:

$$\epsilon_{24} = P(A_3/2+4) = 0,25.$$

Так как для сочетания (3+4) новое свойство связано с появлением второй группы у ребенка, следовательно, степень новизны ϵ_{34} равна условной вероятности:

$$\epsilon_{34} = P(A_2/3+4) = 0,25.$$

Так как для сочетания (4+4) новое свойство связано с появлением второй или третьей групп крови у ребенка, следовательно, степень новизны ϵ_{44} равна сумме условных вероятностей:

$$\epsilon_{44} = P(A_2/4+4) + P(A_3/4+4) = 0,25 + 0,25 = 0,5.$$

Если принять условие, что появление первой группы крови у ребенка при сочетаниях (2+2) и (3+3) – это новое свойство, тогда степень новизны ϵ_{22} равна условной вероятности появления первой группы:

$$\epsilon_{22} = P(A_1/2+2) = P(A_1/3+3) = 0,25.$$

Таким образом, сравнивая значения вероятностей для оценки степени новизны при различных сочетаниях групп крови, видим, что наибольшей условной эмерджентностью обладает сочетание (1+4), равное $\epsilon_{14} = 100\%$, затем сочетания (2+3) и (4+4), для которых $\epsilon_{23} = \epsilon_{44} = 50\%$ и, наконец, сочетания (2+4, 3+4, 2+2, 3+3) с уровнем эмерджентности равным $\epsilon = 25\%$. Остальные сочетания групп крови у родителей (1+1, 1+2, 1+3) не обладают новизной, так как у ребенка появляются эти же группы крови.

Здесь, очевидно, уместно ввести понятие сохранения в системе свойств элементов системы, что, применительно к рассматриваемой проблеме, означает сохранение признаков родителей у ребенка при формировании группы крови, т.е. сохранение наследственности. Для количественной оценки такого свойства вводим условную вероятность f_{ij} , которая равна $f_{ij} = 1 - \epsilon_{ij}$.

В таблице 2 приведены значения условной эмерджентности и значения показателя сохранения наследственности.

Таблица 2

Сочетания групп крови	1+1	1+2	1+3	1+4	2+2	2+3	2+4	3+3	3+4	4+4
Значения вероятностей сочетаний	0,14	0,2	0,1	0,05	0,21	0,13	0,06	0,06	0,033	0,012
Условная эмерджентность. ϵ_{ij}	0	0	0	1	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25	0,5
Условный показатель сохранения наследств. f_{ij}	1	1	1	0	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75	0,5

Применяя формулу полной вероятности можно найти вероятность для оценки новизны (полной эмерджентности) процесса рождения ребенка при формировании его группы крови:

$$\epsilon_{\text{пол}} = P(1+4) \epsilon_{14} + P(2+2) \epsilon_{22} + P(2+3) \epsilon_{23} + P(2+4) \epsilon_{24} + P(3+3) \epsilon_{33} + P(3+4) \epsilon_{34} + P(4+4) \epsilon_{44},$$

где $P(i+j)$ – вероятности встречи сочетаний групп крови у родителей.

В работе [2], на основе статистических данных наличия групп крови у людей, взятых из работ [4,5], рассчитаны вероятности сочетания групп крови родителей, приведенные в таблице 2.

Подставляя эти вероятности в формулу для $\epsilon_{\text{пол}}$, получаем численное значение для оценки полной эмерджентности равное 0,212, т.е. 21,2% детей рождаются с новыми свойствами по группам крови, не имеющими места у родителей, а 78,8% унаследуют свойства родителей по крови.

Полученное значение оценки эмерджентности имеет место для частного случая формирования групп крови, когда вероятности их появления заданы в таблице 1. В общем случае, вероятности появления той или иной группы крови у ребенка зависят от целого ряда факторов, например, таких как возраст родителей, национальность, место проживания и т.д. Для учета этих факторов предлагается ввести в модель такой параметр, как интенсивность антигенов А и В в виде вероятностей переходов.

В работе [2] найдены зависимости вероятностей формирования групп крови у ребенка от интенсивности антигенов А и В у родителей в системе АВ0. Согласно полученным зависимостям вероятности формирования новых групп крови у ребенка будут меняться и, следовательно, будет меняться и оценка условной эмерджентности.

В качестве примера найдем степень новизны ϵ_{23} для сочетания (2+3), когда вероятности появления первой и четвертой групп крови разные.

Для интенсивности антигена А из второй группы, равной 0,1 и интенсивности антигена В из третьей группы, равной 0,4 при переходе в первую группу и 0,2 при переходе в четвертую группу, условные вероятности получения первой и четвертой групп крови равны $P(A_1/2+3) = 0,224$ и $P(A_4/2+3) = 0,241$, и, следовательно, степень локальной новизны равна $\epsilon_{23} = 0,465$, т.е. немного меньше, чем в предыдущем случае.

Рассмотрим, как изменяется степень новизны для сочетания (4+4) при изменении активности антигенов А и В при переходе из четвертой группы во вторую и третью ($P_{42} = P_{43}$). В ниже приведенной таблице 3, взятой из работы [3], даны вероятности получения второй и третьей групп крови (p_2 и p_3) при различных интенсивностях антигенов А и В ($p_{42} = p_{43}$) и приведен расчет условной эмерджентности и условной вероятности сохранения наследственности.

Таблица 3

$p_{42} = p_{43}$	0,10	0,2	0,25	0,33	0,5
p_3	0,143	0,22	0,25	0,285	0,333
p_2	0,143	0,22	0,25	0,285	0,333
ϵ_{44}	0,284	0,44	0,5	0,57	0,666
ξ_{44}	0,716	0,56	0,5	0,43	0,334

Как видно из таблицы, подтверждается вывод о том, что степень новизны зависит от интенсивности антигенов: при малых интенсивностях уровень условной эмерджентности маленький (28,4%), а с увеличением активности он увеличивается (до 66,6%) и, наоборот, степень сохранения признаков родителей уменьшается от 71,6% до 33,4%.

В данном примере можно определить такое значение активности антигенов, при котором будет гармония между сохранением свойств по крови родителей и получением нового свойства у ребенка: $\xi_{44} = 0,618$ и $\epsilon_{44} = 0,382$ при активности антигенов $p_{42}=p_{43}$ равной 0,192.

В качестве примера, в таблице 4 приведены результаты расчета условной эмерджентности и условной вероятности сохранения признаков родителей при различных значениях интенсивности антигенов в различных сочетаниях групп крови у родителей.

Таблица 4

Сочетания групп крови	1+1	1+2	1+3	1+4	2+2	2+3	2+4	3+3	3+4	4+4
Значения вероятностей сочетаний	0,14	0,2	0,1	0,05	0,21	0,13	0,06	0,06	0,033	0,012
Условная Эмерджентность ϵ_{ij}	0	0	0	1	0,5	0,465	0,21	0,5	0,21	0,6
Условный показатель сохранения наследств. ξ_{ij}	1	1	1	0	0,5	0,535	0,79	0,5	0,79	0,4

Для такого варианта полная эмерджентность равна $\epsilon_{\text{пол}}=0,272$ и, следовательно, полная вероятность сохранения наследственности равна $\xi_{\text{пол}} = 0,728$, т.е., достаточно высокая вероятность.

Литература

1. Кирий В.Г. Теория амбивалентных систем и её применение // Изд.-во ИрГТУ, 2012г. Иркутск, с.154
2. Кирий В.Г. Вероятностная модель процесса наследования группы крови ребенком// Современные проблемы гуманитарных и естественных наук, материалы XIII международной научно-практической конференции 21-22 декабря 2012 г. В 2 т.: т.П/- Москва: Изд.-во «Спецкнига», 2012, 239-246 с.
3. Кирий В.Г. Марковская модель процесса формирования группы крови у ребенка в системе АВ0 // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте, №1(4), Москва, 2014г., с.302-312.
4. dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/9727/Группы
5. <http://www.biorepet-ufa.ru/osnovy-genetiki/gruppy-krovi-cheloveka.html>

Кузнецова К.С.¹, Холмеева Н.В.², Ольховиков С.Э.³

¹Аспирант, кафедра «Изыскания, проектирование и постройка железных и автомобильных дорог»; ²Кандидат экономических наук, доцент, кафедра «Технология, организация и экономика строительства»; ³Аспирант, старший преподаватель, кафедра «Технология, организация и экономика строительства» Сибирский государственный университет путей сообщения.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация

Совершенствование анализа эксплуатации гидротранспортных систем на основе данных статистической отчетности позволяет с заданной надежностью оценить показатели работы систем.

Ключевые слова: гидротранспортная система, экономико-статистическое моделирование, надежность.

Kuznetsova K.S.¹, Holomeeva N.V.², Olkhovikov S.E.³

¹Postgraduate student; ²PhD in Engineering, docent; ³Postgraduate student, Senior Lecturer SIBERIAN TRANSPORT UNIVERSITY.

FORECASTING OF INDICATORS OF WORK OF HYDROTRANSPORT SYSTEMS K

Abstract

Improvement of the analysis of operation of hydrotransport systems on the basis of data of the statistical reporting allows with set reliability to estimate indicators of work of systems.

Keywords: hydrotransport system, economical and statistical modeling, reliability.

Для анализа работы строительных машин в СГУПС совместно с ЗАО «Сибгидромехстрой» создана база данных, в которую включена следующая техническая и экономическая информация, которая приведена в [1, 2]. Накопленная в базе данных информация позволила рассчитать организационно-технологическую надежность гидротранспортных систем [3, 4]. Далее была разработана вероятностная модель работы многоступенчатых гидротранспортных систем [5], создана методика ресурсосберегающего проектирования технологических процессов гидромеханизации при устройстве земляных сооружений [6] и сделана первая попытка формирования парка машин для гидромеханизации земляных работ [7].

Накопленная в базе данных информация позволила построить многофакторные модели основных показателей работы гидротранспортных систем. Например, модель часовой производительности системы

$$\Pi_{\Phi} = 123,06 + 0,00006014777\Gamma_{\Gamma}R_v^2 + 216,8254\Gamma_{\Gamma} - 0,08499504\Gamma_{\Gamma}R_v - 49,88649\Gamma_{\Gamma}^2 \\ 0,000000035046R_v^3 + 0,03045717R_v \quad (1)$$

где Γ_{Γ} – категория грунта; R_v – расход грунтового насоса по воде, м³/ч.

Себестоимость разработки 1 м³ грунта определяется по модели

$$C_1 = +43,11 - 0,3945507C_{\Sigma} + 10,85428\Gamma_{\Gamma} + 0,08188652C_{\Sigma} - 0,03694287C_{\text{рк}} + 43,1009K_{\text{в}} \\ + 0,04534681C_{\text{рб}} + 0,02966560C_{\text{тб}} - 0,002350935R_v + 0,000049789V - 0,0060209C_{\text{эл}} \quad (2)$$

где C_{Σ} – стоимость текущей эксплуатации земснаряда, тыс. р.; C_{Σ} – стоимость дизельного топлива земснаряда, тыс. р.; $C_{\text{рк}}$ – стоимость ремкомплекта на земснаряд, тыс. р.; $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования рабочего времени; $C_{\text{рб}}$ – стоимость ремонта и обслуживания бульдозеров, тыс. р.; $C_{\text{тб}}$ – стоимость дизельного топлива бульдозеров и ТЛГ, тыс. р.; V – объем работ, м³; $C_{\text{эл}}$ – стоимость электроэнергии, тыс. р.

Заработная плата рабочих вычисляется по модели

$$Z_{\Pi} = +6,598 + 0,0060739V + 1864,1K_{\text{в}} - 2,5189\Gamma_{\text{г}} + 0,0011411R_{\text{в}} - 0,0006385T_{\text{к}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{к}}$ – календарное время работы, ч.

Расход электроэнергии на работу земснаряда определяется по модели

$$R_{\text{эз}} = 0,0045685V + 0,237755T_{\text{к}} - 0,029102K_{\text{в}}. \quad (4)$$

Расход топлива бульдозеров и ТЛГ вычисляется по модели

$$R_{\text{тб}} = -1,858 + 0,001846R_{\text{в}} + 0,000067483V + 0,00264813T_{\text{к}} - 0,4185\Gamma_{\text{г}} + 1,017\text{КИРВ}. \quad (5)$$

Расход топлива земснаряда рассчитывается по модели

$$R_{\text{тз}} = 440,514K_{\text{в}} - 0,00112303V - 0,0146096T_{\text{к}}. \quad (6)$$

Стоимость эксплуатации земснаряда определяется по модели

$$C_{\text{эз}} = +33,035 - 0,012576R_{\text{в}} + 149,2825K_{\text{в}} + 0,00029659V - 2,0671\Gamma_{\text{г}} - 0,0052464T_{\text{к}}. \quad (7)$$

Стоимость ремонтов бульдозеров вычисляется по модели

$$\tilde{N}C_{\text{рб}} = +59,679 + 0,0022585V - 0,019073R_{\text{в}} + 0,0325344T_{\text{к}} - 159,224K_{\text{в}} - 4,3086\Gamma_{\text{г}}. \quad (8)$$

Стоимость ремкомплектов для земснаряда рассчитывается по модели

$$C_{\text{рк}} = -80,304 + 0,0417795R_{\text{в}} + 0,0014347V + 354,351K_{\text{в}} + 0,046195T_{\text{к}}. \quad (9)$$

Показатели моделей (формулы 1 – 9) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики многофакторных моделей

Показатель	Пф	С ₁	З _п	R _{эз}	R _{тб}	R _{тз}	C _{эз}	C _{рб}	C _{рк}
Доля объясненной вариации, %	41,70	93,50	98,21	99,93	60,22	98,96	80,99	88,58	72,88
Коэффициент множественной корреляции	0,645	0,967	0,991	0,999	0,776	0,999	0,900	0,941	0,854
Средний отклик	61,00	68,46	512,41	916,7	5,94	48,75	29,17	119,83	157,16
Стандартная ошибка в % от среднего отклика	66,14	9,69	27,86	4,74	161,3	3,93	94,23	82,92	116,9
Стандартная ошибка S	40,34	6,64	142,76	43,45	9,58	0,94	27,48	99,36	183,79
Общий F - критерий регрессии	167,8	10964	15612	55219	439,0	41230	11704	2248,6	974,8
Табличное значение общего F - критерия	3,91								

Для проверки неадекватности модели используют средний квадрат ошибки S^2 , как оценку величины σ^2 , предполагая, что модель правильна. Если эти величины отличаются на порядок и более, делается вывод о неадекватности модели. Стандартная ошибка вычисляется в процентах от среднего отклика – это мера величины стандартного отклонения остатков относительно среднего отклика. Рассчитывается она как отношение стандартного отклонения остатков к среднему отклику. Средний отклик означает арифметическое среднее всех наблюдаемых значений отклика (переменной Y). Доля объясненной вариации в % – это квадрат коэффициента множественной корреляции, R^2 .

