ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE

Основные проблемы естественных и математических наук

Выпуск III

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 октября 2016г.)**

г. Волгоград

2016 г.

УДК 50(06)
ББК 2я43

Основные проблемы естественных и математических наук / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. **г. Волгоград**, 2016г. 75 с.

В сборнике научных трудов по итогам **III** Международной научно-практической конференции **«Основные проблемы естественных и математических наук», г. Волгоград** представлены научные статьи, тезисы, сообщения аспирантов, соискателей ученых степеней, научных сотрудников, докторантов, преподавателей ВУЗов, студентов, практикующих специалистов в области естественных и математических наук Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов.
Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

Оглавление

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.00.00)

МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.00)

СЕКЦИЯ №1.
ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.01)

ТЕОРЕМА О СРЕДНЕМ ДЛЯ СТРОГИХ КОМПАКТНЫХ СУБДИФФЕРЕНЦИАЛОВ В ЛИНЕЙНЫХ НОРМИРОВАННЫХ КОНУСАХ

Стонякин Ф. С. [1]

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,

г. Симферополь

В данной заметке мы рассмотрим понятие строгого компактного субдифференциала для отображений в специальном классе абстрактных выпуклых конусов с нормой и докажем аналог формулы Лагранжа. Мы отправляемся от наших совместных с И.В. Орловым работ [1 – 2], в которых исследование понятие компактного субдифференциала для отображений в выпуклых конусах.

Скажем несколько слов о рассматриваемом классе выпуклых конусов.

Известно, что если в абстрактном выпуклом конусе существует метрика $d: X \times X \to \mathbb{R}$ такая, что

$$d(x,y) = d(x+z, y+z), d(\lambda x, \lambda y) = \lambda d(x,y), \forall x,y,z \in X, \lambda \geq 0, \tag{1}$$

а также шар $\{x \in X \mid d(0,x) < \varepsilon\}$ – поглощающее множество при всех $\varepsilon > 0$, то такой конус X линейно, инъективно и изометрично (относительно метрики) вложен в некоторое линейное *нормированное* пространство. Выделим следующий класс выпуклых конусов с нормой. Отметим, что норма в выпуклых конусах вводится так же, как и в линейных пространствах, но однородность заменяется положительной однородностью.

Определение 1. *Если в выпуклом нормированном конусе X существует метрика d, удовлетворяющая условиям (1), причём $d(0,x) = \|x\|$ для всякого $x \in X$, то назовём X линейным нормированным конусом (ЛНК).*

---

[1] Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных-кандидатов наук, код МК-2915.2015.1

Из вышесказанного следует, что всякий ЛНК можно линейно инъективно изометрично вложить в некоторое банахово пространство. Более того, такое вложение будет непрерывным, если рассмотреть нормированную топологию, порождённую системой окрестностей точки $x_0 \in X$ в ЛНК X:

$$B_\varepsilon(x_0) = \{x \in X \mid x = x_0 + h, h \in X \text{ и } \|h\| \leq \varepsilon\}. \quad (2)$$

Это означает, что на класс ЛНК с законом сокращения можно перенести все версии теоремы Хана-Банаха об отделимости выпуклых множеств. В частности, это касается известного результата о функциональной отделимости точки и замкнутого выпуклого множества, который мы будем использовать в дальнейшем.

Определение 2. *Множество $A \subset X$ назовем замкнутым, если для всякой -сходящейся последовательности $\{x_n\}_{n=1}^{\infty} \subset A$ её предел x_0 лежит в A.*

Теорема 1. *Пусть X – ЛНК с законом сокращения, $A \subset X$ – замкнутое выпуклое множество, $x_0 \not\in A$. Тогда существует $\ell \in X^*$ такой, что $\ell(x_0) > l(A)$.*

В качестве нетривиального примера ЛНК можно привести конус выпуклых компактных подмножеств банахова пространства E.

Довольно хорошо известен результат, который устанавливает связь между различными производными числами отображений почти всюду [3]. Этот результат принято называть теоремой Данжуа-Юнг-Сакса.

Теорема 2. *Для вещественной функции $f : [a; b] \to \mathbb{R}$ почти всех $x \in [a; b]$ либо f дифференцируемо в точке x, либо существует бесконечное производное число f в точке x.*

Теорема 3. *Пусть задано непрерывное отображение $F: [a; b] \to X$, X – ЛНК с законом сокращения. Тогда почти всюду на $[a; b]$ верно одно из условий:*

1. $\partial F(t) = \{F'(t)\}$;

2. $\partial F(t) = \emptyset$;

3. $\infty \in \partial F(t)$.

Будем полагать, что X и Y – ЛНК с законом сокращения. Рассмотрим приложения полученных ранее в данной главе работы результатов к теории компактных субдифференциалов отображений вещественного отрезка в ВНК X с законом сокращения. Понятие компактного субдифференциала подробно описано в работах [1 – 2]. Введём его строгую модификацию – строгий компактный субдифференциал, который является прямым аналогом субдифференциала Кларка.

По-прежнему будем обозначать через $U(0)$ замкнутую выпуклую окрестность нуля в X в нормированной топологии (2), I – отрезок в $\mathbb{R}$. Пусть $\overline{co}A$ – замкнутая выпуклая оболочка множества $A \subset X$ (замыкание выпуклой оболочки множества, причём замыкание всякого множества A понимается как набор пределов всех сходящихся последовательностей A).

Определение 3. *Пусть* $x_0 \in I, \delta > 0$. *Частным строгим К-субдифферен-циалом отображения* F *в точке* x_0, *отвечающим данному* $\delta > 0$, *назовём следующее замкнутое выпуклое множество*

$$\partial_K^s F(x_0, \delta) = \overline{co}\{y \in X \mid F(x+h) = F(x) + y \cdot h \textit{ при } x = x + h, 0 < |h| < \delta\}.$$

Определение 4. *Отображение* $f: I \to E$ *мы назовём компактно строго субдифференцируемым или строго К-субдифференцируемым в точке* $x_0 \in I$, *если существует -предел строгих частных* K*-субдифференциалов*

$$\partial_K^s f(x_0) = K - \lim_{\delta \to +0} \partial_K^s f(x_0, \delta).$$

Полученное множество $\partial_K^s f(x_0)$ *называется строгим К-субдифференциалом или строгим компактным субдифференциалом отображения* F *в точке* x_0.

Аналогично вводятся и односторонние строгие К-субдифференциалы. Заметим, что К-субдифференциалы всегда выпуклы как пересечения выпуклых множеств. Легко проверить, что если отображение f строго дифференцируемо в точке x_0, то оно является строго К-субдифференцируемым, причём

$$\partial_K^s f(x_0) = \{f_s^{'}(x_0)\},$$

где $f_s^{'}(x_0)$ – строгая производная f в точке x_0.

При этом существуют строго субдифференцируемые отображения, не имеющие ни обычной производной, ни производной. Таким отображением, в частности, будет вещественная функция $f(x) = |x|$ в точке $x = 0$.

Из теоремы 3, а также непрерывности всюду компактно субдифференцируемого отображения вытекает

Следствие 1. *Если* $f: [a; b] \to X$ *всюду* K*-субдифференцируемо, то* f *почти всюду дифференцируемо в обычном смысле.*

С использованием аналога теоремы Хана-Банаха об отделимости точки и замкнутого выпуклого множества (теорема 1) нетрудно получить обобщённую теорема о среднем для компактно субдифференцируемых отображений в рассматриваемом классе конусов. Ранее в

[1] для отображений $f:[a;b] \to E$ (E – отделимое локально выпуклое пространство) была доказана обобщённая формула Лагранжа

$$f(b) - f(a) \in \left(\int_{[a;b]\backslash e} \varphi(x)dx\right) \cdot B, \tag{6}$$

в предположении непрерывности f на $[a;b]$, K-субдифференцируемости f на $[a;b]\backslash e$, нулевой скалярной меры $f(e)$ (то есть $mes\ \ell(f(e)) = 0$ для любого функционала $\ell \in E^*$) и локальной оценки

$$\partial_K \mathrm{f}(x) \in \varphi(x) \cdot B, \tag{7}$$

где $\varphi(x)$ неотрицательна и суммируема на $[a;b]\backslash e$, а множество B замкнуто и выпукло в E.

Мы в [4] доказали более сильный результат, заменив в (7) компактный субдифференциал произвольным его селектором. Напомним, что *селектором* многозначного отображения ($A \subset \mathbb{R}$) $\Phi: A \to 2^E$ называется произвольное отображение $\widehat{\Phi}: A \to E$ такое, что $\widehat{\Phi}(x) \in \Phi(x)$ для всех $x \in A$. Приведём сначала результат для скалярного случая.

Теорема 4. *Если функция* $f:[a;b] \to \mathbb{R}$ *непрерывна на* $[a;b]$ *и строго компактно субдифференцируема на* $[a;b]\backslash e$, $mes(f(e)) = 0$, *причём для некоторого селектора* $\hat{\partial}_K^s f(x) \le \varphi(x)$ *при* $x \in [a;b]\backslash e$, *где функция* φ *неотрицательна и суммируема на* $[a;b]\backslash e$. *Тогда*

$$f(b) - f(a) \le \int_{[a;b]\backslash e} \varphi(x)dx. \tag{8}$$

С помощью доказанного следствия из теоремы Хана-Банаха о строгой функциональной отделимости точки и замкнутого выпуклого множества, из (8) стандартно выводится оценка (6) для компактно субдифференцируемых отображений вещественного отрезка в ЛНК.

Теорема 5. *Пусть* $f:[a;b] \to X$ *непрерывно на* $[a;b]$ *и является строго компактно субдифференцируемым на* $[a;b]\backslash e$, *множество* $f(e)$ *имеет скалярную меру нуль и для некоторого селектора* $\hat{\partial}_K^s f(x) \subset \varphi(x) \cdot B$ *при* $x \in [a;b]\backslash e$, *где функция* $\varphi(x)$ *неотрицательна и суммируема на* $[a;b]\backslash e$, *а множество* B *замкнуто и выпукло в* E. *Тогда справедлива оценка (6).*

Список литературы

1. Орлов И. В., Стонякин Ф. С. Компактные субдифференциалы: формула конечных приращений и смежные результаты. // Труды Крымской осенней математической школы-симпозиума, СМФН, т. 34, 2009. – С. 121–138.
2. Орлов И. В. Введение в сублинейный анализ. // Труды Крымской осенней

математической школы-симпозиума, СМФН, т. 53, 2014. – С. 64–132.

3. Garg K. M. A unified theory of bilateral derivatives // Real Analysis Exchange. – 2002. − Vol. 27. − №1. − P. 81 − 122.
4. Стонякин Ф. С. Сравнительный анализ понятия компактного субдифференциал. // Вестник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Серия «Математика, прикладная математика и механика.» − 2009. − № 850. − С. 11 − 21.

СЕКЦИЯ №2.
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.02)

ЛИНЕЙНОЕ УРАВНЕНИЕ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА И НЕЛИНЕЙНОЕ СОПРОВОЖДАЮЩЕЕ УРАВНЕНИЕ

Чочиев Т. З.

Южный математический институт ВНЦ РАН и РСО-А.

Применяя метод последовательного понижения порядка производной, то есть приведя линейное уравнение третьего порядка к линейному уравнению второго порядка, а уравнение второго порядка к линейному уравнению первого порядка, строим общее решение для уравнения третьего порядка. В процессе понижения порядка существенную роль сыграли решение нелинейного уравнения второго порядка и нелинейное уравнение первого порядка – уравнение Риккати. По сравнению с работами [1,3,5] в настоящей новизной вошел немаловажный вопрос построения точного решения для нелинейного уравнения второго порядка, способствующего нахождению A_1, B_1 и l_3 коэффициентов уравнения (1.3) (см. (1.4) и (1.5)).

П.1. Линейное уравнение третьего порядка.

В настоящем имеем своей целью построение общего решения для линейного дифференциального уравнения третьего порядка, которое будет отличаться от известного в [3,5] работах, указанной выше новизной.

В общей форме оно выглядит:

$$y''' + A(x)y'' + B(x)y' + C(x)y = f(x), \qquad 0 \le x < \infty. \tag{1.1}$$

где коэффициенты A, B, C и $f(x)$ заданные функции в указанной области, причем $A(x), B(x)$ непрерывно дифференцируемые функции, а $f(x)$ и $C(x)$ непрерывны.

Имеет место теорема:

<u>Теорема 1.</u> Если соотношения

$$\begin{cases} A_1 - l_3 = A, \\ A_1' - A_1 l_3 + B_1 = B, \\ B_1' - B_1 l_3 = C, \end{cases} \tag{1.2}$$

удовлетворяют относительно неизвестных A_1, B_1 и l_3, то уравнение (1.1) допускает понижение порядка производной и переходит к линейному уравнению второго порядка.