Проверку значимости регрессионной модели производится сравнением общего F–критерия с заранее избранной процентной точкой соответствующего F – распределения (табличным значение общего F - критерия). Если значение общего F–критерия модели больше табличного, то регрессионная модель является статистически значимой.

Исходными данными для имитационной модели расчёта основных технико-экономических показателей являются: группа грунта, объём работ, расход земснаряда по воде.

Процесс определения организационно-технологической надёжности работы многоступенчатых гидротранспортных систем начинается с формирования выборки. Вначале рассчитывается календарная продолжительность работы гидротранспортной системы

$$T_{\text{к}} = \frac{V}{\Pi^{\text{м}}}, \quad (10)$$

где $\Pi^{\text{м}}$ – производительность земснаряда определяется с помощью математической модели по формуле:

$$\Pi^{\text{м}} = \Pi_{\text{ф}} + (Random - 0,5)nS, \quad (11)$$

где *Random* – случайная величина в диапазоне от 0 до 1; *n* – учитываемое количество стандартных ошибок в модели, шт.; *S* – стандартная ошибка модели $\Pi_{\text{ф}}$, м³/ч.

Коэффициент использования рабочего времени гидротранспортной системы определяем по формуле

$$K_{\text{в}}^{\text{м}} = K_{\text{в}} + (Random - 0,5)nS, \quad (12)$$

где $K_{\text{в}}$ – выборочное среднее коэффициента использования по времени (таблица 2); *S* – стандартная ошибка модели $K_{\text{в}}$ (таблица 2) [8].

Далее находим расход электроэнергии и дизельного топлива по многофакторным моделям, необходимого для работы земснарядов и бульдозеров и рассчитываем стоимость топлива и электроэнергии по следующим формулам

$$C_{\text{тз}} = R_{\text{тз}} C_{\text{дт}}, \quad (13)$$

$$C_{\text{тб}} = R_{\text{тб}} C_{\text{дт}}, \quad (14)$$

$$C_{\text{эл}} = R_{\text{эз}} C_{\text{эт}}, \quad (15)$$

где $R_{\text{тз}}$ – расход дизельного топлива на работу земснаряда, тыс. л; $C_{\text{дт}}$ – стоимость 1 литра дизельного топлива, р.; $R_{\text{тб}}$ – расход дизельного топлива для бульдозеров, тыс. л; $R_{\text{эз}}$ – расход электроэнергии на работу земснаряда, кВт; $C_{\text{эт}}$ – стоимость 1 кВт электроэнергии, р.

Таблица 2 – Коэффициент использования по времени

Показатель	Величина
Количество опытов, шт.	145
Количество связей, шт.	3
Уровень значимости	0,05
Минимальное значение фактора	0,509
Максимальное значение фактора	0,640
Выборочное среднее значение фактора	0,574
Среднее линейное отклонение фактора	0,0229
Среднее квадратическое отклонение фактора	0,0278
Стандартное отклонение фактора	0,0279
Средняя квадратическая ошибка фактора	0,00232
Ошибка в % от среднего значения фактора	0,4038
Эмпирическая дисперсия выборки	0,00078
Вариации отклонения от среднего значения	0,00053
Риск отклонения от среднего значения	0,02295
Коэффициент вариации	0,0485
Вычисленное значение критерия Пирсона	5,59
Табличное значение критерия Пирсона	7,86
Количество интервалов	8

Затем с помощью моделей определяются основные показатели работы земснаряда (себестоимость разработки 1 м³ грунта, заработная плата рабочих, стоимость эксплуатации земснаряда, стоимость ремонта бульдозеров, стоимость ремкомплектов на земснаряд и другие).

Авторами предложен метод оценки эффективности работы гидротранспортных систем, позволяющий прогнозировать основные показатели работы конкретной системы. Этот метод является универсальным и его можно использовать для оценки эффективности работы любых строительных машин.

Литература

1. Кузнецов С.М. Системотехника ресурсосберегающей технологии строительства зданий и сооружений / С.М. Кузнецов // Изв. вузов. Строительство. –2005. –№ 3. –С. 110 – 117.
2. Лизунов Е.В. Организационно-технологическая надёжность многоступенчатых гидротранспортных систем / Е.В. Лизунов, В.А. Седов, С.М. Кузнецов // Транспортное строительство. –2005. –№ 2. –С. 20 – 23.
3. Седов В.А. Обоснование коэффициента использования рабочего времени многоступенчатых гидротранспортных систем / В.А. Седов, Е.В. Лизунов, С.М. Кузнецов // Транспорт: наука, техника, управление. –2005. –№ 1. –С. 48 – 50.
4. Лизунов Е.В. Организационно-технологическая надёжность строительных машин / Е.В. Лизунов, В.А. Седов, С.М. Кузнецов // Механизация строительства. –2005. –№ 10. –С. 22 – 24.
5. Кузнецов С.М. Вероятностная модель работы многоступенчатых гидротранспортных систем / С.М. Кузнецов, Е.В. Лизунов, А.В. Щербаков // Изв. вузов. Строительство. –2006. –№ 9. –С. 33 – 41.
6. Лизунов Е.В. Ресурсосберегающее проектирование технологических процессов гидромеханизации при устройстве земляных сооружений / Е.В. Лизунов, В.А. Седов, С.М. Кузнецов // Механизация строительства. –2007. –№ 1. –С. 25 – 28.
7. Лизунов Е.В. Формирование парка машин для гидромеханизации земляных работ / Е.В. Лизунов, А.В. Щербаков, С.М. Кузнецов, К.С. Кузнецова // Механизация строительства. –2008. –№ 7. –С. 17 – 20.
8. Кузнецов С.М. Оценка технической надёжности работы гидротранспортных систем / С.М. Кузнецов // Экономика ж. д. - 2013. –№ 10. –С. 77 – 87.

Курдюков Н.С.

Аспирант, Рязанский государственный радиотехнический университет
ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА SIRDELETE

Аннотация

В статье обнародовано описание алгоритма SIRDelete. Результаты показали, что вычислительная сложность алгоритма SIRDelete находится в полиномиальной зависимости от входных параметров алгоритма. Более того, для онтологии, разработанной специально для онтологической SOA системы на базе SIR алгоритмов, алгоритм выполняется быстрее, чем для произвольных онтологий. Результаты статьи были использованы для оптимизации онтологической SOA-системы. Оптимизированная SOA-система была апробирована на данных web-портала образовательных учреждений г. Рязани.

Ключевые слова: онтология, web-сервис, SOA, дескриптивная логика, вычислительная сложность.

Kurdyukov N.S.

Postgraduate student, Ryazan State Radio Engineering University
EFFICIENCY PROOF OF SIRDELETE ALGORITHM

Abstract

The author talks about an efficiency of SIRDelete algorithm. The results showed that the computational complexity of the algorithm is a polynomial SIRDelete depending on the input parameters of the algorithm. Moreover, the algorithm is carried out quicker for the ontology developed specially for SIR based systems, than for common ontologies. Results of article were used for an optimization of ontology based SOA system. The optimized SOA system was approved on data of the web portal of educational institutions of Ryazan city.

Keywords: ontology, web-service, SOA, description logic, computation complexity.

Введение. В настоящее время существует множество систем для создания web-приложений с SOA архитектурой[4]. В то же время эти системы не решают проблемы реализации EAI[1]. Одной из этих проблем является фактор постоянного развития сети Internet. При этом изменение архитектуры и разработка заново уже существующих интерфейсов требует непрерывной работы специалистов. В связи с этим автором настоящей статьи была построена и апробирована основанная на онтологическом[3] подходе SOA-система на базе SIR-алгоритмов[2]. В онтологической SOA-системе нам потребовалось реализовать возможность использования CRUD (Create Read Update Delete)[6]. CRUD – сокращенное название стандартных операций при работе с хранением данных: создание, просмотр, обновление и удаление. Реализацией операции «удаление» является алгоритм SIRDelete.

Рассматриваемая авторами настоящей статьи задача решена впервые с помощью применения парадигмы основанного на онтологиях доступа к данным(OBDA)[2]. Этот подход позволил использовать преимущества онтологий и технологий дескриптивных логик.

Цель работы: Продемонстрировать алгоритм SIRDelete и выявить его эффективность посредством доказательства невысокой вычислительной сложности[1] алгоритма.

Теоретические исследования. Реализацией операции «удаления» является алгоритм *SIRDelete*. В этом алгоритме, пользуясь ранее рассмотренными алгоритмами, необходимо получить информацию из *ABox*[3] и обработать ее, для корректного удаления интерфейса. Пусть $K = \langle T, A \rangle$ база знаний логики *DL-Lite \mathcal{R}* [5], C, Q, S – конъюнктивные запросы[3]. На рисунке 1, представлен алгоритм *SIRDelete* с входными параметрами: C, S, Q, T, A .

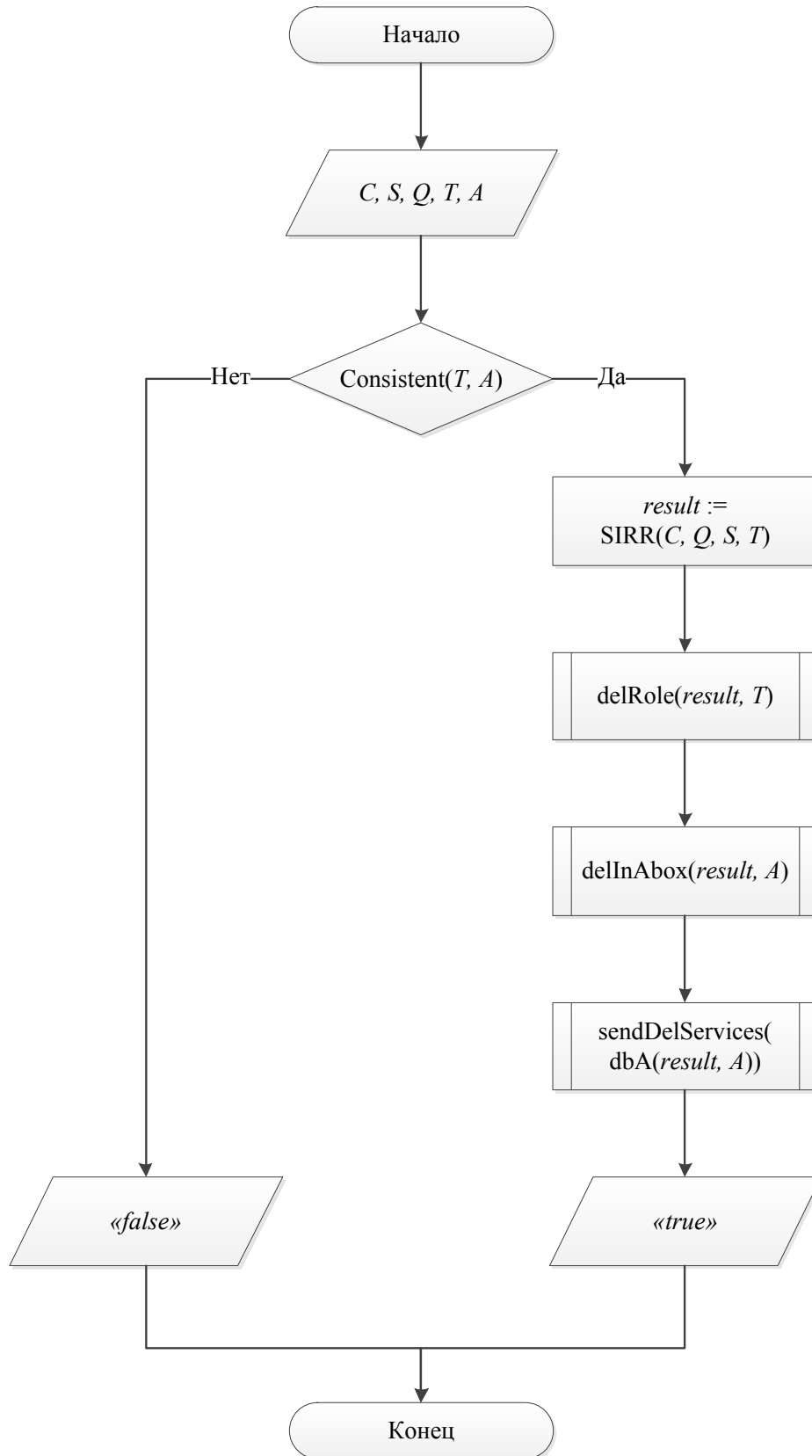


Рис. 1. Блок-схема алгоритма *SIRDelete*

Функция *Consistent*[5] реализует проверку базы знаний на непротиворечивость, описанную в параграфе 2.6. Если база данных оказывается противоречивой, то нет смысла проводить дальнейшие действия и алгоритм завершается.

Для создания переписанных *SIR*-триплетов используется алгоритм *SIRR*, для того, чтобы учитывались роли в *TBox*[3] при удалении интерфейсов.

Процедура *delRole* удаляет информацию об интерфейсах в *TBox* T . Процедура *delInABox* удаляет информацию об интерфейсах в *ABox* A . Функция *dbA* выполняет запросы в триплете над *ABox* A , являющемся базой данных. Процедура *sendDelServices* отвечает за отправку по переписанным адресам клиента и сервера команды удаления необходимых интерфейсов на основе ответа *ABox* SOA-системы.

Алгоритм *SIRDelete*(C, Q, S, T, A) является завершаемым и полиномиально зависимым от размера $K = \langle T, A \rangle$.

Заключение. Малый класс сложности алгоритма *SIRDelete* доказывает его эффективность. Кроме того, результаты экспериментов демонстрируют существенное уменьшение времени разработки web-ресурсов при использовании алгоритма SIR в сравнении с ручным построением сервисов.

Для реализации алгоритма рекомендуется использовать языки web-онтологий OWL и OWL 2 [2]. В частности, профиль OWL 2 QL. Для представления выходных данных рекомендуется использовать SQL-подобные языки запросов.

Апробация алгоритма проводилась на данных web-портала образовательных учреждений г. Рязани. В результате серии экспериментов зафиксировано среднее уменьшение трудоемкости создания web-сервисов на базе web-сайтов примерно на 28 %.

Литература

1. Каширин И.Ю., Курдюков Н.С. Доказательство эффективности SIR алгоритма авто-построения интерфейсов взаимодействия web-сервисов // Фундаментальные исследования № 6 часть 2. Научный журнал. Издательский дом «Академия Естествознания». 2013. – С. – 267– 273.
2. Каширин И.Ю., Курдюков Н.С. SIR – алгоритм автоматического построения интерфейсов взаимодействия web-сервисов // Вестник РГРТУ № 3 (выпуск 45), Рязань, 2013. – С. 75 – 79.
3. Baader F., Calvanese D., McGuinness D., Nardi D., Patel-Schneider P.F. The Description Logic Handbook: Theory, implementation, and applications. Cambridge University Press, 2nd edition, 2010. – 593 p.
4. Bell M. SOA Modeling Patterns for Service-Oriented Discovery and Analysis // Wiley & Sons, 2010. – 390 p.
5. Diego Calvanese, Giuseppe De Giacomo, Domenico Lembo, Maurizio Lenzerini, Riccardo Rosati. Tractable Reasoning and Efficient Query Answering in Description Logics: The DL-Lite Family // Journal of Automated Reasoning, 2007. Vol. – 39(3). – P. 385 – 429.
6. James Martin. Managing the Data-base Environment // Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1983. – P. 381.

Лымарь Е.А.

Научный сотрудник, кандидат технических наук, ОАО «Российские космические системы», Москва
ВЫСОКОПРОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Аннотация

Получены материалы, которые, упрочняясь подобно дисперсионно-твердеющим сплавам дисперсными частицами, принципиально отличаются от них природой частиц, не растворяющихся в металлической матрице, что позволило улучшить механические свойства при высоких температурах. Установлено, что предел прочности композита возрастает при повышении давления прессования и температуры обжига порошковой смеси.

Ключевые слова: алюминий, материал, горячее прессование

Lyamar E.A.

Scientist, candidate of engineering sciences, OJSC "Russian space systems",
Moscow

HIGH-COMPOSITE MATERIALS BUILDING DESIGN BASED ON ALUMINIUM

Abstract

Obtain materials which harden like precipitation hardening alloys dispersed particles, they are fundamentally different from the nature of the particles do not dissolve in a metal matrix which has improved mechanical properties at high temperatures. It has been established that the ultimate strength of the composite increases with increasing compaction pressure and the sintering temperature of the powder mixture.

Keywords: aluminum, material, hot pressing

Современная строительная индустрия требует создания материалов, способных работать при экстремальных температурах и сохраняющих при этом высокие прочностные характеристики [1 - 22].

Перспективно получение композитов с использованием металлического компонента, т.к. это позволяет получить материалы с высокими механическими свойствами [23 - 30].

Большой интерес представляют материалы на основе металлической матрицы при использовании в условиях высоких напряжений и температур.

Композит представляет собой смесь различных, весьма несходных материалов (наполнителя и металла). Свойства наполнителя дополняют свойства металлической матрицы, что позволяет получить композит, превосходящий по свойствам исходные наполнитель и матрицу. Сложный материал комбинирует прочность и неподвижность неорганического наполнителя с пластичностью и податливостью металла.

В современных условиях актуально получение композитов на основе металлов методом горячего прессования. Такая технология, как показали наши исследования, позволяет получить композиты с высоким содержанием (до 80 %) наполнителя, что значительно удешевляет получаемый материал. Кроме того, метод горячего прессования менее трудоемкий и технологически более легкий по сравнению с производством на основе расплавов металлов.

При выборе металлической матрицы было отдано предпочтение алюминию, т.к. он относительно дешев, обладает хорошей пластичностью и податливостью, низкой температурой плавления. В качестве наполнителя использовали железорудные концентраты в форме оксидов железа, которые обладают высокой термической, химической и радиационной стабильностью. В связи с этим представляло теоретический и практический интерес использование оксидов железа с различным валентно-координационным состоянием в качестве активного наполнителя металлической матрицы. Кроме того, значительным резервом в обеспечении заполнения являются отходы стекольной промышленности, в том числе тяжелые флинт и кроны. Перспективно использование боя флинта в виде отходов с переменным химическим составом в качестве активной стеклообразующей массы, которая формируется в присутствии расплава металла.

Активация поверхности наполнителей для обеспечения их совместимости с металлической матрицей и создания однородной структуры получаемого композита достигалась в результате механической обработки (тонкий помол), нагрева и химической модификации.

Материалы на основе алюминиевой матрицы получали последовательным помолом порошковой смеси металл – наполнитель, спеканием и горячим прессованием. Нагрев порошковой смеси проводили с шагом температур в 50 °С с целью определения оптимальной температуры обжига. Предварительная термообработка способствовала уничтожению источников газа в смеси. Нагретые порошки прессовали при различном давлении. Полученные образцы исследовали на прочность в зависимости от температуры и давления прессования.

В процессе горячего прессования происходит разрушение оксидных пленок на поверхности алюминиевой пудры, дробление частиц наполнителя и распределение их в виде мелкодисперсных включений по всей металлической матрице.

Получаемый материал является типичным представителем сплавов, упрочняющихся дисперсными частицами, и отличается от известных дисперсионно-твердеющих сплавов природой упрочняющей фазы и степенью наполнения.

Как известно, упрочнение дисперсионно-твердеющих сплавов происходит в результате выделения дисперсных частиц при распаде пересыщенного твердого раствора, поэтому при повышенных температурах вследствие коагуляции и растворения упрочняющей фазы происходит разупрочнение материала. Обычные дисперсионно-твердеющие сплавы могут упрочняться лишь теми элементами, которые растворяются в металлической матрице. Предел разумного легирования определяется пределом растворимости элемента в основном металле.

Полученные нами композиты упрочняются частицами оксидов алюминия и наполнителей, которые практически не растворяются в алюминии. Поэтому предел заполнения не связан с пределом растворимости второй фазы и позволяет получить высоконаполненные материалы. Степень заполнения металлической матрицы ограничивается лишь прочностными характеристиками получаемого материала (табл. 1).

Таким образом, полученные материалы, упрочняясь подобно дисперсионно-твердеющим сплавам дисперсными частицами, принципиально отличаются от них природой частиц, не растворяющихся в металлической матрице, что позволило улучшить механические свойства при высоких температурах. Следует отметить, что полученные композиционные материалы несколько уступают в прочности монолитным алюминиевым блокам при температуре 20 °С. Однако, композиты сохраняют прочностные характеристики при высоких температурах, тогда как прочность алюминиевых блоков снижается до 9 кг/мм² при тех же температурах. Сохранение прочности получаемого материала при высоких температурах объясняется наличием упрочняющей фазы – высокодисперсных частиц наполнителя и оксида алюминия, внедренных в алюминиевую матрицу, которые характеризуются высокими температурами плавления, низкой диффузионной подвижностью, нерастворимостью в металлической матрице и высокой твердостью. Частицы наполнителя и оксида алюминия служат барьерами, препятствующими рекристаллизационным процессам в металлической матрице.

Таблица 1. Механические свойства композитов при 20 °С

Содержание металлической матрицы, %	Наполнитель			
	Гематит		Тяжелые флинт	
	Температура обжига, °С	Предел прочности, кг/мм ²	Температура обжига, °С	Предел прочности, кг/мм ²
20	300	2,0	300	0,9
	400	2,3	400	1,2
	500	3,2	500	1,6
	600	3,9	600	2,0
30	300	8,3	300	4,2
	400	9,8	400	4,9
	500	12	500	7
	600	13,2	600	7,4
40	300	12	300	6,2
	400	13	400	7
	500	17	500	8
	600	22	600	10
50	300	18	300	9
	400	21,8	400	11
	500	27	500	13
	600	29	600	14

В ходе исследований установлено, что предел прочности композита возрастает при повышении давления прессования и температуры обжига порошковой смеси. Композит может быть использован в конструкциях, испытывающих ударные, динамические и сжимающие нагрузки.

Таким образом, установлена принципиальная возможность получения высоконаполненных материалов на основе металлической матрицы методом горячего прессования, определен оптимальный состав материала, горячее прессование позволило получить монолитные композиты высокой плотности – 2,66 г/см³.

Литература:

1. Алфимов, С.И. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения / С.И. Алфимов, Р.В. Жуков, А.Н. Володченко, Д.В. Юрчук // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 2. – С. 59–60.
2. Володченко, А.Н. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик, С.И. Алфимов, Р.В. Жуков // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 10. – С. 79.
3. Володченко, А.Н. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, Ю.В. Фоменко, С.И. Алфимов // Бетон и железобетон. – 2006. – № 6. – С. 16–18.
4. Володченко, А.Н. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик, С.И. Алфимов, А.А. Володченко // Известия вузов. Строительство. – 2007. – № 10. – С. 4–10.
5. Володченко, А.Н. Повышение эффективности производства автоклавных материалов / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2008. – № 9. – С. 10–16.
6. Володченко, А.Н. Влияние механоактивации известково-сапонитового вяжущего на свойства автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 13–16.
7. Володченко, А.Н. Влияние состава сырья на пластическую прочность газобетонной смеси / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2013. – Т. 39. – № 2. – С. 45–49.
8. Володченко, А.Н. Глинистые породы в производстве силикатного кирпича / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2012. – Т. 26. – № 2. – С. 8–10.
9. Володченко, А.Н. Глинистые породы – сырье для производства автоклавных ячеистых бетонов / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2012. – Т. 26. – № 2. – С. 11–14.
10. Володченко, А.Н. Взаимодействие мономинеральных глин с гидроксидом кальция в гидротермальных условиях / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2012. – Т. 30. – № 3. – С. 35–37.
11. Володченко, А.Н. Вяжущее на основе магнезиальных глин для автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2012. – Т. 30. – № 3. – С. 38–41.

12. Володченко, А.Н. Автоклавные силикатные материалы на основе отходов горнодобывающей промышленности / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2012. – Т. 47. – № 4. – С. 29–32.
13. Володченко, А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на оптимизацию микроструктуры автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2012. – Т. 47. – № 4. – С. 32–36.
14. Володченко, А.Н. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 3. – С. 45–48.
15. Володченко, А.Н. Автоклавные ячеистые бетоны на основе магнезиальных глин / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик // Известия вузов. Строительство. – 2012. – № 5. – С. 14–21.
16. Володченко, А.Н. Повышение морозостойкости силикатных материалов на основе нетрадиционного сырья / А.Н. Володченко // Инновации в науке. – 2013. – № 24. – С. 24–30.
17. Володченко, А.Н. Магнезиальные глины – сырье для производства автоклавных ячеистых бетонов / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 3–7.
18. Володченко, А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на пластичность газобетонной массы / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 7–10.
19. Володченко, А.Н. Влияние глинистых минералов на свойства автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко // Инновации в науке. – 2013. – № 21. – С. 23–28.
20. Володченко, А.Н. Нетрадиционное сырье для автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 20. – С. 82–88.
21. Володченко, А.А. Влияние наноразмерного сырья на процессы структурообразования в силикатных системах / В.С. Лесовик, В.В. Строкова, А.А. Володченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 1. – С. 13–17.
22. Лесовик, В.С. Ячеистый бетон с использованием попутно-добываемых пород Архангельской алмазоносной провинции / В.С. Лесовик, А.Н. Володченко, С.И. Алфимов, Р.В. Жуков, В.К. Гаранин // Известия вузов. Строительство. – 2007. – № 2. – С. 13–18.
23. Ключникова, Н.В. Влияние пористости на свойства керамометаллических композитов / Н.В. Ключникова // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2012. – Т. 6. – № 3. – С. 41–45.
24. Klyuchnikova, N.V. The effect of metal filler on structure formation of composite materials / N.V. Klyuchnikova, E.A. Lumar' // Glass and Ceramics. – 2005. – Т. 62. – № 9-10. – С. 319–320.
25. Klyuchnikova, N.V. Production of metal composite materials / N.V. Klyuchnikova, E.A. Lumar' // Glass and Ceramics. – 2006. – Т. 63. – № 1-2. – С. 68–69.
26. Klyuchnikova, N.V. Interaction between components at metal composites production / N.V. Klyuchnikova // European Journal of Natural History. – 2007. – № 6. – С. 110–111.
27. Ключникова, Н.В. Исследование физико-механических свойств керамометаллического композита / Н.В. Ключникова // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2013. – Т. 7. – № 1. – С. 10–15.
28. Ключникова, Н.В. Выбор компонентов как важное условие создания композитов с заданными свойствами / Н.В. Ключникова // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 16–21.
29. Ключникова, Н.В. Влияние металлического компонента на свойства керамометаллических композитов / Н.В. Ключникова // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2013. – Т. 39. – № 2. – С. 54–60.
30. Ключникова, Н.В. Рентгенофазовый анализ композиционных материалов на основе глин / Н.В. Ключникова // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2013. – Т. 7. – № 1. – С. 3–10.