Пусть условие теоремы выполнено. В (1.1) коэффициенты заменяем левыми частями выражения (1.2)

$$y''' + (A_1 - l_3)y'' + (A_1' - A_1 l_3 + B_1)y' + (B_1' - B_1 l_3)y = f(x).$$

Раскрывая скобки и произведя соответствующую группировку, придем к равенству

$$(y'' + A_1 y' + B_1 y)' - l_3(y'' + A_1 y' + B_1 y) = f(x).$$

Относительно круглых скобок мы имеем дифференциальное уравнение первого порядка; по условию l_3 задана. Следовательно, имеем право записать:

$$y'' + A_1 y' + B_1 y = e^{\int_0^x l_3 dx}\left(C_1 + \int_0^x e^{-\int_0^x l_3 dx}\, dx\right) = F_1(x), \tag{1.3}$$

где C_1 – постоянная.

Поскольку A_1, B_1 и l_3 по условию заданные функции, то переход из (1.1) в (1.3) является законным; в виде (1.3) имеем линейное дифференциальное уравнение второго порядка.

Процесс могли продолжить, однако не зная A_1, B_1 и l_3 он не имеет смысла. Найдем их. Пусть

$$A_1 = z. \tag{1.4}$$

Из (1.2) имеем:

$$\begin{cases} l_3 = z - A, \\ B_1 = B - z' + z^2 - Az, \\ B_1' = B' - z'' + 2z'z - Az' - A'z. \end{cases} \tag{1.5}$$

Подставляя эти значения в третье равенство получим следующее нелинейное уравнение второго порядка.

$$z'' - 3zz' + z^2 + 2Az' - 2Az^2 + (A' + A^2 + B)z = AB + B' - C, \tag{1.6}$$

которое назовем сопровождающим уравнением линейного уравнения (1.1). Определив отсюда z функцию, из (1.4) и (1.5) находим A_1, B_1 и l_3 коэффициентов и переход из (1.1) к равенству (1.3) примет свою законную силу [4,5].

П.2. Исследование сопровождающего нелинейного уравнения (1.6).

Проделав в (1.6) соответствующую группировку можно его привести к виду

$$(z' - z^2 + Az - B)' + (A - z)(z' - z^2 + Az - B) = -C. \qquad (2.1)$$

Так же, как и в работе [5], в (2.1) допускаем $C(x) \equiv 0$. Тогда уравнение

$$(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B)' + (A - z_0)(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B) = 0, \qquad (2.2)$$

как легко заметить, примет упрощенную форму:

$$\left[(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B)e^{\int_0^x (A - z_0)dx}\right]' = 0,$$

из которого,

$$(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B)e^{-\int_0^x z_0 dx} = \gamma_0 e^{-\int_0^x A dx}, \qquad (2.2)_1$$

или

$$\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)'' + A\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)' + Be^{-\int_0^x z_0 dx} = -\gamma_0 e^{-\int_0^x A dx}, \qquad (2.3)$$

где γ_0 – постоянная.

Если примем:

$$A = l + l_1 \ ; B = l' + ll_1,$$

то, с учетом этих значений, равенство (2.3) переписывается,

$$\left[\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)' + le^{-\int_0^x z_0 dx}\right]' + l_1\left[\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)' + le^{-\int_0^x z_0 dx}\right] = -\gamma_0 e^{-\int_0^x A dx},$$

как линейное неоднородное уравнение первого порядка относительно квадратных скобок; причем l,

$$\begin{cases} l' - l^2 + Al - B = 0, \\ l_1 = B - l, \end{cases} \qquad (2.4)$$

решение уравнение класса Риккати, которое исследовано в работах [4,5].

Таким образом.

$$\left(e^{-\int_0^x z_0 dx}\right)' + le^{-\int_0^x z_0 dx} = e^{-\int_0^x l_1 dx}\left(\gamma_1 - \gamma_0 \int_0^x e^{-\int_0^x (A - z_0)dx} dx\right) = F(x)$$

и, следовательно.

$$e^{-\int_0^x z_0 dx} = e^{-\int_0^x l dx}\left(\gamma_2 + \int_0^x F(x)e^{-\int_0^x l dx} dx\right). \qquad (2.5)$$

Когда $x = 0,$ то $\gamma_2 = 1,$ а $\gamma_1 = F(0)$.

Итак, z_0 определенная формулой (2.5), удовлетворяет уравнению (2.2).

Вернемся к уравнению (2.1) и соотношение $(2.2)_1$ переписываем в виде

$$z_0' - z_0^2 + Az_0 - B = \gamma_0 e^{-\int_0^x (A - z_0)dx}. \qquad (2.6)$$

По идее Лагранжа будем пытаться удовлетворить уравнению (2.1), считая в (2.6) $\gamma_0 = \gamma_0(x)$ и подставив его правую часть в равенство (2.1), для $\gamma_0(x)$ получим:

$$\gamma_0(x) = e^{-\int_0^x (z_0 - z)dx} \left(\gamma_1 - \int_0^x C(x) e^{\int_0^x (A-z)dx}\, dx \right),$$

где γ_1 – постоянная. Следовательно, (2.6) перейдет к виду

$$z_0' - z_0^2 + Az_0 - B = e^{-\int_0^x (A-z)dx} \left(\gamma_1 - \int_0^x C(x) e^{\int_0^x (A-z)dx}\, dx \right). \qquad (2.7)$$

Полученный результат вызывает неудобство в том смысле, что в правой части содержится неизвестная z, которая входит в (2.1). Не будет ограничением, если z зададим в форме

$$z = z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)}\ , \qquad (2.8)$$

где $\alpha(x)$ неизвестна.

Подставим (2.8) в (2.1),

$$\left[\left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)' - \left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)^2 + A\left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right) - B \right]' +$$

$$+\left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right) \left[\left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)' - \left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)^2 + A\left(z_0 + \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right) - B \right] = -C(x),$$

или, произведя очевидную группировку

$$(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B)' + (A - z_0)(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B) +$$

$$+\left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right]' +$$

$$+\left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right) \left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right] -$$

$$-\frac{C(x)}{\alpha(x)}(z_0' - z_0^2 + Az_0 - B) = -C(x), \qquad (2.9)$$

а подстановка (2.8) в правую часть (2.7) есть

$$z_0' - z_0^2 + Az_0 - B = e^{-\int_0^x \left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right) dx} \left(\gamma_1 + \int_0^x C(x) e^{-\int_0^x \left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right) dx} dx \right). \qquad (2.10)$$

С учетом (2.10), равенство (2.9) относительно $\frac{C(x)}{\alpha(x)}$ переходит

$$\left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right]' +$$

$$+\left(A - z_0 - \frac{C(x)}{\alpha(x)} \right) \left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right)^2 + (A - 2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)} \right] = 0. \qquad (2.11)$$

Или умножив его на

$$e^{\int_0^x\left(A-z_0-\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)dx}$$

последнее перейдет к виду

$$\left(\left[\left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)' - \left(\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)^2 + (A-2z_0)\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right] e^{\int_0^x\left(A-z_0-\frac{C(x)}{\alpha(x)}\right)dx}\right)' = 0$$

Отсюда следует дифференциальное соотношение

$$\left(e^{-\int_0^x\frac{C(x)}{\alpha(x)}dx}\right)'' + (A-2z_0)\left(e^{-\int_0^x\frac{C(x)}{\alpha(x)}dx}\right)' = \alpha_0 e^{-\int_0^x(A-z_0)dx}. \qquad (2.12)$$

где α_0 – постоянная; причем

$$\left(e^{-\int_0^x\frac{C(x)}{\alpha(x)}dx}\right)' = \alpha_0 e^{-\int_0^x(A-z_0)dx}\left(1+\int_0^x e^{-\int_0^x z_0 dx}\,dx\right),$$

или

$$e^{-\int_0^x\frac{C(x)}{\alpha(x)}dx} = \gamma_1^* + \alpha_0\int_0^x e^{-\int_0^x(A-2z_0)dx}\left(1+\int_0^x e^{-\int_0^x z_0 dx}\,dx\right)dx,$$

где γ_1^* – постоянная.

Последнее позволяет определить $\alpha(x)$ (допущено, что $\alpha_0 = -1$),

$$\alpha(x) = \frac{C(x)\left[\gamma_1 - \int_0^x e^{-\int_0^x(A-2z_0)dx}\left(1+\int_0^x e^{-\int_0^x z_0 dx}dx\right)dx\right]}{1+\int_0^x e^{-\int_0^x z_0 dx}\,dx} e^{-\int_0^x(A-2z_0)dx}, \qquad (2.13)$$

и удовлетворяет уравнению (2.11), или что тоже самое, уравнению (2.12). Полагая в (2.13) $x = 0$, получаем $\gamma_1 = \frac{\alpha(0)}{C(0)}$.

Таким образом, $z(x)$ функция, определенная через (2.8), удовлетворяет нелинейному уравнению (2.1); причем $z_0(x)$ – есть решение нелинейного уравнения (2.2), а $\alpha(x)$ – решение уравнения (2.11), или что тоже самое, уравнение (2.12). этим, согласно (1.4) и (1.5), $A_1(x)$, $B_1(x)$ и $l_3(x)$ функции стали вполне определенными, удовлетворяющими соотношениям (1.2), а переход из равенства (1.1) в равенство (1.3) стало законным.

Доказана **Теорема 1.**

Мы имеем возможность в (1.3) пойти на дальнейшее понижение порядка производной. С этим вопросом уже встречались при исследовании уравнения (2.3).

Итак, пусть в равенстве (1.3)

$$A_1 = l^* + l_1^*;\quad B_1 = l^{*\prime} + l^* l_1^*, \qquad (2.14)$$

гдеl^* и l_1^* определяются

$$\begin{cases} l^{*\prime} - l^{*2} + A_1 l^* - B_1 = 0, \\ l_1^* = B_1 - l^*. \end{cases} \qquad (2.15)$$

С учетом (2.14), уравнение (1.3) переходит:

$$(y' + l^* y)' + l_1^*(y' + l^* y) = F_1(x). \qquad (2.16)$$

Первое уравнение (2.15) исследовано в [4,5]. Следовательно l' и l_1^* известные функции, что позволяет из (2.16) записать

$$y' + l^* y = e^{-\int_0^x l_1^* dx}\left(C_2 + \int_0^x F_1(x)\, e^{\int_0^x l_1^* dx} dx\right) = F_2(x). \qquad (2.17)$$

где C_2 – постоянная.

Отсюда, окончательно для искомой функции $y(x)$ имеем:

$$y(x) = e^{-\int_0^x l^* dx}\left(C_3 + \int_0^x F_2(x)\, e^{\int_0^x l^* dx} dx\right), \qquad (2.18)$$

где C_3 – постоянная.

Это значение функции $y(x)$ и является общим решением для линейного уравнения третьего порядка (1.1). Подтверждением последнего служит переход из одного линейного уравнения к другому линейному уравнению на единицу меньшего порядка, путем последовательного интегрирования линейного уравнения (1.3); линейного уравнения (2.17), с окончательным результатом (2.18).

Список литературы

Чочиев Т.З. Дифференциальные уравнения высшего порядка. // XII международная научно – практическая конференция. «Отечественная наука в эпоху изменений постулаты прошлого и теории нового времени» ISSN 3385-8879 НАУ часть 3. Екатеринбург 2015 г. с. 18 – 24.

Чочиев Т. З. решение обобщенного нелинейного уравнения второго порядка. SCIENCE AND WORLD. International scientific journal, №5 (33), Vol/ I, Volgograd. 2016 с. 36-39

1. Чочиев Т. З. Нелинейное уравнение второго порядка и линейное уравнение третьего порядка// МЦИИ «Омега САЙНС» научное образование и инновации, сборник статей МНПК, 28.XII.15, часть 5, Челябинск. С. 23-31.
2. Чочиев Т. З. Обыкновенные дифференциальные уравнения с переменными коэффициентами, LAP LAMBERT Academic Rubliching. Германия 2015, 157 с.
3. Чочиев Т. З. Решение уравнения Риккати и его применение к линейным уравнениям второго порядка. // XII МНК, ЕНО Итоги науки в теории и практике 2015, ISSN 2411 – 1899. Москва с. 13-18

СЕКЦИЯ №3.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.03)

СЕКЦИЯ №4.
ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.04)

СЕКЦИЯ №5.
ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.05)

СЕКЦИЯ №6.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.06)

О НЕТАБЛИЧНОСТИ ИМПЛИКАТИВНО-НЕГАТИВНОГО ФРАГМЕНТА ЛЮБОЙ ω-ПАРАНЕПРОТИВОРЕЧИВОЙ ЛОГИКИ ВАСИЛЬЕВСКОГО ТИПА *

Попов В. М., Солощенков А. А.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
г. Москва

Работа выполнена в русле исследования проблемы табличности паранепротиворечивых логик. Главный результат предлагаемой статьи – доказательство нетабличности импликативно-негативного фрагмента любой ω-паранепротиворечивой логики васильевского типа.

Язык L всех рассматриваемых здесь логик есть стандартно определяемый пропозициональный язык, алфавиту которого принадлежат в точности следующие символы: $p_1, p_2, p_3, \ldots$(пропозициональные переменные языка L), $\&, \vee, \supset$ (бинарные логические связки языка L), $\neg$ (унарная логическая связка языка L), левая и правая курсивные круглые скобки. Определение L-формулы индуктивно: (1) всякая пропозициональная переменная языка L есть L-формула, (2) если A и B являются L-формулами, то $(A\&B)$, $(A\vee B)$, $(A\supset B)$, и $(\neg A)$ являются L-формулами, (3) ничто другое не является L-формулой. Условимся обозначать через φ отображение множества $\{0, 1, 2, \ldots \omega\}$ всех целых неотрицательных чисел в одноэлементное множество, единственным элементом которого является символ $\neg$.

* Работа выполнена при поддержке РГНФ, грант № 16-03-00224а.

Принимаем соглашение 1 о том, что для всякой L-формулы A и для всякого целого положительного числа d $\neg^{[d]}$(A) есть сокращение для $(\varphi(\mathrm{d})\ldots(\varphi(1)\ \mathrm{A})\ldots)$. Квазиэлементарной L-формулой называем L-формулу, в которую не входит ни одна бинарная логическая связка языка L. Длиной L-формулы называем число всех вхождений символов $\&$, $\vee$, $\supset$, $\neg$ в эту L-формулу. Ясно, что для всякой L-формулы существует единственная длина этой L-формулы, и что длина всякой L-формулы есть целое неотрицательное число. Длину L-формулы A обозначаем через $h(A)$. Логикой называем непустое множество L-формул, замкнутое относительно modus ponens в L и относительно правила подстановки L-формулы в L-формулу вместо пропозициональной переменной языка L. Теорией логики L называем множество L-формул, включающее логику L и замкнутое относительно modus ponens в L. Понятно, что множество всех L-формул является логикой, а также теорией любой логики. Множество всех L-формул называем тривиальной теорией. Противоречивой теорией логики L называем такую теорию T логики L, что для некоторой формулы A верно: A $\in$ T и $(\neg \mathrm{A}) \in$ T. Паранепротиворечивой теорий логики L называем такую противоречивую теорию T логики L, что T не есть тривиальная теория логики L. Паранепротиворечивой логикой называем такую логику L, что существует паранепротиворечивая теория логики L.

Условимся, что на протяжении всей статьи β - произвольное число из $\{0, 1, 2,\ldots\ \omega\}$. Построим исчисление $HI_{<\omega,\beta>}$ гильбертовского типа. Язык исчисления $HI_{<\omega,\beta>}$ есть L. Аксиомами исчисления $HI_{<\omega,\beta>}$ являются все те и только те L-формулы, каждая из которых имеет хотя бы один из следующих двенадцати видов (здесь A, B и C - L-формулы):

(I) $((A\supset B)\supset((B\supset C)\supset(A\supset C)))$, *(II)* $(A\supset(A\vee B))$, *(III)* $(B\supset(A\vee B))$,

(IV) $((A\supset C)\supset((B\supset C)\supset((A\vee B)\supset C)))$, *(V)* $((A\&B)\supset A)$, *(VI)* $((A\&B)\supset B)$,

(VII) $((C\supset A)\supset((C\supset B)\supset(C\supset(A\&B))))$, *(VIII)* $((A\supset(B\supset C))\supset((A\&B)\supset C))$,

(IX) $(((A\&B)\supset C)\supset(A\supset(B\supset C)))$, *(X)* $(((A\supset B)\supset A)\supset A)$, *(XI,ω)* $((\neg D)\supset(D\supset A))$, где D есть L-формула, которая не является квазиэлементарной L-формулой длины $< \omega$, *(XII,β)* $((E\supset(\neg(A\supset A)))\supset(\neg E))$, где E есть L-формула, которая не является квазиэлементарной L-формулой длины $< \beta$.

Заметим, что L-формула не является квазиэлементарной L-формулой длины $< \omega$ тогда и только тогда, когда эта L-формула не является квазиэлементарной L-формулой.

Исчисление $HI_{<\omega,\beta>}$ имеет единственное правило – modus ponens в L.

Доказательства в $HI_{<\omega,\beta>}$ ($HI_{<\omega,\beta>}$-доказательства) строятся обычным для исчислений гильбертовского типа образом. Стандартно определяется L-формула, доказуемая в $HI_{<\omega,\beta>}$. Условимся через $I_{<\omega,\beta>}$ обозначать множество всех L-формул, доказуемых в $HI_{<\omega,\beta>}$. Из утверждения (У3) работы [1] и того факта, что $\omega \neq 0$, следует, что $I_{<\omega,x>}$ является паранепротиворечивой логикой для всякого x из $\{0, 1, 2,\dots \omega\}$. Ориентируясь на терминологию работы [1], называем ω-паранепротиворечивой логикой васильевского типа логику $I_{<\omega,x>}$, где $x \in \{0, 1, 2,\dots \omega\}$.

Помимо языка L нам требуется язык $L_{\supset\neg}$, являющийся стандартно определяемым пропозициональным языком, алфавиту которого принадлежат в точности следующие символы: p_1, p_2, p_3, …(пропозициональные переменные языка $L_{\supset\neg}$), $\supset$ (бинарная логическая связка языка $L_{\supset\neg}$), $\neg$ (унарная логическая связка языка $L_{\supset\neg}$), левая и правая курсивные круглые скобки. Определение $L_{\supset\neg}$-формулы аналогично определению L-формулы, данному выше.

Импликативно-негативным фрагментом логики $I_{<\omega,\beta>}$ называем множество всех таких $L_{\supset\neg}$-формул, каждая из которых принадлежит логике $I_{<\omega,\beta>}$. Понятно, что для всякой ω-паранепротиворечивой логики васильевского типа существует единственный импликативно-негативный фрагмент этой логики. Импликативно-негативный фрагмент логики $I_{<\omega,\beta>}$ обозначаем через $\supset\neg I_{<\omega,\beta>}$.

Логической матрицей называем упорядоченную тройку $<M,N,O>$, где M есть непустое множество, N включается в M, O есть операция на M или упорядоченная n-ка (n есть целое положительное число и $n \geq 2$) операций на M. Называем M носителем логической матрицы $<M,N,O>$, называем N выделенным множеством логической матрицы $<M,N,O>$, называем O набором операций логической матрицы $<M,N,O>$. Конечной логической матрицей называем логическую матрицу, носитель которой является конечным множеством. Логической матрицей языка $L_{\supset\neg}$ ($L_{\supset\neg}$-матрицей) называем такую логическую матрицу $<M,N,O>$, что O есть упорядоченная двойка, первый член которой есть бинарная операция на M, а второй – унарная операция на M.

Оценкой языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ называем отображение множества всех пропозициональных переменных языка $L_{\supset\neg}$ в носитель $L_{\supset\neg}$-матрицы $\boldsymbol{M}$. Можно доказать, что если $\boldsymbol{M}$ есть $L_{\supset\neg}$-матрица и $<\rightarrow,\sim>$ есть набор операций $L_{\supset\neg}$-матрицы $\boldsymbol{M}$, то существует единственное отображение (следуя традиции, условимся обозначать его через $|\,|^{\boldsymbol{M}}$ и называть означиванием в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$) множества, являющегося декартовым произведением множества всех $L_{\supset\neg}$-формул на множество всех оценок языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$, в носитель $L_{\supset\neg}$-матрицы $\boldsymbol{M}$, удовлетворяющее следующим условиям:

(i) $|q,\tau|^{\boldsymbol{M}} = \tau(q)$ для всякой оценки τ языка $L_{\supset\neg}$ в $\boldsymbol{M}$ и для всякой пропозициональной переменной q языка $L_{\supset\neg}$,

(ii) $\vert(A\supset B),\tau\vert^{\boldsymbol{M}} = \vert A,\tau\vert^{\boldsymbol{M}} \rightarrow \vert B,\tau\vert^{\boldsymbol{M}}$ для всякой оценки τ языка $L_{\supset\neg}$ в $\boldsymbol{M}$ и для всяких $L_{\supset\neg}$-формул A и B,

(iii) $\vert(\neg A),\tau\vert^{\boldsymbol{M}} = \sim (\vert A,\tau\vert^{\boldsymbol{M}})$ для всякой оценки τ языка $L_{\supset\neg}$ в $\boldsymbol{M}$ и для всякой $L_{\supset\neg}$-формулы A.

Называем A $L_{\supset\neg}$-формулой, общезначимой в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$, если для всякой оценки τ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ $\vert A,\tau\vert^{\boldsymbol{M}}$ принадлежит выделенному множеству $L_{\supset\neg}$-матрицы $\boldsymbol{M}$.

Теорема (о нетабличности $\supset\neg I_{<\omega,\beta>}$).

Не существует такой конечной $L_{\supset\neg}$-матрицы **M**, что для всякой $L_{\supset\neg}$-формулы A верно следующее: A $\in$ $\supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ тогда и только тогда, когда A есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в **M**.

Для доказательства этой теоремы потребуются две следующие леммы – лемма 1 и лемма 2.

Лемма 1.

Для всякой пропозициональной переменной q языка L, для всякого целого положительного числа m и для всякого целого положительного числа n верно следующее: если m≠n, то $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ является L-формулой, которая не принадлежит $I_{<\omega,\beta>}$.

Лемма 2.

Для всякой конечной $L_{\supset\neg}$-матрицы **M** верно следующее: если всякая $L_{\supset\neg}$-формула A такова, что A $\in$ $\supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ тогда и только тогда, когда A есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в **M**, то для всякой пропозициональной переменной q языка L, для некоторого целого положительного числа m и для некоторого целого числа n верно следующее: m≠n и $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в **M**.

В приводимых ниже доказательстве леммы 1 и доказательстве леммы 2 используется двузначная семантика логики $I_{<\omega,\beta>}$. Построим эту семантику, применяя описанный в [1] метод конструирования по всяким x и y из $\{0, 1, 2,\ldots\ \omega\}$ двузначной семантики, адекватной логике $I_{<x,y>}$.

$I_{<\omega,\beta>}$-предоценкой называем отображение множества всех квазиэлементарных L-формул в множество $\{0,1\}$.

$I_{<\omega,\beta>}$-оценкой называем такую $I_{<\omega,\beta>}$-предоценку v, что для всякой квазиэлементарной L-формулы Q, верно следующее: если $h(Q)\geq \beta$ и $v(Q)=0$, то $v((\neg Q))=1$.

Определим $I_{<\omega,\beta>}$-означивание при заданной $I_{<\omega,\beta>}$-оценке.

$I_{<\omega,\beta>}$-означиванием при $I_{<\omega,\beta>}$-оценке v называем такое отображение f множества всех L-формул во множество $\{0,1\}$, что выполняются следующие условия:

(i) для всякой квазиэлементарной L-формулы А f(А)= v(А);

(ii) для всякой L-формулы А, не являющейся квазиэлементарной L-формулой: $f((\neg A))=1$ тогда и только тогда, когда $f(A)=0$;

(iii)для всяких L-формул А и В:

$f((A \& B))=1$ тогда и только тогда, когда $f(A)=1$ и $f(B)=1$,

$f((A \vee B))=1$ тогда и только тогда, когда $f(A)=1$ и $f(B)=1$,

$f((A \supset B))=1$ тогда и только тогда, когда $f(A)=0$ или $f(B)=1$.

Можно доказать, что для всякой $I_{<\omega,\beta>}$-оценки v существует единственное $I_{<\omega,\beta>}$-означивание при v. Условимся для любой $I_{<\omega,\beta>}$-оценки v обозначать через $\Phi_{\mathrm{v}}^{<\omega,\beta>}$ $I_{<\omega,\beta>}$-означивание при v.

Называем A $I_{<\omega,\beta>}$-общезначимой L-формулой, если для всякой $I_{<\omega,\beta>}$-оценки v $\Phi_{\mathrm{v}}^{<\omega,\beta>}(A)=1$.

Докажем теперь лемму 1.

(1) q есть пропозициональная переменная языка L (допущение).

(2) m есть целого положительное число (допущение).

(3) n есть целого положительное число (допущение).

(4) $m \neq n$ (допущение).

Очевидно, что (5) $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ является L-формулой.