Лымарь Е.А.

Научный сотрудник, кандидат технических наук, ОАО «Российские космические системы», Москва
ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ГЛИН С ЦЕЛЬЮ ПРИВИТИЯ ЧАСТИЦ ДРУГОЙ ПРИРОДЫ

Аннотация

В работе установлено, что взаимодействие ионов алюминия с поверхностью глин обусловлено как силами электростатического взаимодействия (физическая адсорбция), так и хемосорбцией через гидроксильные группы их поверхности, являющихся основным типом реакционных центров, по которым происходит модифицирование.

Ключевые слова: модификация, активные центры, глины

Lymar E.A.

Scientist, candidate of engineering sciences, OJSC "Russian space systems", Moscow
CHANGING THE PURPOSE CLAY SURFACE GRAFTED PARTICLES OTHER NATURE

Abstract

The work established that the interaction with the surface of the aluminum ions as clays due to electrostatic interaction forces (physical adsorption) or through chemisorption of a surface hydroxyl group, which are the main type of reactive centers, on which the modification occurs.

Keywords: modification, active centers, clay

статья изъята

статья изъята

Получены зависимости, позволяющие определять необходимое количество воздуха и давление для достижения заданной производительности эрлифта, применяемого в рыбозащитном устройстве при его известных геометрических размерах.

Ключевые слова: эрлифтный рыбоподъемник, водовоздушная смесь, эрлифт, высота подъема воды, расход воды.

The dependences are received, allowing to define necessary quantity of air and pressure for achievement of the set productivity airlift, applied in fish protection the device at its known geometrical sizes.

Keywords: airlift fish hoist, a water air mix, эрлифт, height of rising of water, the water expense.

В работающем подъемнике совершается полезная работа по перемещению жидкости от первоначального уровня до уровня излива. На выполнение этой работы расходуется только часть энергии рабочего агента, оставшаяся часть расходуется на работу по перемещению самого агента против силы тяжести и на преодоление гидравлических сопротивлений движению смеси.

Для нахождения полной работы, производимой силами, действующими в эрлифте, используются уравнения движения в виде баланса давлений, работы или напоров, предложенные В.Г. Багдасаровым [1], Г. Уоллисом [2], Л.В. Пороло [3].

Использование предложенных балансовых уравнений расчета эрлифтных установок затруднительно из-за значительного количества неизвестных, среди которых объем теряемой жидкости на "утечки", истинное объемное газосодержание, коэффициенты трения смеси и т. д., величины которых можно вычислять лишь приблизительно, т.к. строгих аналитических методов расчета для широкого диапазона режимных параметров газожидкостного потока нет.

Чтобы получить возможность решения таких уравнений, используют различного рода упрощения (не учитывают влияние потерь напора (давления) на входе смеси в подъемник, потери напора на приращение скорости смеси определяются по средней ее скорости, не учитываются потери энергии на "скольжение" газа), что вносит погрешности в результаты расчета. Если такие упрощения приемлемы для расчета промышленных эрлифтов со значительной высотой подъема, то для воздушных подъемников, используемых в РЗС с высотой подъема несколько метров, пренебрежение местными потерями напора, которые по своему значению близки к потерям на трение, неизбежно из-за значительных отклонений практических замеров с теоретическими результатами, полученными расчетным путем.

Рассмотрим работу эрлифта с использованием объемных расходов компонентов водовоздушной смеси. Допустим, что при установившемся режиме работы объемные расходы компонентов смеси во всех сечениях подъемной трубы соответствуют средним объемным расходам этих компонентов за какой-то промежуток времени. В данном случае, в единицу времени через каждое сечение трубы будут одновременно проходить некоторые объемы воздуха (Q_g), воды (Q_f), поднимающиеся вверх, и объем воды, теряемой при подъеме (Q_s) под влиянием силы тяжести. Давление, действующее в подъемной трубе, является переменной величиной. Следовательно, изменение давления в различных сечениях трубы будет сказываться на объемном расходе газосодержании и на зависимых от этого расхода объемных расходах воды. Поэтому объемные расходы воды, как и воздуха, можно рассматривать как некоторые функции давления, действующего в данном сечении трубы.

Совершаемую элементарную работу при перемещении таких переменных объемов в подъемной трубе на элементарную высоту dH под воздействием перепада давления dP можно выразить уравнением

$$\Delta L = (Q_g + Q_f - Q_s) dP \quad (1)$$

Интегрируя данное уравнение в пределах перепада давлений от P_1 до P_4 , получим полную работу, совершаемую при движении водовоздушной смеси в эрлифте. Выразим входящие в уравнение (1) переменные величины через постоянные, которыми для установившегося режима работы подъемника будут расходы воздуха в устье Q_{g4} и воды Q_f . Учитывая, что средний объемный расход поднимаемой воды в рассматриваемом сечении трубы отличается от расхода в устье на величину, теряемую в данном сечении за счет стекающей воды через это же сечение, имеем

$$Q_f = Q_f + Q_s \quad (2)$$

Так как расширение воздуха в подъемной трубе эрлифта происходит по изотермическому процессу, отвечающему уравнению $PV_g = \text{const}$, то

$$Q_{go} = \frac{Q_{g4} \cdot P_4}{P_o} \quad (3)$$

Подставляя эти значения в уравнение (1) и выполнив интегрирование, получаем формулу для определения полной работы, совершаемой в эрлифте

$$L_n = \int_{P_4}^{P_1} \frac{Q_{g4} P_4}{P_o} dP + \int_{P_4}^{P_1} (Q_f + Q_s) dP - \int_{P_4}^{P_1} Q_s dP = Q_{g4} \cdot P_4 (\ln P_1 - \ln P_4) +$$

$$+ Q_s P_1 - Q_s P_4 - Q_s P_1 + Q_s P_4 = Q_{g4} P_4 \ln \frac{P_1}{P_4} + Q_f (P_1 - P_4) \quad (4)$$

Заменив $P_1 - P_4$ на $H g \rho_f$ и обозначив выражение $\frac{P_4}{P_1 - P_4} \ln \frac{P_1}{P_4}$ через β , коэффициент, отражающий действительный средний удельный расход энергии воздуха в эрлифте, после преобразований получим

$$L_n = \left(\frac{Q_{g4} \cdot P_4}{P_1 - P_4} \ln \frac{P_1}{P_4} + Q_f \right) H g \rho_f = Q_{g4} \beta_1 H g \rho_f + Q_f H g \rho_f \quad (5)$$

Рассматривая полную работу, совершаемую в эрлифте, как сумму работ, на преодоление гидравлических сопротивлений L_c и силы тяжести при подъеме количества воды $Q_f \rho_f$ на условную высоту h получим выражение

$$L_n = Q_f h g \rho_f + L_c \quad (6)$$

Понятие условной высоты вводим, исходя из рассмотренного принципа действия эрлифта. Полную высоту подъема жидкости можно представить как состоящую из высоты образовавшегося столба смеси в трубе, превышающей рабочую глубину погружения на приведенную высоту, соответствующую массе вытесненной воздухом жидкости и создаваемого скоростного напора. В эрлифтах с $K = 1$ и отсутствием статической высоты подъема ее заменяем средним полезным напором, создаваемым подъемной силой

$$H_n = \frac{H(\rho_f - \bar{\rho}_j)}{\rho_f} \quad (7)$$

где $\bar{\rho}_j$ - средняя плотность смеси в подъемной трубе эрлифта, кг/м³.

Средняя плотность смеси находится с использованием следующих выражений

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_o}{2} \quad (8), \quad \bar{\rho}_g = \rho_{go} \frac{\bar{P}}{P_o} \quad (9), \quad \bar{Q}_g = Q_{go} \frac{\rho_{go}}{\rho_g} \quad (10),$$

$$\bar{\alpha} = \frac{Q_g}{Q_f + \bar{Q}_g} \quad (11), \quad \bar{\rho}_j = \bar{\rho}_g \bar{\alpha} + \rho_f (1 - \bar{\alpha}) \quad (12)$$

Условная высота подъема воды, как сумма высоты подъемной трубы и среднего полезного напора определяется по формуле $h = H + H_n$. (13)

Обозначив работу, совершаемую при расширении воздуха $Q_{g4} \beta_1 H g \rho_f$ через L_p и решая совместно уравнения (5) и (6), получим

$$\begin{aligned} L_p + Q_f H g \rho_f &= Q_f h g \rho_f + L_c, \\ L_p - L_o &= Q_f g \rho_f (h - H), \\ L_p \left(1 - \frac{L_c}{L_p} \right) &= H_n Q_f g \rho_f \end{aligned} \quad (14)$$

Правая часть уравнения (14) представляет собой полезную работу, выполняемую при подъеме воды, а левая определяет долю энергии, расходуемой воздухом на осуществление этой полезной работы. Следовательно, определяем коэффициент полезного действия эрлифта по использованию энергии воздуха

$$1 - \frac{L_c}{L_p} = \eta_\varepsilon \quad (15)$$

Энергия воздуха, выделяемая при его изотермическом процессе расширения, с перепадом давления от P_1 до P_4 направлена на выполнение работы в подъемной трубе. Оставшаяся часть энергии теряется при выходе воздуха в окружающую среду с перепадом давления от P_4 до P_o . Поэтому общие затраты энергии в подъемнике определим с учетом дополнительной потери

$$L_p = Q_{g4} P_4 \ln \frac{P_1}{P_4} + Q_{go} P_o \ln \frac{P_4}{P_o} \quad (16)$$

Заменив Q_{g4} согласно формуле (3), после преобразования получим

$$L_p = \frac{Q_{go} P_o P_4}{P_4} \ln \frac{P_1}{P_4} + Q_{go} P_o \ln \frac{P_4}{P_o} = Q_{go} P_o \ln \frac{P_1}{P_o} = Q_{go} \beta_o (P_1 - P_o) \quad (17)$$

$$\beta_o = \frac{P_o}{P_1 - P_o} \ln \frac{P_1}{P_o}$$

где β_o - коэффициент среднего удельного расхода энергии.

Следовательно, КПД эрлифта по затрачиваемой энергии воздухом составит

$$\eta_\varepsilon = \frac{H_n Q_f g \rho_f}{Q_{go} \rho_o (P_1 - P_o)} \quad (18)$$

Выражение (18) связывает между собой основные параметры воздушного подъемника и его можно использовать для нахождения объемного расхода воздуха

$$Q_{go} = \frac{H_n Q_f g \rho_f}{\beta_o (P_1 - P_o) \eta_{\varepsilon}} \quad (19)$$

Разделив обе части уравнения на Q_f , получим удельный расход воздуха

$$q_{go} = \frac{H_n g \rho_f}{\beta_o (P_1 - P_o) \eta_{\varepsilon}} \quad (20)$$

Расход воздуха для подъема заданного расхода воды будет равен

$$Q_{go} = Q_f \cdot q_{go} \quad (21)$$

В полученное уравнение (20) входят две известные величины: высота подъема воды (H – высота трубы) и расход воды (Q_f). Решение уравнения относительно указанных величин даст значение удельного расхода, при котором достигается (Q_f) максимальный (оптимальный) расход воды. Уравнение (20) можно решить методом подбора или графически, представив его в следующем виде

$$\frac{q_{go} \beta_o (P_1 - P_o) \eta_{\varepsilon}}{H_n} = g \rho_f \quad (22)$$

Для графического решения вводим обозначения

$$Y_1 = \frac{q_{go} \beta_o (P_1 - P_o) \eta_{\varepsilon}}{H_n} \quad ; \quad (23), \quad Y_2 = g \rho_f \quad (24)$$

Зная H и Q_f и задаваясь различными расходами воздуха Q_{go} , строятся две кривые $Y_1 = f(Q_{go})$ и Y_2 . Пересечение этих прямых даст величину искомого удельного расхода (см. рисунок 1).