Разумеется, что (6) существует единственное множество всех таких упорядоченных двоек $<x, y>$, что либо $y=0$ и x есть $\neg^{[n]}(q)$, либо $y=1$ и x есть квазиэлементарная L-формула, отличная от $\neg^{[n]}(q)$.

Условимся, что (7) w есть множество всех таких упорядоченных двоек $<x, y>$, что либо $y=0$ и x есть $\neg^{[n]}(q)$, либо $y=1$ и x есть квазиэлементарная L-формула, отличная от $\neg^{[n]}(q)$.

Понятно, что (8) w есть $I_{<\omega,\beta>}$-оценка, $w(\neg^{[n]}(q)) = 0$, $w(\neg^{[m]}(q)) = 1$.

Легко убедиться, что (9) $\Phi_{w}^{<\omega,\beta>>}((\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q)))=0$.

Но тогда понятно, что (10) $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ не есть $I_{<\omega,\beta>}$-общезначимая L-формула.

Простым следствием доказанной в [1] теоремы 9 является следующее утверждение (11).

(11) Для всякой L-формулы А: если А $\in I_{<\omega,\beta>}$, то А есть $I_{<\omega,\beta>}$-общезначимая L-формула.

(12) $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ является L-формулой, которая не принадлежит $I_{<\omega,\beta>}$ (из утверждений (5), (10) и (11)).

Снимая допущения (1), (2), (3) и (4) и обобщая, завершаем доказательство леммы 1.

Докажем лемму 2.

(1) $\boldsymbol{M}$ есть конечная $L_{\supset\neg}$-матрица (допущение).

(2) Всякая $L_{\supset\neg}$-формула A такова, что A $\in \supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ тогда и только тогда, когда A есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (допущение).

(3) q есть пропозициональная переменная языка L (допущение).

Для удобства проведения рассуждения, положим что (4) M есть носитель $L_{\supset\neg}$-матрицы $\boldsymbol{M}$, а $<\to,\sim>$ есть набор операций $L_{\supset\neg}$-матрицы $\boldsymbol{M}$.

Условимся обозначать через ψ отображение множества $\{0, 1, 2,\dots \omega\}$ всех целых неотрицательных чисел в одноэлементное множество, единственным элементом которого является унарная операция ~ на множестве M. Очевидно, что (#) для всякого целого положительного числа d существует единственное множество всех упорядоченных пар, каждая из которых имеет вид $< x, \psi(\text{d})(\dots \psi(1)\,(x)\dots)>$, где $x \in M$. В силу утверждения (#) корректно следующее соглашение 2: для всякого целого положительного числа d обозначаем через $\sim^{[d]}$ множество всех упорядоченных пар, каждая из которых имеет вид $< x, \psi(\text{d})(\dots \psi(1)\,(x)\dots)>$, где $x \in M$. Понятно, что (##) для всякого целого положительного числа d $\sim^{[d]}$ есть унарная операция на M.

(5) Для всякого x из M и для всякого целого положительного числа d $\sim^{[d+1]}(\text{x}) = \sim(\sim^{[d]}(\text{x}))$.

Докажем утверждение (5).

(5.1) $x \in M$ (допущение).

(5.2) d есть целое положительное число (допущение).

Опираясь на соглашение 2 и на утверждение (5.2), получаем, что верны следующие утверждения (5.3) и (5.4).

(5.3) $\sim^{[d+1]}(x) = \psi(d+1)\,(\psi(d)(\dots \psi(1)\,(x)\dots))$.

(5.4) $\sim^{[d]}(x) = \psi(d)(\dots \psi(1)\,(x)\dots)$.

Разумеется, что (5.5) $\psi(d+1)$ есть ~.

(5.6) $\psi(d+1)\,(\psi(d)(\dots \psi(1)\,(x)\dots)) = \sim(\psi(d)(\dots \psi(1)\,(x)\dots))$ (из (5.5)).

(5.7) $\sim^{[d+1]}(x) = \sim(\sim^{[d]}(x))$ (из (5.3), (5.4) и (5.6)).

Снимая допущения (5.1) и (5.2) и обобщая, завершаем доказательство утверждения (5).

Используя соглашение 1, определение отображения φ и тот факт, что всякая пропозициональная переменная языка L является L-формулой, получаем, что верно следующее утверждение (6).

(6) Для всякой пропозициональной переменной q языка L и для всякого целого положительного числа d $\neg^{[d+1]}(q)$ есть $(\neg\neg^{[d]}(q))$.

(7) Для всякого целого положительного числа d, для всякой пропозициональной переменной q языка $L_{\supset\neg}$ и для всякой оценке ρ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ $|\neg^{[d]}(q), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[d]}(|q, \rho|^{\boldsymbol{M}})$.

Докажем утверждение (7) методом прямой индукции.

Базис: для всякой пропозициональной переменной q языка $L_{\supset\neg}$ и для всякой оценки ρ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ $|\neg^{[1]}(q), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[1]}(|q, \rho|^{\boldsymbol{M}})$.

Доказательство базиса.

(Б1) r есть пропозициональная переменная языка $L_{\supset\neg}$ (допущение).

(Б2) ρ есть оценка языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ (допущение).

Понятно, что (Б3) r есть L-формула.

Опираясь на утверждение (Б3) и на тот факт, что 1 есть целое положительное число, получаем, используя соглашение 1, что (Б4) $\neg^{[1]}(r)$ есть $(\varphi(1)\ r)$.

(Б5) $\neg^{[1]}(r)$ есть $(\neg r)$ (из (Б4), по определению отображения φ).

В свете утверждения (Б5) ясно, что (Б6) $|\neg^{[1]}(r), \rho|^{\boldsymbol{M}} = |(\neg r), \rho|^{\boldsymbol{M}}$.

Поскольку $\boldsymbol{M}$ является $L_{\supset\neg}$-матрицей, то согласно данному выше определению означивания в $L_{\supset\neg}$-матрице верно, что (Б7) $|(\neg A), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim(|A, \rho|^{\boldsymbol{M}})$ для всякой оценки ρ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ и для всякой $L_{\supset\neg}$-формулы A.

Понятно, что (Б8) r есть $L_{\supset\neg}$-формула.

(Б9) $|(\neg r), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim(|r, \rho|^{\boldsymbol{M}})$ (из (Б2), (Б7) и (Б8)).

Опираясь на утверждение 2, на утверждение (##), на тот факт, что 1 есть целое положительное число, и на тот факт, что $|r, \rho|^{\boldsymbol{M}} \in M$, получаем, что

(Б10) $\sim^{[1]}(|r, \rho|^{\boldsymbol{M}}) = \psi(1)\ (|r, \rho|^{\boldsymbol{M}})$.

(Б11) $\sim^{[1]}(|r, \rho|^{\boldsymbol{M}}) = \sim(|r, \rho|^{\boldsymbol{M}})$.

Из (Б6), (Б9) и (Б11) вытекает следующее утверждение (Б12).

(Б12) $|\neg^{[1]}(r), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[1]}(|r, \rho|^{\boldsymbol{M}})$.

Снимая допущения (Б1) и (Б2) и обобщая, завершаем доказательство базиса.

Базис доказан.

Индукционный шаг: для всякого целого положительного числа s верно, что если для всякой пропозициональной переменной q языка $L_{\supset\neg}$ и для всякой оценки ρ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ $|\neg^{[s]}(q), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[s]}(|q, \rho|^{\boldsymbol{M}})$, то для всякой пропозициональной переменной q языка $L_{\supset\neg}$ и для всякой оценки ρ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ $|\neg^{[s+1]}(q), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[s+1]}(|q, \rho|^{\boldsymbol{M}})$.

Доказательство индукционного шага.

(Ш1) s есть целое положительное число (допущение).

(Ш2) Для всякой пропозициональной переменной q языка $L_{\supset\neg}$ и для всякой оценки ρ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ $|\dashv^{[s]}(\mathrm{q}), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[s]}(|\ \mathrm{q}, \rho|^{\boldsymbol{M}})$ (допущение).

(Ш3) u есть пропозициональная переменная языка $L_{\supset\neg}$ (допущение).

(Ш4) ρ есть оценка языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ (допущение).

Опираясь на утверждения (6), (Ш1), (Ш3) и на тот факт, что всякая пропозициональная переменная языка $L_{\supset\neg}$ является пропозициональной переменной языка L, получаем, что (Ш5) $\dashv^{[s+1]}(u)$ есть $(\neg\dashv^{[s]}(u))$.

В свете утверждения (Ш5) ясно, что (Ш6) $|\dashv^{[s+1]}(u), \rho|^{\boldsymbol{M}} = |\ (\neg\dashv^{[s]}(u)), \rho|^{\boldsymbol{M}}$.

Поскольку $\boldsymbol{M}$ является $L_{\supset\neg}$-матрицей, то согласно данному выше определению означивания в $L_{\supset\neg}$-матрице верно, что (Ш7) $|(\neg\mathrm{A}), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim(|\mathrm{A}, \rho|^{\boldsymbol{M}})$ для всякой оценки ρ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ и для всякой $L_{\supset\neg}$-формулы A.

Используя утверждения (Ш4) и (Ш7) и учитывая, что $\dashv^{[s]}(u)$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, получаем, что (Ш8) $|(\neg \dashv^{[s]}(u)), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim(|\dashv^{[s]}(u), \rho|^{\boldsymbol{M}})$.

В свете утверждений (Ш2), (Ш3) и (Ш4) ясно, что (Ш9) $|(\neg\dashv^{[s]}(u)), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim(|\ \dashv^{[s]}(u), \rho|^{\boldsymbol{M}})$.

Опираясь на утверждения (5), (Ш1), и на тот факт, что $|u, \rho|^{\boldsymbol{M}} \in M$, получаем, что (Ш10) $\sim^{[s+1]}(|u, \rho|^{\boldsymbol{M}}) = \sim(\sim^{[s]}(|\ u, \rho|^{\boldsymbol{M}}))$.

Из утверждений (Ш6), (Ш8), (Ш9) и (Ш10) вытекает следующее утверждение (Ш11).

(Ш11) $|\dashv^{[s+1]}(u), \rho|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[s+1]}(|u, \rho|^{\boldsymbol{M}})$.

Снимая допущения (Ш1), (Ш2), (Ш3) и (Ш4) и обобщая, завершаем доказательство индукционного шага.

Индукционный шаг доказан.

Утверждение (7) доказано.

Известно, что (8) для всякого конечного множества K конечно множество всех унарных операций на K (число всех таких операций равно k^k, где k есть число всех элементов множества K).

(9) M есть конечное множество (из (1) и (4), по определению конечной логической матрицы и по определению $L_{\supset\neg}$-матрицы).

(10) Множество всех унарных операций на M конечно (из (8) и (9)).

Понятно (см. утверждения (10) и (##)), что (11) существуют такие целые положительные числа m и n, что $\mathrm{m} \neq \mathrm{n}$ и $\sim^{[\mathrm{m}]} = \sim^{[\mathrm{n}]}$.

Пусть (12) m и n являются целыми положительными числами, $m \neq n$ и $\sim^{[m]} = \sim^{[n]}$.

Используя описанную здесь двузначную семантику логики $L_{\supset\neg}$, убеждаемся, что верно следующее утверждение (13).

(13) Для всякой $L_{\supset\neg}$-оценки v $\Phi_{\mathrm{v}}^{<\omega,\beta>}((\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q)))=1$.

Опираясь на утверждение (13) и на определение $I_{<\omega,\beta>}$-общезначимой L-формулы, получаем, что (14) $(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q))$ есть $I_{<\omega,\beta>}$-общезначимая L-формула.

Простым следствием доказанной в [1] теоремы 9 является утверждение (15).

(15) Для всякой L-формулы А: если А есть $I_{<\omega,\beta>}$-общезначимая L-формула, то А $\in I_{<\omega,\beta>}$.

Разумеется, что (16) $(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q))$ есть L-формула.

(17) $(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q)) \in I_{<\omega,\beta>}$ (из (14), (15) и (16)).

Разумеется, что (18) $(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула.

(19) $(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q)) \in \supset\dashv I_{<\omega,\beta>}$ (из (17) и (18), по определению импликативно-негативного фрагмента логики $I_{<\omega,\beta>}$ и по соглашению о его обозначении).

(20) $(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q)) \in \supset\dashv I_{<\omega,\beta>}$ тогда и только тогда, когда $(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (из (2) и (18)).

(21) $(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (из (19) и (20)).

(22) Для всякой оценки τ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ $|(\dashv^{[\mathrm{m}]}(\mathrm{q}) \supset \dashv^{[\mathrm{n}]}(\mathrm{q})),\tau|^{\boldsymbol{M}}$ принадлежит выделенному множеству $L_{\supset\neg}$-матрицы $\boldsymbol{M}$ (из (21), по определению $L_{\supset\neg}$-формулы, общезначимой в $L_{\supset\neg}$-матрице).