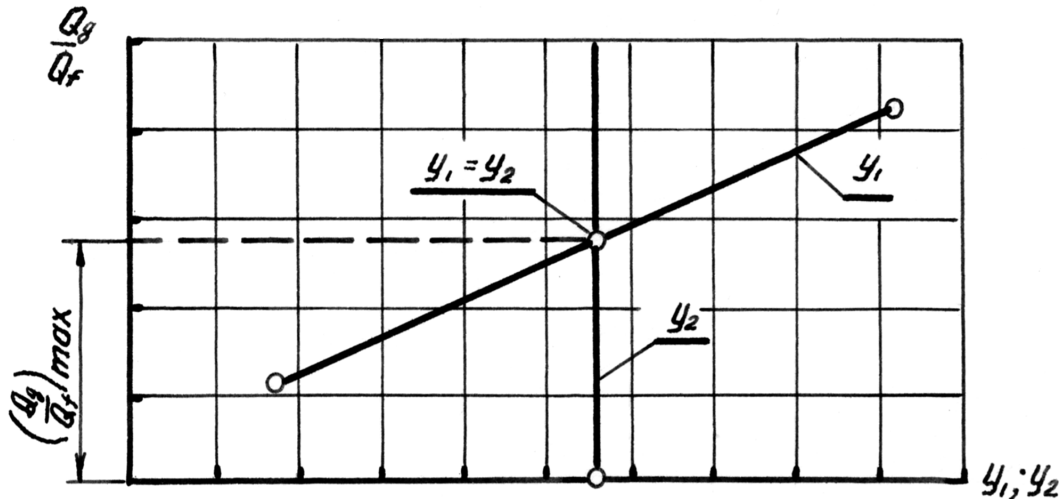


Рисунок 1 - Графическое решение уравнения
Удельный расход воздуха для эрлифта можно определить по следующим уравнениям
– эрлифт с высотой подъемной шахты менее 1,3 м

$$\frac{Q_{g,\max}}{Q_{f,\max}} = 0,7675 + \frac{4,9849 \left(0,005 + \frac{Q_f^{1,15}}{1000 Q_f} \right)^{2-0,35 H}}{P_1 \cdot H^4} \cdot \rho_f \quad (25)$$

– эрлифт с высотой подъемной трубы 1,3 – 3,0 м

$$\frac{Q_{g,\max}}{Q_{f,\max}} = 0,7675 + \frac{4,9849 \left(0,007 + \frac{Q_f^{1,2}}{1000 Q_f} \right)^2}{P_1 \cdot H^4} \cdot \rho_f \quad (26)$$

Сравнивая результаты вычислений расхода рабочего агента в зависимости от производительности эрлифта, по предлагаемым формулам с экспериментальными данными замеров на полупромышленной установке, можно отметить их достаточно близкие результаты. Отклонения в вычислениях не превышают, в среднем 6,0% для эмпирических зависимостей (25) и (26) при высоте подъемной трубы эрлифта до 1,3 м и 2,9% при высоте подъема от 1,3 до 3,0 м. Погрешность при использовании полуэмпирической формулы (19) составила 2%.

По формулам (25), (26) составлены номограммы, которые позволяют по заданной высоте подъема воды (H) и производительности эрлифта определить удельный расход воздуха.

Формулы (19) – (21), (25), (26) являются основными для расчета эрлифта, применяемого в РЗУ, так как задача, как правило, сводится к определению необходимого количества воздуха и его давления для достижения заданной производительности при известных геометрических размерах.

Литература

1. Багдасаров В.Г. Теория, расчет и практика эргазлифта. – М.-Л.:Гостоптехиздат, 1947.
2. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. – М.:Мир, 1972.
3. Пороло Л.В. Воздушно-газовые подъемники жидкости (эргалифты). – М.:Машиностроение, 1969.
4. Ляпота Т.Л. Эрлифтный рыбоотвод рыбозащитных сооружений: Автореф. дис. ...канд. техн. наук – Новочеркасск: НГМА, 1999.

Манжула М.В.

Студент, Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты Ростовской области

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНТЕГРАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДСХЕМ

Аннотация

В статье рассмотрен вариант программной реализации механизма оценки качества интеграции функциональных подсхем сложных функциональных блоков. Приводится программное обеспечение для пакета MatLab, позволяющее проводить расчет коэффициента интеграции функциональных подсхем.

Ключевые слова: редуцирование, агрегирование, интеграция.

Manzhula M.V.

Student, Institute of the service sector and enterprise (branch) of
Don State Technical University

THE COMPUTER PROGRAM QUALITY ASSESSMENT OF FUNCTIONAL INTEGRATION SUBCIRCUITS

Abstract

The article describes the software implementation option mechanism to assess the quality of integration of functional subcircuits complex functional blocks. Provides software package MatLab, allows calculations coefficient integrate functional subcircuits.

Keywords: reducing, aggregation, integration.

Решение задачи синтеза сложных функциональных (СФ) блоков возможно реализовать при помощи подхода, основанного на последовательном использовании операций редуцирования и агрегирования [1-4]. Современные смешанные СФ блоки радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) характеризуются многообразием функциональных возможностей, режимов работы и алгоритмов функционирования [5-10]. Таким образом, синтезируется функциональная схема СФ блока, избыточность которой минимизирована за счет интеграции отдельных элементов функциональных подсхем.

Для оценки качества процесса агрегации предлагается использовать коэффициент интеграции функциональных подсхем $K_{и}$, определяемый как

$$K_{и} = 1 - \frac{n(M_1 \cap M_2) + n((M_1 \cup M_2) \cap M_3) + \dots + n((M_1 \cup M_2 \cup \dots \cup M_{m-1}) \cap M_m)}{n(M_1) + n(M_2) + n(M_3) + \dots + n(M_m)}$$

Один из вариантов реализации программы для расчета коэффициента интеграции функциональных подсхем для пакета MatLab представлен далее:

```
function y1 = koef()
m = input('Введите количество подсхем: ');
%k = input('Введите максимальное количество элементов в подсхеме: ');
shema1 = cell(m,1);
%shema2 = cell(m,1);
for n=1:m
    %pods="";
    %for i=1:k
        pri=strcat('Введите ',num2str(n),'-ю подсхему: ');
        shema1 {n,1}=input(pri,'s');
        %pods=strcat(pods,shema1 {n,i});
    %end
    %shema2 {n,1}=pods;
end
disp(shema1);
bust="";
len1=0;
len2=0;
for j=1:m
    bust=union(bust,shema1 {j,1});
    len2=len2+length(shema1 {j,1});
end
len1=length(bust);
disp(strcat('Объединение элементов:',bust));
disp(strcat('Сумма объединения элементов:',num2str(len1)));
disp(strcat('Сумма всех элементов:',num2str(len2)));
y1 = len1/len2;
disp(strcat('Коэффициент интеграции заданных подсхем =',num2str(y1)));
end
```

Таким образом, используемый механизм оценки качества интеграции функциональных подсхем СФ блоков РЭА и предложенное программное обеспечение, позволяет определить уровень агрегации конечной функциональной схемы.

Литература

1. Манжула, В. Г., Федяшов, Д. С. Нейронные сети Кохонена и нечеткие нейронные сети в интеллектуальном анализе данных // Фундаментальные исследования. - 2011. - № 4. - С. 108-114.
2. Манжула, В. Г. Оценка интегральной избыточности в процессе синтеза микроэлектронных систем // Современные проблемы науки и образования. - 2011. - № 4. - С. 33.
3. Манжула, В. Г. Моделирование системного уровня процесса обработки информации при синтезе аналоговых сложных функциональных блоков // Системы управления и информационные технологии. - 2010. - Т. 41. - № 3. - С. 36-40.

4. Манжула, В. Г. Синтез избыточных структур сложных функциональных блоков // Системы управления и информационные технологии. - 2010. - Т. 39. - № 1.2. - С. 242-247.
5. Манжула, В. Г. Синтез избыточных функциональных схем микросистем в корпусе (SIP) // Системы управления и информационные технологии. - 2011. - Т. 45. - № 3. - С. 41-44.
6. Манжула, В. Г. Модели, методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза избыточных смешанных СФ-блоков // Известия Южного федерального университета. Технические науки. - 2011. - Т. 115. - № 2. - С. 79-87.
7. Манжула, В. Г. Исключение структурной, функциональной и схмотехнической избыточности при синтезе аналоговых систем в корпусе // Научно-технический вестник Поволжья. - 2011. - № 2. - С. 123-127.
8. Манжула, В. Г. Информационная поддержка синтеза схмотехнически интегрированных принципиальных электрических схем // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. - 2012. - Т. 2. - № 145. - С. 144-150.
9. Манжула, В. Г. Снижение параметрической избыточности в импульсных компенсационнопараметрических стабилизаторах напряжения // Научно-технический вестник Поволжья. - 2012. - № 1. - С. 199.
10. Манжула, В. Г. Функционально интегрированная микросистемная система защиты на основе быстродействующего датчика температуры // Датчики и системы. - 2012. - № 7. - С. 18-22.

Минаков В.Ф.¹, Артемьев А.В.², Лобанов О.С.³

¹ Доктор технических наук, профессор, ² аспирант, ³ аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет

МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

Аннотация

Выполнена верификация и валидация модели распространения технологических инноваций. Идентифицированы параметры модели. Оценена погрешность модели применительно к услугам отрасли связи России.

Ключевые слова: модель, верификация, валидация, инновации.

Minakov V.F.¹, Artemyev A.V.², Lobanov O.S.³

¹ Doctor of technical science, professor, ² postgraduate, ³ postgraduate, St. Petersburg State University of economics

MODEL OF DYNAMICS OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS

Abstract

Verification and validation of model of distribution of technological innovations is executed. Model parameters are identified. The model error in relation to services of branch of communication of Russia is estimated.

Keywords: model, verification, validation, innovations.

Современные технологические инновации приобретают роль драйвера мировых рынков [1, 2]. Инновации [3 - 8] не только стимулируют спрос конечных потребителей, но и повышают капитализацию высокотехнологичных компаний. Особенно показательны в этом отношении результаты деятельности инновационных информационно-технологических компаний и динамика распространения их продуктов [3, 9].

Актуальным, следовательно, является исследование закономерностей динамики роста объемов потребления инноваций [10, 11].

В математической форме динамика роста потребления инновационных продуктов (его первая производная) пропорциональна числу инноваторов с коэффициентом α и числу последователей с коэффициентом β . Вторая категория потребителей растет по мере изучения опыта предшественников. Верифицируем такое поведение покупателей на рынке моделью темпа продаж (иначе – первой производной покупок) в денежном выражении [10]:

$$dP_V(t)/dt = [\alpha + \beta \cdot P_V(t)] \cdot [1 - P_V(t)/P_{Vm}]$$

где P_V – стоимость используемых инноваций;

P_{Vm} – предельный уровень дохода от инноваций в среде при насыщении ее инновационными продуктами.

Решение дифференциального уравнения имеет вид:

$$P_V(t) = P_{Vm} \frac{1 - e^{-(\alpha + \beta) \cdot (t - t_0)}}{1 + \frac{\beta}{\alpha} \cdot e^{-(\alpha + \beta) \cdot (t - t_0)}}$$

где t_0 – время начала моделирования процесса.

В России технологические инновации получили широкое распространение в системах связи и их продуктах: мобильные телефоны и услуги, Интернет и его сервисы, и т. п. Параметры модели для дохода отрасли связи России идентифицированы методом наименьших квадратов и составляют:

$$P_{Vm} = 1612,2 \text{ млрд. руб.}, \quad \alpha = 0,00091, \quad \beta = 0,416, \quad t_0 = 1991$$

Следовательно, для отрасли связи России модель динамики дохода, обеспечиваемого технологическими инновациями, (в млрд. руб.) имеет вид:

$$P_V(t) = 1612,2 \cdot \frac{1 - e^{-(0,00091 + 0,416) \cdot (t - 1991)}}{1 + \frac{0,416}{0,00091} \cdot e^{-(0,00091 + 0,416) \cdot (t - 1991)}}$$

На рис. 1 представлены результаты моделирования динамики дохода отрасли связи России в период с 1991 по 2012 г. и их сопоставление с фактическими данными (до 1998 г. – в денонмированных рублях).

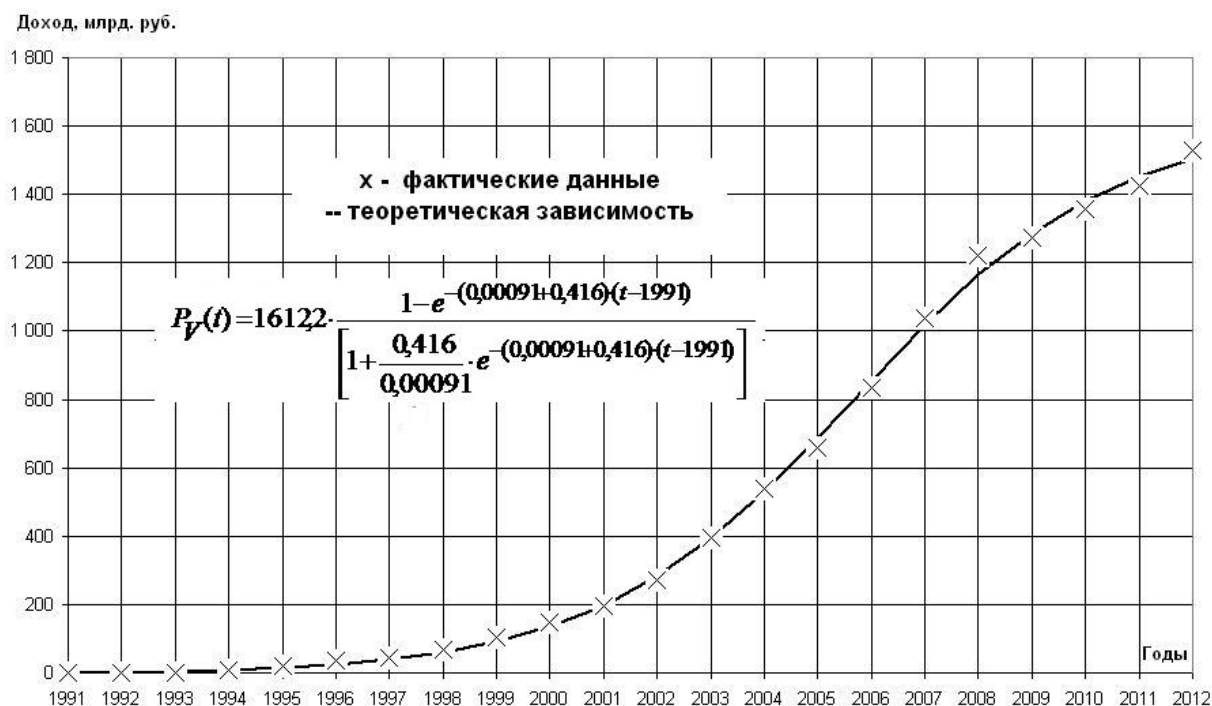


Рис. 1. – Динамика дохода отрасли связи России

Максимальная приведенная погрешность моделирования составляет 3,68 % (в 2008 году в период начала глобального кризиса), следовательно, модель валидна реальной динамике доходности отрасли связи России.