(23) τ есть оценка языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ (допущение).

Опираясь на утверждения (3), (7), (23) и на тот факт, что m и n являются целыми положительными числами (см. утверждение (12)), получаем, что верны следующие утверждения (24) и (25).

(24) $|\dashv^{[m]}(q),\tau|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[m]}(|q,\tau|^{\boldsymbol{M}})$.

(25) $|\dashv^{[n]}(q),\tau|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[n]}(|q,\tau|^{\boldsymbol{M}})$.

Используя свойства означивания в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$, убеждаемся в справедливости следующих утверждений (26) и (27).

(26) $|(\dashv^{[\mathrm{m}]}(\mathrm{q}) \supset \dashv^{[\mathrm{n}]}(\mathrm{q})),\tau|^{\boldsymbol{M}} = |\dashv^{[m]}(q), \tau|^{\boldsymbol{M}} \rightarrow |\dashv^{[n]}(q),\tau|^{\boldsymbol{M}}$.

(27) $|(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q)),\tau|^{\boldsymbol{M}} = |\dashv^{[n]}(q), \tau|^{\boldsymbol{M}} \rightarrow |\dashv^{[n]}(q),\tau|^{\boldsymbol{M}}$.

(28) $|(\dashv^{[\mathrm{m}]}(\mathrm{q}) \supset \dashv^{[\mathrm{n}]}(\mathrm{q})),\tau|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[m]}(|q,\tau|^{\boldsymbol{M}}) \rightarrow |\dashv^{[n]}(q),\tau|^{\boldsymbol{M}})$ (из (24) и (26)).

(29) $|(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q)),\tau|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[n]}(|q,\tau|^{\boldsymbol{M}}) \rightarrow |\dashv^{[n]}(q),\tau|^{\boldsymbol{M}})$ (из (25) и (27)).

(30) $\sim^{[m]} = \sim^{[n]}$ (из (12)).

(31) $|(\dashv^{[\mathrm{m}]}(\mathrm{q}) \supset \dashv^{[\mathrm{n}]}(\mathrm{q})),\tau|^{\boldsymbol{M}} = \sim^{[n]}(|q,\tau|^{\boldsymbol{M}}) \rightarrow |\dashv^{[n]}(q),\tau|^{\boldsymbol{M}})$ (из (28) и (30)).

(32) $|(\dashv^{[\mathrm{m}]}(\mathrm{q}) \supset \dashv^{[\mathrm{n}]}(\mathrm{q})),\tau|^{\boldsymbol{M}} = |(\dashv^{[n]}(q) \supset \dashv^{[n]}(q)),\tau|^{\boldsymbol{M}}$ (из (29) и (31)).

Снимая допущение (23) и обобщая, получаем, что (33) для всякой оценки τ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ $|(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q)),\tau|^{\boldsymbol{M}} = |(\neg^{[n]}(q) \supset \neg^{[n]}(q)),\tau|^{\boldsymbol{M}}$.

(34) Для всякой оценки τ языка $L_{\supset\neg}$ в $L_{\supset\neg}$-матрице $\boldsymbol{M}$ $|(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q)),\tau|^{\boldsymbol{M}}$ принадлежит выделенному множеству $L_{\supset\neg}$-матрицы $\boldsymbol{M}$ (из (22) и (33)).

(35) $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (из (34), по определению $L_{\supset\neg}$-формулы, общезначимой в $L_{\supset\neg}$-матрице).

(36) $m \neq n$ (из (12)).

(37) $m \neq n$ и $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (из (35) и (36)).

(38) Для некоторого целого положительного числа m и для некоторого целого положительного числа n верно следующее: $m \neq n$ и $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (из (37)).

Снимая допущение (3) и обобщая, получаем, что (39) для всякой пропозициональной переменной q языка L, для некоторого целого положительного числа m и для некоторого целого положительного числа n верно следующее: $m \neq n$ и $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$.

Снимая допущения (1) и (2) и обобщая, завершаем доказательство леммы 2.

Лемма 2 доказана.

Докажем теорему о нетабличности $\supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ методом от противного.

(1) Существует такая конечная $L_{\supset\neg}$-матрица **M**, что для всякой $L_{\supset\neg}$-формулы A верно следующее: A ϵ $\supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ тогда и только тогда, когда A есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в **M** (допущение).

Пусть (2) $\boldsymbol{M}$ есть такая конечная $L_{\supset\neg}$-матрица, что для всякой $L_{\supset\neg}$-формулы A верно следующее: A ϵ $\supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ тогда и только тогда, когда A есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$.

(3) $\boldsymbol{M}$ есть конечная $L_{\supset\neg}$-матрица (из (2)).

(4)Для всякой $L_{\supset\neg}$-формулы A верно следующее: A ϵ $\supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ тогда и только тогда, когда A есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (из (2)).

Опираясь на утверждение (3) и на лемму 2, получаем, что (5) если всякая $L_{\supset\neg}$-формулы A такова, что A ϵ $\supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ тогда и только тогда, когда A есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$, то для всякой пропозициональной переменной q языка L, для некоторого целого положительного числа m и для некоторого целого положительного числа n верно следующее: $m \neq n$ и $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$.

(6) Для всякой пропозициональной переменной q языка L, для некоторого

целого положительного числа m и для некоторого целого положительного числа n верно следующее: $m \neq n$ и $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (из (4) и (5)).

Разумеется, что (7) p_1 есть пропозициональная переменная языка L.

(8) Для некоторого целого положительного числа m и для некоторого целого положительного числа n верно следующее: $m \neq n$ и $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (из (6) и (7)).

Пусть (9) m и n являются целыми положительными числами, $m \neq n$ и $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$.

(10) m и n являются целыми положительными числами, $m \neq n$ (из (9)).

(11) $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$ (из (9)).

Опираясь на утверждение (4) и на тот факт, что $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, получаем, что

(12) $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q)) \in \supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ тогда и только тогда, когда $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ есть $L_{\supset\neg}$-формула, общезначимая в $\boldsymbol{M}$.

(13) $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q)) \in \supset\neg I_{<\omega,\beta>}$ (из (11) и (12)).

Из леммы 1 и утверждений (7) и (10) вытекает следующее утверждение(14).

(14) $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q))$ является L-формулой, которая не принадлежит $I_{<\omega,\beta>}$.

Опираясь на утверждение (14) и используя определение импликативно-негативного фрагмента логики $I_{<\omega,\beta>}$ и соглашение об обозначении этого фрагмента, убеждаемся в справедливости следующего утверждения (15).

(15) Неверно, что $(\neg^{[m]}(q) \supset \neg^{[n]}(q)) \in \supset\neg I_{<\omega,\beta>}$.

Утверждение (15) несовместимо с утверждением (13). Следовательно, верно отрицание допущения (1).

Теорема о нетабличности импликативно-негативного фрагмента логики $I_{<\omega,\beta>}$ доказана.

В свете этой теоремы, определения ω-паранепротиворечивой логики васильевского типа и того факта, что β есть произвольное число из $\{0, 1, 2,\ldots \omega\}$, ясно, что импликативно-негативный фрагмент любой ω-паранепротиворечивой логики васильевского типа нетабличен.

Список литературы

1. Попов В.М. Секвенциальная аксиоматизация и семантика *I*-логик васильевского типа // Логические исследования. 2016. Т. 22, №1. С. 32-69.

СЕКЦИЯ №7.
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.07)

СЕКЦИЯ №8.
ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.09)

РАВНОВЕСИЕ ПО БЕРЖУ – МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОГО ПРАВИЛА НРАВСТВЕННОСТИ

Высокос М.И., Жуковский В.И.

ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет», г. Орехово-Зуево

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», г. Москва

Формулировка Золотого правила нравственности (ЗПН): «Поступай по отношению к другому так, как ты хочешь, чтобы он поступил по отношению к тебе». Оно является одним из самых древних, распространенных и специфичных нравственных требований и акцентируется в христианстве, исламе, иудаизме, буддизме и конфуцианстве. В России теоретические исследования ЗПН возглавляет академик А.А. Гусейнов [1]. ЗНП естественно использовать при тушении, уравновешивании конфликтов, а его «альтруистический характер» при этом заведомо исключает войны, кровопролития, вооруженные столкновения.

Мы предлагаем в качестве математической модели ЗПН использовать концепцию равновесия по Бержу (BE — Berge equilibrium). BE появилось в России в 1995 году при критическом обсуждении книги Клода Бержа [4], отсюда и название «Равновесие по Бержу». В 1995 году К.С. Вайсман (тогда аспирант Жуковского В.И.) в Санкт-Петербургском университете на факультете **ПМиПУ** защитил кандидатскую диссертацию «Равновесие по Брежу». В дальнейшем это понятие получило широкое распространение у наших иностранных коллег. Количество публикаций монотонно растет из года в год [5]. Предлагаемая теория BE делиться на статический и динамический варианты.

Статический вариант. Для бескоалиционной игры N лиц в нормальной форме

$$\Gamma = < \mathbf{N}, \{X_i\}_{i \in \mathbf{N}}, \{f_i(x)\}_{i \in \mathbf{N}} >,$$

где $N = \{1,\dots,N\}$ – множество порядковых номеров игроков; чистые стратегии i-ого игрока $x_i \in X_i \subset \mathbf{R}^{n_i}$; **ситуация** $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X = \prod_{i\in\mathbf{N}} X_i$; $f_i(x)$ — **функция** выигрыша i-ого игрока; $(x \| z_i) = (x_1, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_N) \in X$.

Ситуация $x^B \in X$ *равновесна по Бержу* в Γ, если

$$f_i(x \| x_i^B) \le f_i(x^B) \ \forall x \in X, i \in \mathbf{N}. \qquad (1)$$

Так как X^B **(множество ВЕ) внутренне** не устойчиво (могут существовать $x^{(1)}, x^{(2)} \in X^B : f_i(x^{(1)}) > f_i(x^{(2)}) \ \ (\forall i \in \mathbf{N})$), то формализуем SBE — слабо эффективное ВЕ, добавляя к требованию (1) слабую эффективность (максимальность по Слейтеру) по отношению к остальным ситуациям из X^B. *Множества ситуаций из* X^B, *«нагруженных» дополнительно свойством слабой эффективности,* обозначим X^{SB}.

Свойства X^{SB}*:*

1) $X^{SB} \in comp\, X$ *(хотя, может быть,* $X^{SB} = \varnothing$*), если* $X_i \in comp\, \mathbf{R}^{n_i}$ *и* $f_i(\cdot) \in C(X) \ \ (\forall i \in \mathbf{N})$ *[1];*

2) *достаточные условия: существование* x^{SB} *сводится к существованию седловой точки специальной гермейеровской свертки функции выигрыша [2];*

3) SBE в Γ **существует в смешанных** стратегиях, если $X_i \in comp\, \mathbf{R}^{n_i}$ $f_i(\cdot) \in C(X)$ $(\forall i \in \mathbf{N})$ (аналог теоремы Гликсберга для равновесия по Нэшу) [2];

4) аналогичные результаты получены в [6] для игры Γ при **учете** неопределенностей $y \in Y \subset \mathbf{R}^m$, т.е. для

$$\Gamma_U = < \mathbf{N}, \{X_i\}_{i\in\mathbf{N}}, Y^X, \{f_i(x,y)\}_{i\in\mathbf{N}} >;$$

5) в моделях олигополии Курно и Бертрана выделены случаи (глава 4 из книги [1]), когда применение ВЕ доставляет всем игрокам большие выигрыши, чем *равновесие по Нэшу* [1].

Динамический вариант. Основой исследования здесь явились три фактора:

a) модификация математической формализации (по Н.Н. Красовскому) дифференциальной позиционной игры (ДПИ) в связи с контрпримерами А.И. Субботина и А.Ф. Кононенко см. [7];

b) предложенный Н.Н. Красовским метод «управления с поводырем»;

c) гермейеровская свертка функций выигрыша игроков.

Результаты:

1^0) выделен класс дифференциальных игр *с* «разделенной динамикой», в котором существуют BE [8];

2^0) для ряда линейно-квадратичных ДПИ построены коэффициентные условия *существования* BE;

3^0) для многошаговых моделей дуополии Курно и Бертрана (*с* помощью модификации метода динамического программирования) найден явный вид BE.

В настоящее время организуется коллектив из представителей России, Франции, Украины и Алжира для совместных теоретических исследований BE.

Список литературы

[1] Гусейнов А.А., Жуковский В.И., Кудрявцев К.Н., *Математические основы Золотого правила нравственности: Теория нового альтруистического уравновешивания конфликтов в противоположность "эгоистическому" равновесию по Нэшу.,* М.: URSS, (2016). (Relato Refero).

[2] Жуковский В.И., Кудрявцев К.Н., *Математические основы Золотого правила нравственности. I. Статический вариант,* Математическая теория игр и приложения, 7, No. 3 (2015), 16-47 **.**

[3] Жуковский В.И., Смирнова Л.В., Горбатов А.С., *Математические основы Золотого правила нравственности. II. Динамический вариант,* Математическая теория игр и приложения, 8, No. 1 (2016), 27-62.

[4] Berge C., *Theorie generate des jeux a n-personnes,* Paris: Gauthier Villars, (1957).

[5] Larbani **M.,** Zhukovskiy **V.I.,** *Berge-Equilibrium in Normal Form Games: a literature review,* International Game Theory Review (in Press, 43p).

[6] Zhukovskiy **V.I.,** Chikrii A.A., Soldatova N.G., *Existence of Berge Equilibrium in Conflicts under Uncertainty,* Automation and Remote Control, 77, No. 4(2016), 607-622 .

[7] Zhukovskiy **V.I.,** Salukvadze M.E., *The Vector-Valued Maximin,* N.Y. etc.: Academic Press, (1994).

[8] Zhukovskiy **V.I.,** Topchishvili A.L., *Mathematical Model of Golden Rule in the Form Differential Positional Game of many Persons, International Journal of Operation and Quantitative Management, 2016, Vol. 22,* No 3, 203-229.

МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.00)

СЕКЦИЯ №9.
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.01)

СЕКЦИЯ №10.
МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.04)

ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИТНОЙ ВТУЛКИ БЕСШАРНИРНОГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА

Митряйкин В.И., Шувалов В.А.*, Павлова Н.В.**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева-КАИ, г. Казань;
*ОАО “Казанский вертолетный завод”, г. Казань;
**Казанское высшее военное командное училище (КВВКУ), г. Казань

В последнее время большой интерес проявляется к упрощенной конструкции втулки несущего винта (НВ), в которой шарниры заменяются упругими элементами – торсионами. Втулки такого типа применяются на вертолетах Ка-50. При креплении лопастей к втулке посредством торсионов последние воспринимают действующие на лопасти центробежные силы и позволяют лопастям отклоняться в плоскостях взмаха и вращения, а также устанавливаться под необходимым углом атаки к плоскости вращения. Такое усовершенствование направлено на повышение ресурса работы, снижение расходов на изготовление и эксплуатацию, и улучшение качества управляемости и маневренности, особенно в сложных погодных условиях. Конструктивно втулка НВ представляет собой перекрестие двух упругих балок, закрепленных на валу НВ. Каждое из четырех ответвлений (рукавов) втулки снаружи закрыто кожухом, который кроме снижения аэродинамического сопротивления всей втулки, предназначен для передачи на лопасть НВ управляющего крутящего момента. Каждая лопасть пристыковывается к рукаву втулки через металлический переходник.

Главное принципиальное новшество втулки НВ вертолета Ансат состоит в исполнении конструкции упругого торсиона, который конструктивно выполнен как композитная балка, опрессованная из стеклоткани Т-25(ВМ)-78 на связующем 5-211Б со слоями резины Р-181. Упругодеформируемый участок изготавливается в виде балки прямоугольного сечения и состоит из чередующихся по высоте пакетов стеклопластика и листов резины, опрессованых совместно. Для уменьшения жесткости на кручение балка имеет три продольные прорези, что дает возможность использовать этот участок торсиона как осевой шарнир втулки НВ.

Для расчета напряженно-деформированного состояния торсиона использовался метод конечных элементов. На основе трехмерных соотношений теории упругости разработан новый изопараметрический многослойный трехмерный 18-узловой конечный элемент анизотропной теории упругости в виде параллелепипеда с криволинейными гранями, имеющего слоистую структуру по толщине с различными (в общем случае) механическими характеристиками каждого слоя, что значительно повышает возможность конечно-элементного моделирования пространственных конструкций из композиционных материалов, имеющих произвольную конфигурацию, сложную геометрию и произвольную ориентацию внутренних слоев, а также разработана эффективная методика решения задач расчета напряженно-деформированного конструкций из композиционных материалов на базе созданного конечного элемента как в линейной постановке, так и с учетом геометрической нелинейности, позволяющая прогнозировать поведение конструкций вплоть до их разрушения с определением зон возможного трещинообразования[1].

На основе разработанных методик и созданного программного обеспечения, позволяющего решить нелинейные пространственные задачи, получены решения ряда тестовых задач с целью исследования сходимости и точности разработанных методов и алгоритмов, проведено их сравнение с результатами статических испытаний торсионов рулевого и несущего винтов вертолета Ансат, установлена достоверность полученных решений; получены новые результаты, представляющие определенный научный и практический интерес.

Также разработана методика оценки прочности конструкций из композиционных материалов на основе феноменологических критериев прочности, учитывающих различные механизмы разрушения.

Проведен детальный анализ напряженно-деформированного и предельного состояний торсионов бесшарнирных рулевого и несущего винтов вертолета Ансат при действии различных нагрузок и обнаружены зоны, где условия прочности не удовлетворительны и близки к критическим значениям.

Приводятся результаты расчетно-экспериментальных исследований торсиона НВ с учетом внутренних дефектов, которые могут образоваться в процессе его изготовления и эксплуатации. Показано влияние различных типов дефектов на жесткостные характеристики торсиона при приложении тестовых нагрузок, установлены допустимые размеры дефектов.

Проведенные с помощью разработанных методик исследования позволили дать конкретные рекомендации разработчикам и выполнить грамотно доводку конструкции по снижению уровня концентрации напряжений и предложить некоторую модернизацию конструкции, что в итоге способствовало повышению прочности и усталостной долговечности торсиона.

Разработанная математическая модель втулки НВ, а также модель композитной лопасти НВ, созданные с использованием разработанных конечных элементов, использовались также для расчета системы управления несущим винтом вертолета Ансат с учетом податливости лопасти и втулки, что значительно расширяет возможности конструктора при проектировании несущей системы.

Список литературы

1. Голованов А.И., Митряйкин В.И., Шувалов В.А. Механика бесшарнирных винтов вертолета. Казань. Издательство Казанского университета, 2015.-260с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В БЛОЧНЫХ СРЕДАХ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ

Шер Е.Н., Черников А.Г.

ИГД СО РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Новосибирск

В последнее время при описании динамического деформирования породного массива и, в частности, распространения сейсмических волн проводится учет его блочного строения. Согласно концепции М.А. Садовского породный массив представляет собой систему вложенных друг в друга блоков разного масштабного уровня [1] разделенных прослойками. Часто прослойки между блоками представлены более слабыми, трещиноватыми породами. Наличие таких податливых прослоек приводит к тому, что деформирование блочного массива, как в статике, так и в динамике происходит в основном за счет деформации прослоек, что приводит к выделению в сейсмическом отклике на импульсное воздействие низкочастотных волн маятникового типа [2, 3] .

Были проведены теоретические и экспериментальные исследования волноводных свойств одномерных моделей блочных сред, представленных цепочкой упругих стержней, разделенных податливыми прослойками [4-6]. Показано, что для описания распространения волн в таких средах хорошим приближением является представление о движении блоков как недеформируемых тел. При этом достаточно точно описываются возникающие при импульсном воздействии низкочастотные составляющие волны. Как показали эксперименты, высокочастотные составляющие волн, определяемые собственными колебаниями блоков достаточно быстро затухают.

Сравнение данных расчетов по разработанным моделям с экспериментом показали, что скорость распространения маятниковых волн, период, степень их затухания определяются массой блоков и существенно зависят от реологических свойств прослоек, которые в свою очередь зависят от внешнего, горного давления. Наличие взаимосвязи величины горного давления и параметров сейсмических волн открывает возможность контролировать горное давление по данным сейсмического каротажа.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований влияния внешнего сжатия блочной среды на процесс распространения волн деформации при ударном нагружении.

В качестве модели блочной среды была использована вертикально расположенная одномерная сборка девяти силикатных кирпичей с размерами 80x120x250 мм, размещенных в гидравлическом прессе. На пяти кирпичах (2-5, 7-мом) были установлены акселерометры KD91. Вся сборка приводилась в сжатое состояние при помощи гидравлического пресса, что создавало в сборке сжатие до 90 кН и напряжение в сборке P до 6,5 МПа. На верхний кирпич усилие передавалось через муфту, внутри которой располагался ударник, с закрепленным на нем акселерометром 8309 фирмы Brüel & Kjær для фиксирования интенсивности удара. Все акселерометры были подключены через усилители заряда 2635 фирмы Brüel & Kjær к АЦП E-1440 и далее к компьютеру, на котором производилась запись сигнала и хранение данных. Фото установки приведено на рис.1.

Моделирование действия ослабленных контактов между блоками породного массива проводилось введением прослоек из вакуумной резины площадью 120*120 мм и толщиной 1мм. Пример записи ускорений кирпичей № 2, 4, 7 в сборке с резиновыми прослойками приведен на рис.2. Характерным для колебаний кирпичей вблизи точки приложения импульсного нагружения является возбуждение их собственных колебаний. По мере распространения волны возмущения по сборке такие колебания затухают и тем быстрее, чем больше их частота. Вдали от точки удара в колебаниях кирпичей выявляется низкочастотная волна маятникового типа, определяемая их взаимодействием через податливые прослойки.

Рис. 1. Фото экспериментальной установки.

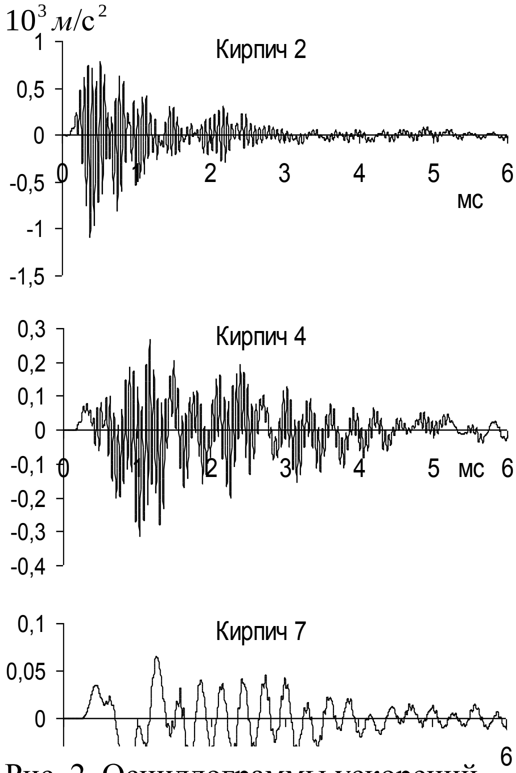


Рис. 2. Осциллограммы ускорений кирпичей в сборке при ударе

В результате обработки осциллограмм ускорений кирпичей определялись скорости распространения волны вдоль сборки, коэффициенты затухания колебаний и изменение их спектральных характеристик. Скорости волны в эксперименте определялись по моментам вступления сигнала на осциллограммах ускорения кирпичей и по моментам достижения максимального значения первого пика ускорения. Первая скорость характеризует распространения упругого сигнала по сборке, вторая, являясь групповой скоростью, соответствует распространению низкочастотной маятниковой волны.

Графики зависимостей значений скоростей распространения упругой и маятниковой волны (верхняя и нижняя кривая соответственно) от степени сжатия сборки кирпичей приведены на рис.3. Из приведенных данных следует, что скорости распространения волн по сборке заметно меньше продольной скорости упругих волн в материале кирпичей, равной 3100 м/с. При этом из рис. 3 следует, что такие скорости оказались достаточно чувствительными к изменения значения давления сжатия на всем диапазоне его изменения.

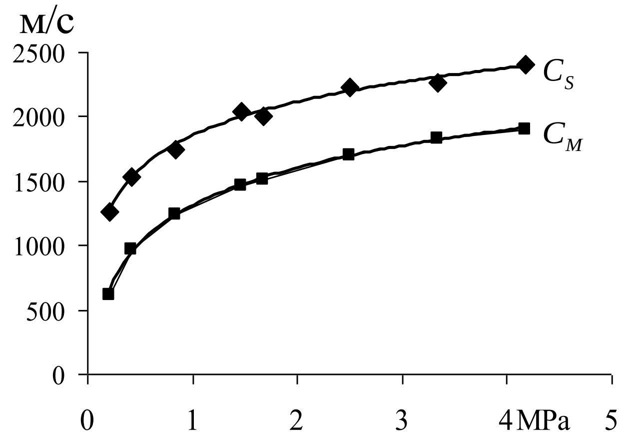


Рис.3. Зависимости скоростей распространения сигнала C_S и маятниковой волны C_M по сборке кирпичей от величины внешнего сжатия

Общим в характере зависимостей скорости распространения волны от внешнего сжатия является ее быстрый рост на начальной стадии увеличения сжатия и более плавное, линейное увеличение в последующем при его нарастании. Таким образом, в модельном эксперименте подтверждено, что по изменению скорости распространения сейсмической волны можно судить об изменении напряженного состояния контролируемой области блочного породного массива.