Литература

1. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Галстян А. Ш., Шиянова А. А. Обобщенная экономико-математическая модель распространения и замещения инноваций // Экономический анализ: теория и практика. – 2012. – № 47 (302). – С. 49-54.
2. Минаков В. Ф., Сотавов А. К., Артемьев А. В. Модель интеграции аналоговых и дискретных показателей инновационных проектов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2010. – № 6 (112). – С. 177-186.
3. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Модернизация региональных информационных ресурсов в облачных платформах и сервисы // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 10-3 (17). – С. 56-57.
4. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Способ быстродействующей защиты электродвигателей от несостоявшихся пусков // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 9 (76). – С. 113-115.
5. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Способ защиты двигателей от несостоявшихся пусков // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 12-1 (19). – С. 106-107.
6. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Блочная структура средств релейной защиты и автоматики // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 10 (77). – С. 114-116.
7. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Интеграция средств защиты электродвигателей сельскохозяйственного производства // Научное обозрение. – 2013. – № 10. – С. 172-176.
8. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Открытая архитектура релейной защиты и автоматики // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 12-1 (19). – С. 110-111.
9. Минакова Т. Е., Минаков В. Ф. Инновационное развитие региональных информационных ресурсов как облачных платформ // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. – 2013. – № 12 (79). – С. 116-117.
10. Минаков В. Ф., Макаручук Т. А., Артемьев А. В. Модель Басса в управлении инновационным развитием отрасли связи России // Качество. Инновации. Образование. – 2013. – № 8 (99). – С. 23-27.
11. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е. Математическая модель кумулятивного эффекта энергосбережения // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2013. – № 1. – С. 197-199.

Панкова Т. А.

Старший преподаватель, Саратовский Государственный Аграрный университет им. Н. И. Вавилова

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НОРМИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Аннотация

В статье рассматривается и решается проблема нормирования орошения сельскохозяйственных культур в условиях постоянно изменяющихся природно-климатических условий на основе разработанной модели нормирования орошения.

Ключевые слова: нормирование, орошение, культура, режим.

Pankova T. A.

Senior Lecturer, Saratov State Agrarian University. Vavilov

STATISTICAL ANALYSIS NORMALIZATION IRRIGATION FOR ALFALFA THE SARATOV ZAVOLZHZIE

Abstract

The article discusses and solves the problem of rationing crop irrigation in a constantly changing climatic conditions on the basis of valuation models developed irrigation.

Keywords: valuation, irrigation, crop mode.

Поволжье находится в зоне рискованного земледелия, где часто возникающие засухи наносят большой вред сельскому хозяйству. Так, за последние 63 года – 35 лет были засушливыми и острозасушливыми. В эти годы недобор продукции составлял от 500 миллионов до 1 миллиарда рублей [4].

Одна из основных причин роста площадей мелиоративно неблагополучных земель региона кроется в низкой обоснованности проектных решений строительства большинства оросительных систем, введенных в эксплуатацию во второй половине XX века, вследствие отсутствия или низкого качества прогнозирования на основе математического моделирования водного режима орошаемых земель.

Поэтому, наиболее актуальной проблемой для науки и практики являются научные разработки в области нормирования водопотребления сельскохозяйственных культур посредством прогнозирования его с помощью математических ресурсосберегающих моделей.

Нами была разработана математическая ресурсосберегающая модель нормирования орошения в виде совокупности уравнений, для условий Саратовского Заволжья [4].

В формуле Н.Н. Иванова [3] испаряемость (мм/мес) определяется по испарению с водной поверхности малых водоемов или с поверхности почвы при полном ее насыщении водой и связывается с метеорологическими характеристиками, температурой (Т) и относительной влажностью воздуха (а).

$$E_0 = 0.0018(25 + T)^2(100 - a)$$

где Т - среднесуточная температура воздуха, °С; а - среднесуточная относительная влажность воздуха, %;

При поддержании в расчетном слое почвы влажности используем выражение:

$$W_h = (W_{hn} + W_{hk}) / 2 \geq W_{HB}, \text{ член } (W_{hn} + W_{hk}) / 2 \gamma = 1$$

Таким образом, расчет водопотребления с сельскохозяйственного поля проводим по формуле:

$$E = \beta \cdot E_0$$

При условии $W_h < W_{HB}$ определяющее значение при формировании водопотреблении сельскохозяйственных культур будет иметь влажность почвы, при $W_h \geq W_{HB}$ водопотребление определяется напряженностью метеорологических условий.

Разработанная методика позволяет принимать технологическое решение для нормирования водопотребления культур при меняющихся природных условиях, путем проведения симуляции различных сценариев изменения водного режима почвы, что наиболее актуально в связи с происходящими природно-климатическими изменениями [1, 2].

Модель была разработана на алгоритмическом языке Visual Basic for Application в среде MS Excel.

Алгоритм программы заключается в посуточном определении всех показателей водного режима [5, 6], и как конечный результат моделирования - определение составляющих необходимых для ресурсосберегающего режима орошения за весь вегетационный период (оросительная норма, поливная норма, сроки полива, количество поливов, водопотребление).

Для определения эмпирической зависимости, которым подчиняются исследуемые параметры: средняя влажность в % от наименьшей влагоемкости и суммарное водопотребление был построен график зависимости (рис. 1) этих параметров, полученных в результате симуляции режима орошения люцерны.

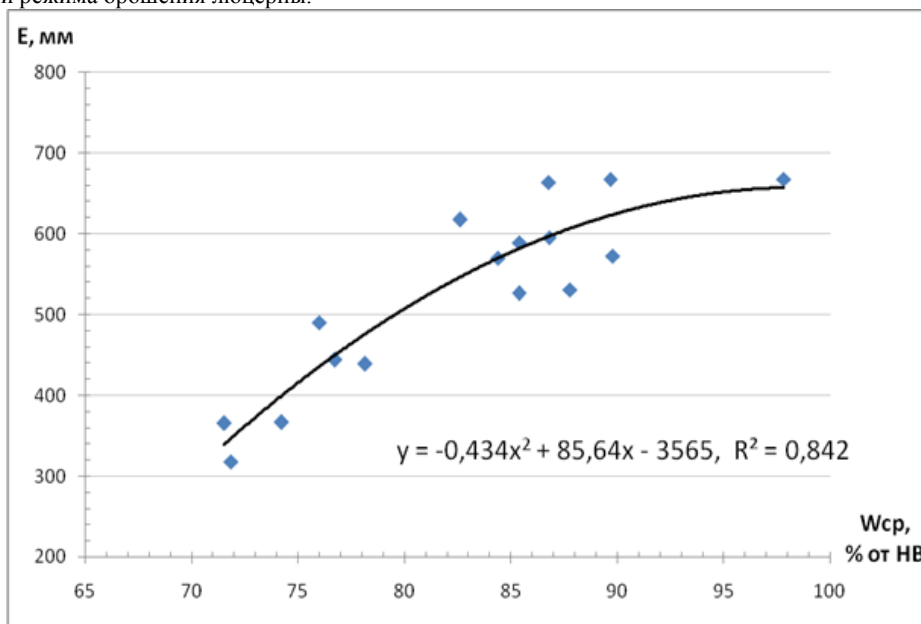


Рис. 1. Зависимость суммарного водопотребления люцерны (в мм) от средней за вегетационный период влажности (в % от HB).

С помощью линии тренда была получена регрессионная зависимость между средней влажностью почвы и величиной суммарного водопотребления культуры. Полученная зависимость описывается уравнением аппроксимирующей (сглаживающей) кривой, полиномом 2 степени:

$$E = -0,434W_{cp}^2 + 85,64W_{cp} - 3565$$

Величина достоверности аппроксимации получилась $R^2 = 0,842$, это говорит о значимой корреляционной зависимости между суммарным водопотреблением и влажностью почвы.

Литература

1. Васильченко Т. А. / Количественная оценка риска возделывания яровой пшеницы в Саратовской области. Вестник СГАУ. / Саратов, 2009. - №1. С. 12-16.
2. Васильченко Т. А., Затинацкий С. В. / Обоснование необходимости комплексных мелиораций с учетом возможного изменения климата в условиях Нижнего Поволжья. Вестник СГАУ. / Саратов, 2008. - № 3. С. 60-62.
3. Иванов, Н. Н. Об определении величин испаряемости / Н. Н. Иванов. – М.: Изв. ГГО, 1954. – С. 189 – 196.
4. Кошкин Н. М., Затинацкий С. В., Васильченко Т. А. / Автоматизация управления режимом полива сельскохозяйственных культур с учетом погодных условий. Вестник СГАУ. / Саратов, 2010. - №7. С. 58-61.
5. Панкова Т. А., Затинацкий С. В. / Ресурсосберегающая математическая модель нормирования орошения. Журнал «Научное обозрение». / Саратов, 2013. - № 11, С.10-13.
6. Панкова Т. А., Затинацкий С. В. / Моделирование режима орошения. Материалы докладов II Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня». / Москва, 2013., С.115-118.

Петров Н.В.

Кандидат технических наук, ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта»

СБОРКА И МОНТАЖ СУДОВЫХ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ ЕДИНИЦ ПО МЕТОДУ РАЗОВОЙ СБОРКИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ.

Аннотация

Предложен экспериментальный метод для моделирования технологических процессов при наличии зависимости между определяющими факторами.

Разработаны технологии сборки и монтажа судовых сборочно-монтажных единиц (СМЕ) по методу разовой сборки, а именно путем однократного воздействия на отжимные приспособления, динамометры.

Технологии обеспечивают снижение трудоемкости и продолжительности сборочных и монтажных работ, раннее выявление и устранение нарушений собираемости и коллизий и др.

Ключевые слова: сборочно-монтажные единицы, центровка, базирование, регулирование опорных нагрузок, диагностирование, изгибающий момент и поперечная сила.

Petrov N.V.

Candidate of Engineering Sciences, JSC «Shipbuilding & Shiprepair Technology Center»

ASSEMBLY AND INSTALLATION OF SHIP SUB UNITS USING SINGLE ASSEMBLY METHOD BASED ON MATHEMATIC MODELING

Abstract

Proposed here is experimental method for modeling of technological procedures used with dependencies between defining factors.

Reviewed are technologies for assembly of ship sub-units (SSU) using single assembly method, i.e. single exposure at pulling mechanisms and dynamometers.

These technologies help to decrease labor intensity and duration of assembly and installation works, early detection and removal of assembly errors, collisions, etc.

Keywords: sub units, center adjustment, referencing, support loads control, diagnostic, bending moment and transverse force.

При разработке технологических процессов сборки и монтажа СМЕ необходимо установить значительное количество требований, среди которых могут быть выделены:

последовательность выполнения отдельных операций;

способы выполнения отдельных операций;

требования к технологическим режимам или условиям выполнения операций;

требования к показателям точности операций.

Наиболее распространёнными средствами, используемыми при разработке технологических процессов, являются методы расчёта размерных цепей.

Применение методов расчета размерных цепей предполагает известность аналитических зависимостей между замыкающим и составляющими звеньями размерной цепи. Расчеты позволяют определить номинальные значения и допуски размеров, составляющих размерную цепь.

Однако, при разработке технологических процессов сборки и монтажа судового оборудования приходится иметь дело с процессами, для которых аналитические зависимости не известны, или при неполном знании происходящих в них явлениях.

Примером таких процессов, в частности, может служить регулирование опорных нагрузок СМЕ. После установки СМЕ на стенде или на судовом фундаменте на динамометрах или гидродомкратах, исходя из условий равновесия, значения опорных нагрузок могут быть описаны системой из трех линейных уравнений. Но, даже имея формальное описание процесса регулировки опорных нагрузок в виде системы из трех уравнений, отсутствие знаний жесткостных характеристик несущей конструкции не позволит рассчитать опорные нагрузки.

Именно по этим причинам для описания процесса регулирования опорных нагрузок используется табличный способ задания функциональной зависимости на основе составления формуляров нагрузок.

Более широкие возможности представляют метод планирования эксперимента [1]. В основу метода заложено представление объекта исследования в виде кибернетической схемы - «черного ящика» (рисунк 1), имеющего входные переменные (факторы) $P_i (i=1 \dots n)$ и выходные (целевые функции или функциональные параметры) Z . Применение многофакторного эксперимента позволяет описать объект исследования математической моделью, связывающей функциональные параметры с факторами, например, в виде линейного уравнения (1)

$$Z = Z_0 + b_1 P_1 + b_2 P_2 + \dots + b_n P_n$$

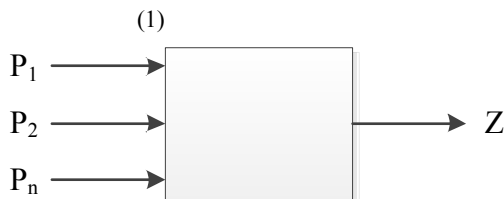


Рис. 1 – Представление объекта исследования в виде «черного ящика» для независимых факторов.

Использование понятия «черный ящик» позволяет рассматривать СМЕ как объект регулирования, а процессы сборки и монтажа – как процессы регулирования входных переменных при определённых ограничениях с целью обеспечения заданного значения функционального параметра.

Возвращаясь к предыдущему примеру, следует отметить, что процесс регулирования опорных нагрузок, по воспроизводимости результатов и частично по возможности управления факторами отвечает требованиям, предъявляемым к факторам при планировании эксперимента. При регулировании опорных нагрузок (управлении) возможность поддержания фактора на постоянном уровне обеспечивается только при регулировке одного отдельного динамометра. В дальнейшем опорная нагрузка на этом динамометре будет изменяться за счет регулировки других динамометров.

Ограничения по применению методов планированного эксперимента появляются при рассмотрении требований к совокупности факторов. В монографии [1] это требование сформулировано в следующем виде: «При планировании эксперимента важна независимость факторов, т.е. возможность установления фактора на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Если это условие невыполнимо, то невозможно планировать эксперимент».

Если обратиться к регулированию опорных нагрузок, то увидим нарушение требования независимости факторов. Взаимное влияние нагрузок динамометров выражается в том, что при изменении нагрузки на одном из динамометров одновременно происходит изменение нагрузок на других динамометрах. Это влияние проявляется более заметно на динамометрах расположенных рядом с регулируемым динамометром и по мере удаления от него ослабевает.

Наличие взаимной зависимости существенно усложняет процесс регулировки динамометров и обуславливает выполнение регулировки по методу «проб и ошибок», а именно, на основе последовательных изменений значений регулируемых параметров и субъективной оценке следующего шага регулировки по изменению функционального параметра.

Откуда следует, что для описания процессов сборки и монтажа СМЕ необходима разработка экспериментального метода для моделирования процессов при наличии зависимости между определяющими факторами.

Рассмотрим возможные методы моделирования процессов с зависимыми факторами на примере регулирования опорных нагрузок СМЕ.

Для определенности задачи регулирования опорных нагрузок примем следующее ограничение - регулирование динамометров выполняется, последовательно начиная с динамометра с порядковым номером 1 до n. Для характеристики технологических процессов, в которых регулирование опорных нагрузок или перемещений в опорных точках выполняется путем однократного воздействия на динамометр или отжимное приспособление или иначе за один их обход в дальнейшем будем применять термин разовая сборка. Например, центровка по методу разовой сборки и т.д.

Принятое ограничение позволяет ввести для описания процесса регулирования новую переменную x_i , под которой в дальнейшем будем понимать значение изменения нагрузки от значения, полученного при выполнении предыдущей операции. Для примера значения изменений будут составлять: для динамометра с номером 1 – изменение от начального значения X_{10} до значения $X_{10}+X_1$, для динамометра с номером i – изменение от X_{i0} , полученного после регулировки динамометров с номерами от 1 до $(i-1)$ до значения $X_{i0}+X_i$. В дальнейшем новую независимую переменную будем называть технологическим параметром процесса регулирования.

Исходя из зависимости функционального параметра Z от значений опорных нагрузок $P_i (i = 1 \dots n)$

$$Z = F_1(P_1, P_2, \dots, P_n) \quad (2)$$

зависимость функционального параметра от значений технологических параметров x_i может быть представлена в виде

$$Z = F_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3)$$

С другой стороны зависимость опорных нагрузок от значений технологических параметров может быть представлена уравнениями вида

$$P_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4)$$

После разложения функций (3), (4) в ряд Тейлора получим систему линейных уравнений позволяющую моделировать процессы при наличии зависимости между определяющими факторами

$$\begin{cases} P_1 = P_{10} + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ P_2 = P_{20} + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ \dots \\ P_n = P_{n0} + a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n \end{cases} \quad (5)$$

$$Z = Z_0 + a_{(n+1),1}x_1 + a_{(n+1),2}x_2 + \dots + a_{(n+1),n}x_n$$

где $P_{10} \dots P_{n0}, Z_0$ – значения опорных нагрузок и функционального параметра перед началом регулирования;

$a_{ij} = \frac{\partial P_i}{\partial x_j}$ – коэффициенты модели, соответствующие значениям частных производных нагрузок i – ого динамометра по j – ому технологическому параметру ($i = 1 \dots n, j = 1 \dots n$);

$a_{(n+1),j} = \frac{\partial Z}{\partial x_j}$ – коэффициенты модели, соответствующие значениям частных производных функционального параметра по j – ому технологическому параметру ($j = 1 \dots n$);

Следует отметить ряд особенностей полученной математической модели.

Для объектов с зависимыми факторами в качестве входных переменных используются технологические параметры, а зависимые факторы переносятся к выходным данным и рассматриваются как новые функциональные параметры (рисунок 2).



Рисунок 2 – Представление объекта исследования в виде «черного ящика» для зависимых факторов.

Зависимость (2) между функциональным параметром Z и зависимыми факторами $P_1 \dots P_n$ задается в неявном виде через новые переменные - технологические параметры $X_1 \dots X_n$.

Значения коэффициентов модели a_{ij} при $i=j$ равны 1. В случае если принять, что факторы независимы, т.е. $a_{ij} = 0 (i = 1 \dots n, j = 1 \dots n, \text{кроме } i = j)$, то система уравнений приводится к виду, получаемому методами планирования эксперимента. Это показывает, что полученная модель является более общей и может применяться для исследования объектов, как с зависимыми, так и с независимыми факторами.

Отличие сравниваемых методов заключается в том, что при проведении эксперимента для получения математической модели для независимых факторов производят одновременное варьирование всеми переменными по определенному плану эксперимента, а при наличии зависимости факторов одновременное варьирование переменных не выполнить.

При применении методов планирования эксперимента возможна как раздельная, так и одновременная регулировка входных переменных. При использовании моделей для зависимых факторов – только раздельная последовательная регулировка. Это отличие определяется принятым выше ограничением по последовательному выполнению регулировки.

Рассмотрим конкретные примеры моделирования процессов сборки и монтажа СМЕ на основе предложенного экспериментального метода.

I. Регулирование СМЕ по функциональным параметрам.

Процессы регулирования по функциональным параметрам в механомонтажном производстве в настоящее время не применяются. В машиностроении наметилась тенденция по развитию процессов сборки и монтажа механизмов по комплексным показателям качества наиболее полно связанным с показателями функционирования механизмов.

Так, разработан процесс сборки крупных многоузловых машин с контролем потерь мощности [2]. Способ реализован на основе регулировки положения опор в зависимости от тока привода двигателя.

Математическая модель процесса регулирования по функциональным параметрам соответствует модели, полученной при рассмотрении процессов регулирования опорных нагрузок с контролем функционального параметра в виде переопределенной системы линейных уравнений (5).

В зависимости от решаемой задачи в качестве функционального параметра могут применяться комплексные показатели качества, например потери мощности, значения вибрации в заданных точках и др., в качестве технологических параметров – значения изменений опорных нагрузок или перемещения СМЕ в опорных точках и др.

II. Регулирование опорных нагрузок амортизированных СМЕ.

Для амортизированных СМЕ, как правило, функциональный параметр не устанавливается. Это позволяет упростить математическую модель (5) за счет исключения выражения для функционального параметра. В результате математическая модель регулирования опорных нагрузок приводится к квадратной системе линейных уравнений вида

$$\begin{cases} P_1 = P_{10} + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ P_2 = P_{20} + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ \dots \\ P_n = P_{n0} + a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n \end{cases} \quad (6)$$

Обозначения переменных приведены выше.

Базирование СМЕ.

Сложность процессов базирования современных СМЕ обуславливается значительным количеством (20 – 40) контролируемых параметров.

При базировании в качестве выходных переменных следует принять значения монтажных и амортизационных зазоров $S_1 \dots S_k$, в качестве входных – технологические параметры процесса базирования $x_1 \dots x_n$. По аналогии с процессами регулирования опорных нагрузок технологические параметры будут определять перемещения СМЕ в заданной опорной точке от значения, полученного при выполнении предыдущей операции.

Исходя из принятого представления СМЕ как объекта регулирования, математическая модель процесса базирования СМЕ может быть представлена в виде переопределенной системы линейных уравнений

$$\begin{cases} S_1 = S_{10} + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ S_2 = S_{20} + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ \dots \\ S_k = S_{k0} + a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \dots + a_{kn}x_n \end{cases} \quad (7)$$

Значения индексов системы уравнений: $k = 20 \dots 40$; $n \geq 6$, что показывает необходимость минимизации количества контролируемых параметров процесса.

Центровка механизмов по изломам и смещениям.

Как и при базировании механизмов при центровке решается задача установки механизмов в положение заданное монтажным чертежом. В общем случае при центровке в качестве контролируемых параметров применяют изломы и смещения в соединениях валов и значения монтажных и амортизационных зазоров $S_1 \dots S_k$.

Математическая модель процесса центровки аналогична модели для процесса базирования (7) и определяется следующей переопределенной системой линейных уравнений

$$\begin{cases} S_1 = S_{10} + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ S_2 = S_{20} + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ \dots \\ S_k = S_{k0} + a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \dots + a_{kn}x_n \\ \dots \\ S_{(k+4)} = S_{(k+4),0} + a_{(k+4),1}x_1 + a_{(k+4),2}x_2 + \dots + a_{(k+4),n}x_n \end{cases} \quad (8)$$

где $S_{(k+1)} \dots S_{(k+4)}$ – значения изломов и смещений в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Экспериментальное определение изгибающего момента и поперечной силы в соединениях валов центруемых механизмов.

Стремление поставщиков повысить надежность эксплуатации механизмов стимулировали развитие методов, позволяющих ограничивать нагрузки на подшипники механизма и напряжения в валах посредством нормирования значений изгибающего момента и поперечной силы в соединениях валов центруемых механизмов. Основой для разработки таких методов могут служить известные методы сопротивления материалов [3].

Показателен опыт фирмы «MAN-B&W Diesel A/S» [4]. На основе расчетов методом конечных элементов установлены предельные значения изгибающего момента и поперечной силы для дизелей производимых фирмой. Одновременно приведены данные по допускаемым нагрузкам на подшипники и показатели жесткости вала дизеля по отношению к действию изгибающего момента и поперечной силы, на основе которых могут рассчитываться параметры центровки дизелей.

Учитывая сложную конструкцию роторов и валов современных машин и механизмов, в том числе наличие насадных деталей, сложную геометрическую форму, переменное по длине сечение при использовании расчетных методов приходится вводить ряд допущений, которые снижают точность расчетов. Представляется целесообразным наряду с расчетными методами использовать также и экспериментальные методы.

Возможность экспериментального определения параметров изгибающего момента и поперечной силы имеется до сборки механизма, а именно после окончательного изготовления ротора или вала механизма и может выполняться на стенде.

На основе представления вала механизма как объекта регулирования математическая модель процесса регулирования нагрузок на подшипники может быть представлена в виде переопределенной системы линейных уравнений

$$\begin{cases} P_1 = P_{10} + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ \dots \\ P_n = P_{n0} + a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n \\ M = M_0 + a_{(n+1),1}x_1 + a_{(n+1),2}x_2 + \dots + a_{(n+1),n}x_n \\ Q = Q_0 + a_{(n+2),1}x_1 + a_{(n+2),2}x_2 + \dots + a_{(n+2),n}x_n, \end{cases} \quad (9)$$

которая в неявном виде устанавливает зависимость изгибающего момента M и поперечной силы Q от значений нагрузок на подшипники $P_1 \dots P_n$ (n – количество подшипников).

Анализ полученных математических моделей позволяет наметить следующие направления совершенствования процессов сборки и монтажа СМЕ:

- уменьшение количества регулировок и соответственно выполнения работ по методу разовой сборки;
- уменьшение количества контролируемых параметров;
- выполнение оптимального регулирования входных параметров;
- обнаружение нарушений собираемости и коллизий;
- совмещение работ;
- автоматизация процессов сборки и монтажа.

Основой для реализации представленных направлений являются следующие положения.

Математические модели (5...9) позволяют определить совокупность технологических параметров $x_1 \dots x_n$, отвечающих требованиям минимально возможного количества регулировок СМЕ при реализации конкретного технологического процесса, а именно обеспечить однократное воздействие на отжимное приспособление или динамометр.

Возможность идентификации процессов сборки и монтажа системами линейных уравнений позволяет сократить количество регулируемых параметров на основе объединения их в группы и соответственно уменьшить трудоемкость и продолжительность работ.

Для процессов регулирования СМЕ по функциональным параметрам правомерна постановка задачи обеспечения оптимального значения функционального параметра при ограничениях допустимых значений опорных нагрузок или перемещений. Определение значений технологических параметров может выполняться методами линейного программирования;

При регулировании опорных нагрузок амортизированных СМЕ математическая модель представлена квадратной системой линейных уравнений, которая может быть решена прямыми или итерационными методами (Ильин В.А., 2004, 296 с);

Для процессов базирования СМЕ и центровки механизмов решение переопределённых систем уравнений также может выполняться прямыми или итерационными методами. Однако при применении расчетных методов может возникнуть ряд препятствий. В связи высокими массогабаритными характеристиками при монтаже СМЕ наблюдаются коллизии и нарушения собираемости между элементами СМЕ и корпусными конструкциями. Наличие последних будет приводить к нарушениям совместности системы уравнений. Это в свою очередь не позволит определить технологические параметры процесса и свидетельствует о целесообразности разработки методов, обеспечивающих локализацию нарушений собираемости и коллизий на основе интерактивного взаимодействия производителя работ с моделью.