Другим параметром, характеризующим распространение колебаний в блочной среде, является степень их затухания по мере распространения. В качестве параметра, описывающего такое затухание, примем величину максимального ускорения, регистрируемого на данном блоке. На рис. 4 приведены графики зависимости максимального размаха ускорений на втором, третьем и четвертом кирпиче (кривые 1-3 соответственно) от степени сжатия стопки кирпичей с резиновыми прослойками при фиксированной энергии удара. Наблюдается заметное увеличение интенсивности колебаний с увеличением степени сжатия. Этот параметр также как и скорости распространения волн, может быть использован для контроля над изменениями внешнего сжатия.

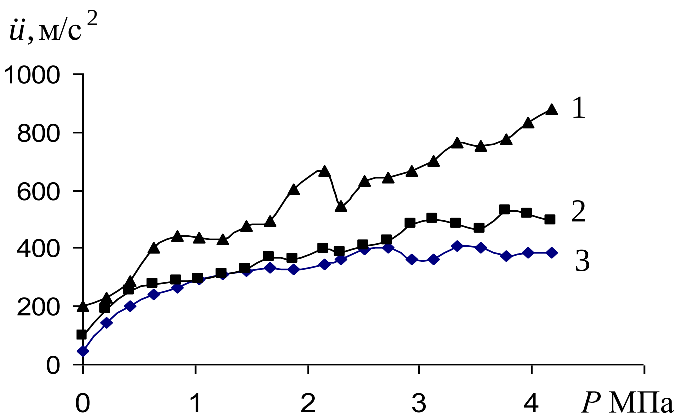


Рис. 4.Максимальные амплитуды ускорений второго, третьего и четвертого кирпичей в зависимости от величины сжимающего напряжения (кривые 1-3)

Одним из характерных параметров волн, проходящих через одномерную сборку кирпичей, подвергаемых одноосному сжатию, является длительность полупериода первого колебания в волновом пакете. Анализ осциллограмм ускорений отдельных кирпичей сборки показал, что по мере распространения волны по ней в передней части волнового пакета выделяются низкочастотные колебания, характерные для маятниковой волны. Зависимость длительности T_1 полупериода первого колебания седьмого кирпича от степени сжатия сборки кирпичей с резиновыми прослойками приведена на рис. 5. Из приведенного графика видно, что T_1 быстро уменьшается с ростом сжатия до $P = 0{,}5\text{МПа}$. При дальнейшем росте сжатия T_1 изменяется незначительно, откуда следует, что этот параметр мало чувствителен к изменению сжатия при $P > 1{,}0\text{МПа}$

Полученные в экспериментах осциллограммы ускорений позволяют определить влияние сжатия сборки кирпичей на изменение спектрального состава колебаний. Ранее теоретически и экспериментально на одномерной сборке стержней было показано [4-5], что ударное нагружение сборки вызывает распространение высокочастотных волн, соответствующих собственным колебаниям стержней и низкочастотных маятниковых волн, определяемых передачей колебаний по цепочке масс связанных податливыми прослойками. Такой же характер колебаний наблюдается в одномерной сборке кирпичей. Отличием здесь является более сложный спектр собственных колебаний кирпичей при ударном воздействии.

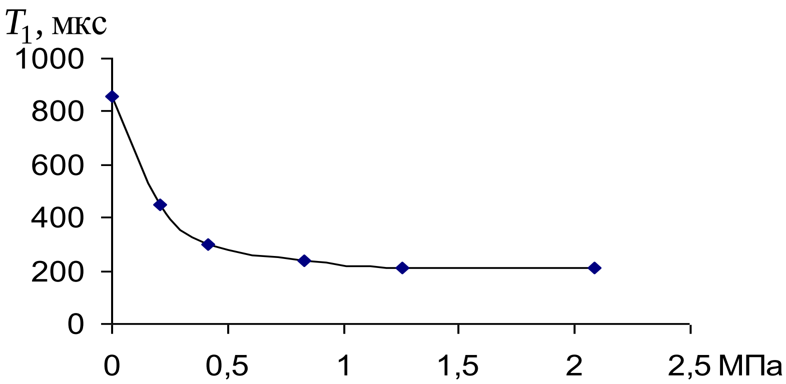


Рис.5. Зависимость длительности T_1 полупериода первого колебания седьмого кирпича от степени сжатия сборки

В отдельной серии экспериментов были проведены измерения частот собственных колебаний кирпича при ударном воздействии. Кирпич в экспериментах подвешивался на нитях, колебания в нем возбуждались сосредоточенным ударом в центрах граней.

Скорости продольных волн в кирпиче, размеры которого составляют 80x120x250 мм, определенные на ультразвуковой установке по разным направлениям несколько отличаются друг от друга, что можно объяснить технологией изготовления этого изделия. В направлении

80 мм она составила 2712 м/с, в направлении 120 мм – 3361 м/с и в направлении 250 мм – 3225 м/с. В соответствии с этим собственные частоты основных продольных колебаний в этих направлениях 19.6 кгц, 14,0 кгц и 6,45 кгц. Считая, что скорость поперечных волн приблизительно в два раза меньше скорости продольных, можно ожидать появление собственных поперечных колебаний с частотами 10 кГц, 7кГц, и 3, 2 кГц

В экспериментах при ударе по кирпичу в нем возбуждался пакет из множества собственных колебаний, частоты которых можно выявить на спектре волнового пакета. Пример такого спектра приведен на рис. 6 для случая удара по центру грани 120x250 мм и регистрации колебаний в центре такой же грани на противоположной стороне кирпича.

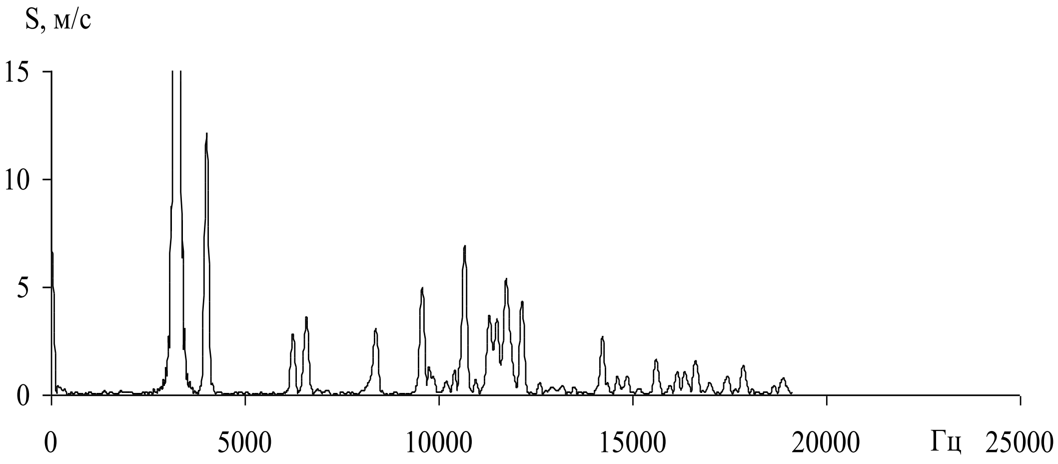


Рис.6 Спектральная плотность ускорения свободно подвешенного кирпича при ударном возбуждении колебаний

На приведенном графике видно, что при ударе в кирпиче возбуждаются многие собственные колебания. Некоторые из них по частоте близки к найденным выше. Особенно по интенсивности спектральной плотности выделяются колебания с частотой ≈ 3 кГц. Близки к этой величине значения частот основных изгибных и поперечных колебания в кирпиче на длине 250мм.

Приведем результаты регистрации спектральной плотности колебаний кирпичей в сборке при ударном нагружении. На рис.7 представлены осциллограммы ускорений колебаний 2, 4, 7- го кирпичей, их спектры и осциллограммы ускорений после фильтрации низких частот с частотой среза 2,6 кГц для случая сжатия сборки кирпичей давлением 3.5 мПа. На приведенных графиках видно, что колебания 2-4-го кирпича содержат высокочастотные составляющие в диапазоне 16-20 кГц. При этом по мере удаления кирпича от точки удара доля высокочастотных колебаний относительно низкочастотных уменьшается. В осциллограммах ускорений, начиная с четвертого кирпича, превалируют низкочастотные составляющие 0-4 кГц. На 4-7 кирпиче ярко выражены колебания с частотой

3 кГц. С удалением от точки удара выделяются еще более низкие частоты, которые соответствуют маятниковой волне. Для того, чтобы выделить маятниковую волну осциллограммы ускорений кирпичей были обработаны с использованием процедуры фильтра низких частот с частотой среза 2,6 кгц. Такая обработка позволяет убрать из сигнала колебания с частотами собственных колебаний кирпичей, большими 2.6 кГц. Из сравнения отфильтрованных сигналов с исходными видно, что при малом сжатии до1 мПа они достаточно близки у 7-го кирпича. С увеличением сжатия видно, что в колебаниях 7-го кирпича начинают превалировать собственные колебания с частотой 3 кГц. Сходство отфильтрованных сигналов с исходными сохраняется для головной части волны. Это объясняется тем, как указано выше, что в блочных средах скорость распространения высокочастотных колебаний меньше, чем низкочастотных.

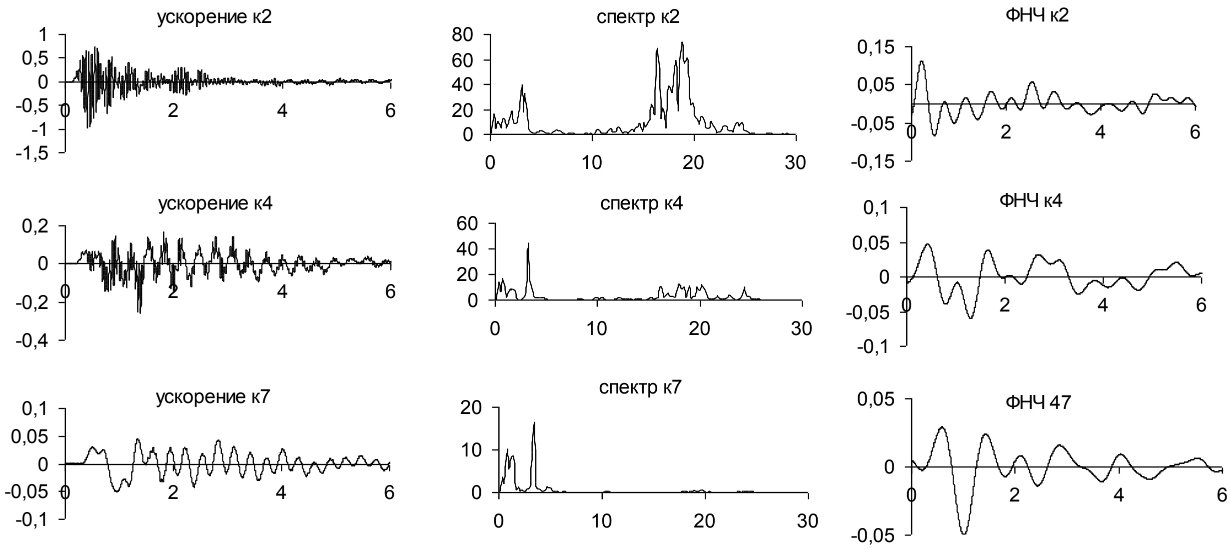


Рис.8 Осциллограммы ускорений колебаний 2, 4, 7- го кирпичей, их спектры и осциллограммы ускорений после фильтрации низких частот с частотой среза 2,6 кГц

Выводы

1. Эксперименты по ударному возбуждению колебаний в модельной блочной среде, представленной одномерной сборкой кирпичей подтвердили полученные ранее данные экспериментов на стержневых моделях и показали, что для возбуждаемых сейсмических волн характерным являются:
   - пониженные скорости распространения;
   - дисперсия, при которой с максимальными скоростями распространяются низкочастотные колебания, соответствующие слабо затухающим волнам маятникового типа, за ними движется группа высокочастотных колебаний;

- выделение по мере распространения в головной части волн слабозатухающих низкочастотных колебаний, скорость распространения которых и спектр определяются параметрами структуры блочной среды, такими как размеры и масса блоков, податливость прослоек;
- повышенное затухание высокочастотных компонент волн, спектральный состав которых определяется набором частот собственных колебаний блоков.

2. Увеличение внешнего сжатия блочной системы приводит к росту скорости распространения низкочастотной волны и уменьшению затухания ее амплитуды. Эти параметры могут быть использованы для контроля за изменением горного давления при сейсмическом зондировании нагруженных участков блочного породного массива. Анализ спектрального состав распространяющихся по блочной среде волн может дать информацию о структуре и механических свойствах материала блоков.