Блок-схема функционирования, визуальное представление интерактивных моделей и методы их применения для выявления и устранения коллизий и нарушений собираемости рассмотрены в [6],[7].

При обосновании моделей центровки механизмов (8) в рассмотрение намеренно включены все факторы, реально контролируемые при выполнении технологического процесса, что привело к ее усложнению. Это позволяет достичь качественных изменений процесса центровки по сравнению с традиционными методами центровки по базовому механизму. В первую очередь изменения касаются возможности совмещения операций установки центруемых механизмов и их выполнению по методу, который может быть охарактеризован, как совместная центровка. Следует отметить, что при исключении из модели (8) значений перемещений в опорных точках смежного механизма математическая модель упрощается и приводится элементарной зависимости используемой при традиционных методах центровки по базовому механизму. При этом соответственно исчезает возможность выполнения совместной центровки. Это свидетельствует о том, что модель (8) является более общей. На основе предложенного метода разработаны математические модели для совместной центровки двух-, трех- и многомашинных агрегатов, центровка с контролем отклонений от горизонтальности и электрических машин с выносными подшипниками, что рассмотрено в статье [6].

При моделировании процессов центровки по изгибающему моменту и поперечной силе технологические параметры имеют второстепенное значение и могут использоваться для снижения трудоемкости экспериментальных работ по определению параметров центровки. Более важной в данном случае является возможность определения на основе системы уравнений допусков параметров центровки и использование уравнений в качестве диагностической модели для выполнения безразборной диагностики состояния центровки [8].

Применение математических моделей обеспечивает возможность автоматизации процессов сборки и монтажа СМЕ двумя методами:

на основе компьютерного управления параметрами процесса;

на основе создания системы автоматического регулирования.

В первом случае автоматизация процесса достигается на основе реализации следующего алгоритма. При воздействии возмущения измеряют текущие значения регулируемых параметров (при регулировании опорных нагрузок согласно системы уравнений(6) – переменные P_i). По системе (6) рассчитывают технологические параметры. Под управлением процессора выполняют поочередные изменения опорных нагрузок. Момент времени, в который необходимо выполнить регулировку опорных нагрузок, может быть установлен на основе ограничения отклонения текущего значения нагрузки от заданного.

Применение автоматического регулирования параметров СМЕ позволяет совместить, а именно, одновременно выполнять два процесса, например, базирование и регулирование опорных нагрузок или центровку и регулирование опорных нагрузок.

Процесс может быть реализован на основе применения двух групп гидродомкратов. Первой – предназначенной для базирования или центровки и второй – для регулирования опорных нагрузок. При этом последняя группа гидродомкратов должна работать в режиме поддержания постоянных опорных нагрузок.

Литература

1. Адлер, Ю. П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. : Наука, 1976, 279с.
2. Жабин А.И., Бровман М.Я. Новый способ сборки крупных многоузловых агрегатов машин "Вестник машиностроения", №4. 1983 г., С.52-55.
3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. Москва : "Наука", 1976, 607 с.
4. Jensen, M. "Investigation of alignment difficulties in ships with heavy shafting",. Copenhagen : MAN-B&W Diesel A/S, 1985.
5. Ильин В.А., Поздняк Э.Г., "Линейная алгебра: Учебник для вузов – 6-ое издание. Москва : Физматлит, 2004, 296 с.
6. Петров Н.В. Совместная центровка вспомогательных механизмов. Вестник технологии судостроения и судоремонта. №18. Санкт-Петербург : ОАО "ЦТСС", 2010, С. 102-106.
7. Петров Н.В. Базирование крупногабаритных сборочно-монтажных единиц по методу разовой сборки. Судостроение, №3. Санкт-Петербург : ОАО "ЦТСС", 2012. С. 56-58. ISSN0039-4580.
8. Петров Н.В. Безразборное диагностирование центровки по параметрам силового взаимодействия механизмов. Морской вестник .№1. Санкт-Петербург : "Морвест", 2013. ISSN 1812-3694. С. 55-57..

Пилипенко Н.Ю.¹ Брыкалов А.В.²

¹ Научный сотрудник, Кубанский государственный аграрный университет; ² Доктор химических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет

ТЕХНОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА, ОБЛАДАЮЩЕГО АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Аннотация

В статье рассмотрена – разработка технологии функционального напитка на основе молочной сыворотки с добавлением экстракта лекарственного растения – мяты перечной. Исследованы качественные показатели напитка, а также определена общая антиоксидантная активность полученного продукта.

Ключевые слова: сыворотка, технология, функциональные свойства.

Pilipenko N.Y.

Researcher, Kuban State Agrarian University

TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL BEVERAGE, POSSESSING ANTIOXIDANT ACTIVITY

Abstract

The article considers the development of technology of the functional beverage based on the whey, with the extract of medical plant – peppermint. Investigated the qualitative indicators of beverage and determined the total antioxidant activity of the received product.

Keywords: whey, technology, functional properties.

статья изъята

Субботин Д.А.

Кандидат технических наук, инженер- исследователь, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», кафедра Электротехники и прецизионных электромеханических систем

**ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ СКОРОСТИ НА ОСНОВЕ БЕСКОНТАКТНОГО
МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ОГРАНИЧЕННЫМ УГЛОМ ПОВОРОТА**

Аннотация

Описаны особенности построения системы стабилизации скорости для электропривода на основе преобразователя с возбуждением от постоянных магнитов с высокой коэрцитивной силой.

Ключевые слова: магнитоэлектрический преобразователь, система управления, система поддержания скорости.

Subbotin D.A.

PhD in technical science, research-engineer, National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
Department of Electrotechnics and Precision Electromechanical Systems, Saint-Petersburg

**SPEED STABILIZATION SYSTEMS BUILDING FEATURES BASED ON NONCONTACT MAGNETOELECTRIC
CONVERTER WITH A LIMITED TURN ANGLE**

Abstract

Electric drives speed control system construction features based on high coercivity permanent-magnet converter.

Keywords: magnetoelectric converter, control system, speed control.

статья изъята

статья изъята

ВАРИАНТ ВОЗВЕДЕНИЯ ВАХТОВЫХ ПОСЕЛКОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Аннотация

В статье рассмотрено – вариант применения для возведения вахтовых поселков домокомплектов заводского изготовления, из крупнопанельных элементов с силовым каркасом из клефанерного двутавра, рассчитанных на применение в условиях арктического климата.

Ключевые слова: вахтовые поселки, клефанерный двутавр, арктический шельф.

Baranov V.A.¹, Yatsenko P.A.²

¹Senior doctorate of Philosophy sciences, Ph. D. of Technical science, acting professor, FEFU; ² postgraduate student, FEFU.

THE VERSION OF FIELD CAMP BUILDING ON COAST OF OFFSHORE ZONE OF ARCTIC

Abstract

The article considers a version of application industrial sets of construction components with plywood I-beam frame for field camp building in arctic climatic conditions.

Keywords: field camps, plywood I-beam, arctic offshore.

Арктический шельф имеет стратегическое значение из-за запасов нефти и газа. Перспективные и прогнозные ресурсы природного газа в России оцениваются в 176 трлн м³, в том числе на Арктический шельф приходится 62 трлн м³. Разведанные запасы природного газа в России составляют 47,2 трлн м³, из них 7,7 трлн м³ на Арктическом шельфе.

Крупнейшими осадочными бассейнами в арктической части являются: Восточно-Баренцевский, Южно-Карский, Лаптевский, Восточно-Сибирский и Чукотский. Около 75% всех ресурсов акваторий России сосредоточено в арктических регионах с суровыми природно-климатическими условиями и слабо развитой инфраструктурой.

Разработка месторождений газа в основном сосредоточена в Ямало-Ненецком АО, а месторождений нефти – в Ненецком АО.

Из-за слаборазвитой инфраструктуры арктических районов актуальна организация вахтовых поселков для строительства крупных объектов, в том числе необходимых для добычи нефти и газа. Создание вахтовых поселений актуально для нефте- и газодобывающей отрасли, а также других добывающих отраслей. Вахтовые поселения удобны как при строительстве крупных объектов, расположенных вдали от населенных пунктов так и при недостатке временного жилья для размещения рабочих.

На территории РФ применение вахтового метода особенно актуально в силу ряда причин:

- неравномерное распределение плотности населения;
- удаленность мест добычи полезных ископаемых от крупных населенных пунктов;
- нерентабельность организации рабочих мест, несвязанных с основной специализацией населенного пункта и его обслуживанием;
- сезонность многих промыслов, из-за чего нет смысла в постоянном проживании рабочих в местах добычи.

Поскольку речь идет о районах с суровыми климатическими условиями (минимальные температуры зимой опускаются до –70 °С), а доставка необходимых строительных элементов возможна по зимникам или морским путем, комплектующие части должны отвечать ряду требований.

Для удобства доставки необходимым условием является компактность, а потому предпочтение нужно отдать сборным комплектам, а не готовым жилым модулям. Комплектующие должны быть устойчивы к возможным механическим воздействиям и воздействию окружающей среды (высокая влажность, намокание и пр.). Учитывая возможность сборки в неблагоприятных условиях, а также чтобы ликвидировать необходимость использования строительной техники и специального обучения персонала, комплектующие должны обладать малым весом, а процесс сборки должен быть максимально простым.

Кроме того, принципиально важно, чтобы готовые конструкции обеспечивали необходимую тепловую защиту – в условиях Севера это, как никогда, важно для жизни и здоровья размещенного в вахтовом поселении персонала. В такой ситуации, сколь высоки ни были бы характеристики применяемого утеплителя, огромное значение имеет также и толщина наружных стен. Также готовые здания должны выдерживать ветровые и снеговые нагрузки.

Сущность предлагаемого варианта – домокомплект заводского изготовления, из крупнопанельных элементов с силовым каркасом из клефанерного двутавра. Использование клефанерного двутавра позволяет достигнуть любой необходимой толщины стен без значительных затрат материала. Заводская сборка панелей и высокая точность обработки деталей обеспечивают легкость и быстроту сборки, а также взаимозаменяемость панелей.

В состав стеновой панели должны входить:

1. Внутренняя обшивка стен (например, ГВЛ толщиной 12 мм).
2. Пароизоляционная пленка.
3. Силовой каркас панели – клефанерный двутавр с высотой профиля для наружных стен не менее 300 мм.
4. Утеплитель (например, из минераловатной плиты 75 кг/м³).
5. Ветроизоляционная пленка
6. Наружная обшивка стен – OSB-3, толщиной 18 мм.

Базовый комплект поставки:

1. Опорный брус (клееный строганный).
2. Наружные стены (тепловой контур толщиной не менее 300 мм).
3. Внутренние стены толщиной 160 мм.
4. Плиты перекрытия (пол и потолок) толщиной не менее 300 мм.
5. Плиты перекрытия крыши толщиной 200 мм и деревянные конструкции стропильной системы и фронтонов.
6. Черновой пол – OSB-3, толщиной 18 мм.
7. Пароизоляционная пленка.
8. Негорючий утеплитель плотностью 75 кг/м³.
9. Комплект соединительных деталей.
10. Карнизные подшивные и лобовые доски.
11. Кровельное покрытие.
12. Обрешетка кровли.
13. Погонные изделия.
14. Окна, двери.
15. Кабель каналы и электропровода.

Дом изготовленный в заводских условиях, благодаря высокой точности обработки, может быть смонтирован на строительной площадке в течении недели. Высокая скорость монтажа обусловлена тем, что 70% работы произведено в заводских условиях. На месте осуществляется сборка комплектующих частей в единую конструкцию.

Пространственная жесткость здания обеспечивается совместной работой всей конструкции. Панели доставляются в пакетах, могут доставляться в еврофурах или панелевозами.

Основные этапы возведения здания предполагают устройство фундамента (на винтовых сваях), монтаж цокольного перекрытия (платформы), монтаж наружных и внутренних стен, стропильной системы и плит покрытия, устройство кровли, установку окон и дверей, отделочные работы.

Каркасно-панельная конструкция здания хорошо переносит перепады температуры и влажности, высокие снеговые и ветровые нагрузки. Следует отметить, что здания, собранные из предложенных комплектующих полностью удовлетворяют требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Сравнительно небольшой вес и особенности конструкции домов позволяют вести строительство на облегченных фундаментах, что является дополнительным плюсом при проведении строительных работ в труднодоступных местах (побережье арктических морей).

Герметичные окна, специальные узлы соединения панелей и эффективная теплоизоляция позволяют эксплуатировать здание в арктических условиях, при температуре до -70°C .

Литература

1. Еремин Н. А. Ресурсная база нефти и газа арктического шельфа России // Электронный научный журнал. Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. URL: <http://oilgasjournal.ru/2009-1/3-rubric/eremin.pdf> (дата обращения 10.02.2014).
2. Деревянное домостроение / СПбГЛТА; [под ред. А.Г. Черных]. СПб: СПбГЛТА, 2008.-С. 63-98.
3. Проектирование деревянных конструкций / СПб гос. арх.-строй. ун-т; [под ред. А. Е. Серова]. СПб: Изд-во АСВ, 2011 – С. 97-116.
4. Technisches Handbuch / STEICO construction. Изд-во Gedrukt auf-zertifiziertem papier, 2011.
5. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»