Список литературы

1. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // ДАН СССР. – 1979. – Т. 247. – № 4. –С.829-831.
2. Курленя М. В., Опарин В. Н., Востриков В. И. О формировании упругих волновых пакетов при импульсном возбуждении блочных сред. Волны маятникового типа V_μ // ДАН СССР.– 1993.– Т. 333.– № 4.– С.515-521.
3. Курленя М. В., Опарин В. Н., Востриков В. И. Волны маятникового типа. 2. Методика экспериментов и основные результаты физического моделирования // ФТПРПИ –1996.– № 4.– С.3-39.
4. Александрова Н. И. О распространении упругих волн в блочной среде при импульсном нагружении // ФТПРПИ.– 2003.– № 6.– С.38-4
5. Александрова Н. И., Шер Е. Н. Моделирование процесса распространения волн в блочных средах // ФТПРПИ.– 2004.– № 6.– С.49-57.
6. Александрова Н. И., Черников А. Г., Шер Е. Н. Экспериментальная проверка одномерной расчетной модели распространения волн в блочной среде // ФТПРПИ.– 2005.– № 3.– С.46-55.

СЕКЦИЯ №11.
МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.05)

СЕКЦИЯ №12.
ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.06)

СЕКЦИЯ №13.
БИОМЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.08)

АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.00)

СЕКЦИЯ №14.
АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.01)

СЕКЦИЯ №15.
АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.02)

НОВЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЙ, ВРЕМЕНИ И СКОРОСТИ

Смирнов В.Б., Чижов А.П., Котенев Ю.А.

ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Примером введения и успешного практического использования являются унифицированные единицы:

- величина обращения Земли относительно Солнца 31556926,1 сек (1 год);
- величина расстояния Земли от Солнца 15×10^7 км (1 а.е.).

Орбитальная скорость Земли при этом определяется отношением

$$V = \frac{2\pi R}{t} \;;\; V = \frac{6.28 \cdot 1 а.е.}{1 год} = 29{,}7713 км/сек.$$

Стабильность орбитальных параметров планет сохраняется в пределах всей Солнечной системы.

После открытия астрономом Бертилем Линдбладом в 1926 г. нашей Галактики, который предложил концепцию её вращения, ученые мирового астрономического сообщества центр Вселенной переместили в область ядра галактической системы с орбитальными параметрами Солнца:

– радиус обращения 10 кпк от ядра нашей Галактики;
– период обращения до $2,5 \times 10^8$ лет;
– орбитальная скорость 250 км/сек и более [1-5].

Нашими расчетами установлено, что период обращения планетарной системы при радиусе в 10 кпк составит 93284520×10^6 лет и равным 250×10^6 лет быть не может. При вычисленном нами радиусе обращения Солнечной системы в 1,6985314 пк величина периода обращения Солнечной системы равна $2,065 \times 10^8$ лет [6, 7].

Период обращения — галактический год принят нами за первый, хронометрический галактический эталон.

Величина радиуса обращения Солнечной системы принята нами за второй, метрический галактический эталон, который равен 1,6985314 пк, что соответствует 5,53993 световым годам или 349365,5 а.е., или $522,64336 \times 10^{11}$ км.

Орбитальная скорость Солнечной системы определяется из соотношения $V = \frac{l}{t}$.

Длина галактической орбиты Солнечной системы:

$l = 2\pi R = 6,28 \times 349,3655 \times 10^3$ а.е. $= 2194,0153 \times 10^3$ а.е.

или

$2194,0153 \times 10^3$ а.е. $\times (15,0 \times 10^7$ км$) = 32910,23 \times 10^{10}$ км.,
при $t = 2,065 \times 10^8$ лет (1 галактический год), или $651650,52 \times 10^{10}$ сек.

$V = 32910,23 \times 10^{10}$ км / $651650,52 \times 10^{10}$ сек = 0,0505029 км/сек.

Применение хронометрического и метрического галактических эталонов при анализе закономерности орбитальной динамики планет в нашей Галактике позволило:

– ввести в практику астрономических и космогеологических исследований новую хронометрическую галактическую унифицированную единицу равную $2,065 \times 10^8$ лет (1 г.г.), являющуюся периодом обращения Солнечной системы относительно ядра нашей Галактики;
– ввести в практику астрокосмических и космологических исследований новую унифицированную метрическую галактическую единицу 1,6985314 пк (1 g.u.), являющуюся радиусом обращения Солнечной системы относительно ядра нашей Галактики;

– ввести в практику астрономических и космологических исследований новую унифицированную единицу галактической орбитальной скорости 6,28 g.u./1 г.г., являющуюся отношением длины орбитального пути Солнечной системы, выраженной в унифицированных метрических галактических единицах, к хронометрической унифицированной галактической единице периода обращения Солнечной системы;
– установить факт расположения Солнечной системы на удалении 5,53993 световых лет от ядра нашей Галактики;
– установить факт существования гиперболического галактического закона заключающегося в том, что четырехкратное увеличение радиуса орбиты планетарных систем сопровождается двукратным, падением орбитальной скорости при восьмикратном увеличении их периода обращения;
– установить факт расположения Солнечной системы не в средней части нашей Галактики, а в области ее ядра;
– установить факт перегалактического сближения Солнечной системы при e=0,09 на расстоянии 0,1528678 пк, которое активизирует гравитационное влияние нашей Галактики на планеты Солнечной системы, являющееся одним из важнейших факторов тектонической активизации

1,6985314 пк × 0,09 = 0,1528678 пк;

– установить 5000 кратную ошибку астрономов Мира в вычислении орбитальной скорости Солнечной системы

250 км/сек / 0,0505029 км/сек = 4950,2108;

– установить более чем 5000 кратную ошибку астрономов Мира в вычислении радиуса обращения Солнечной системы

10000 пк / 1,6985314 пк = 5887,439;

– установить более чем 18×10^6 кратную ошибку астрономов Мира в вычислении радиуса нашей Галактики ограниченного зоной орбитальных скоростей падающих до 0,0000001 км/сек

466888910×10^3 пк / 25×10^3 пк = 18675556.

Выводы:

Новые единицы измерения времени, скорости и космических расстояний позволяют нам проводить успешные новационные исследования в области взаимосвязи галактических и геологических проблем не только Земли, но и планет Солнечной системы в целом.

Список литературы

1. Ефремов, Ю. Н. В глубины Вселенной [текст] / Ю. Н. Ефремов. Изд. третье, перераб. и доп. - М.: Наука, 1984. - 224 с.

2. Воронцов-Вельяминов, В. А. Очерки о Вселенной [текст] / В. А. Воронцов-Вельяминов. - М.: Наука, 1976. - 719 с.

3. Дагаев, М. М. Астрономия [текст] / М. М. Дагаев [и др.]. - М.: Просвещение, 1983. - 384 с.

4. Завельский, Ф. С. Время и его измерение [текст] / Ф. С. Завельский. - М.: Наука, 1977. - 287 с.

5. Куликовский, П. Г. Звёздная астрономия [текст] / П. Г. Куликовский. - М.: Наука, 1985. - 272 с.

6. Смирнов, В.Б. Гиперболическая галактическая закономерность [текст] / В. Б. Смирнов, А. П. Чижов, Ю. А. Котенёв // Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и зарубежом: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., 09.сент.2015 г. / ИЦРОН. Уфа, 2015. – С. 10-12.

7. Котенёв, Ю. А. Галактические уровни геологической цикличности [текст] / Ю. А. Котенёв, М. А. Токарев, В. Б. Смирнов, А. П. Чижов // Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., 10 фев. 2015 г. / ИЦРОН. - Новосибирск, 2015. - С. 30-31.

СЕКЦИЯ №16.
ФИЗИКА СОЛНЦА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.03)

СЕКЦИЯ №17.
ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.04)

ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.00)

СЕКЦИЯ №18.
ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.01)

СЕКЦИЯ №19.
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.02)

СЕКЦИЯ №20.
РАДИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.03)

СЕКЦИЯ №21.
ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.04)

СЕКЦИЯ №22.
ОПТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.05)

СЕКЦИЯ №23.
АКУСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.06)

СЕКЦИЯ №24.
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.07)

СЕКЦИЯ №25.
ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.08)

СЕКЦИЯ №26.
ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.09)

СЕКЦИЯ №27.
ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.10)

СЕКЦИЯ №28.
ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.11)

СЕКЦИЯ №29.
ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.13)

СЕКЦИЯ №30.
ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.14)

СЕКЦИЯ №31.
ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР,
АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.15)

СЕКЦИЯ №32.
ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.16)

СЕКЦИЯ №33.
ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.17)

СЕКЦИЯ №34.
КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.18)

СЕКЦИЯ №35.
ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.20)

СЕКЦИЯ №36.
ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.21)

СЕКЦИЯ №37.
ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.23)

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.00)

СЕКЦИЯ №38.
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.01)

СЕКЦИЯ №39.
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.02)

СЕКЦИЯ №40.
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.03)

СЕКЦИЯ №41.
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.04)

ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ ПОЛИЭТИЛЕНА НА РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР

Мазурина С.А., Абатурова Н.А., Саков Д.М., Ломовской В.А., Ломовская Н.Ю.

г. Москва

Линейный полиэтилен (ПЭ) содержит в полимерной цепи только метиленовые группы CH_2 , поэтому в соответствии с теорией релаксационной спектроскопии для него должна быть характерной только одна форма внутри структурной подвижности – это мелкомасштабное колебательно-вращательное движение в пределах локальной потенциальной ямы группы CH_2 без разрыва цепи главной валентности. Это β-процесс релаксации. Как и все релаксационные процессы, наблюдаемые в различных по природе, строению и структуре системах, β-процесс релаксации является диссипативным процессом, поэтому на спектре внутреннего трения ПЭ должен был бы наблюдаться один пик потерь. Как известно, спектры внутреннего трения фиксируют подвижность тех или иных структурно-кинетических элементов исследуемой системы при их реакции на внешнее деформирующее воздействие, которое выводит эти элементы из состояния механического и термодинамического равновесия. Однако следует отметить, что на экспериментальных спектрах для ПЭ наблюдается от 2-х до 5÷6 диссипативных процессов различной интенсивности и расположенных в разных температурных интервалах исследования. Это обусловлено тем, что ПЭ не только является в той или иной степени сополимером с α-олефинами, но и тем, что ПЭ является аморфно-кристаллической структурой. Обычно диапазон кристалличности составляет от 40% до 80%. В полностью кристаллической структуре полиэтилена высокой плотности (далее ПЭВП) на спектре внутреннего трения, полученного в режиме свободных затухающих колебаний в интервале температур от -200˚ C до +120˚ C, наблюдается два пика диссипативных потерь. Один процесс наблюдается при температурах от -200˚ C до -100˚ C и связывается с подвижностью CH_2 групп в аморфной фазе ПЭ. Это β-процесс. Второй процесс наблюдается в интервале 0˚ C до ~+50÷60˚ C и связывается с локальной колебательной подвижностью таких же CH_2 групп, но в кристаллической фазе. Это β_k-процесс.

1. Оба эти процесса накладываются на фон внутреннего трения, практически не изменяющий своей интенсивности в интервале температур -200˚ C ÷ -10˚ C и экспоненциально возрастающий в интервале температур от ~-10˚ C ÷ +150˚ C.
2. Процесс β-потерь расположен в низкотемпературной (не изменяющей своей интенсивности) области фона, а β_k – в высокотемпературной области фона потерь.

Многочисленные исследования спектров внутреннего трения ПЭ как высокой, так и низкой плотности показали, что в общем случае на спектрах аморфно-кристаллических ПЭ наблюдается три основных пика потерь. Это β-потери в интервале температур от -150° С до -100° С при частотах внешнего деформирующего воздействия $10^0 \div 10^2$ Гц. Среднетемпературный пик потерь в интервале -50° С ÷ 0° С. Это α-процесс релаксации, который связывается с сегментальной подвижностью цепей ПЭ аморфной фазы. Высокотемпературный пик потерь в интервале +50° С ÷ +100° С. Это β_k-процесс. В полностью кристаллической структуре ПЭ α-процесс отсутствует.

В данной работе выявлены все возможные диссипативные процессы, проявленные на спектрах внутреннего трения. Дано определение возможной природы структурных элементов, подвижность которых вызывает появление пиков потерь и классификация механизма внутреннего трения (релаксационный, гистерезисный, фазовый). Выявлено влияние ММ и структурных особенностей различных марок ПЭ на те или иные диссипативные процессы, проявляемые на спектрах внутреннего трения.

В качестве образцов использовались ПЭ различной ММ, степени кристалличности и другими физико-механическими и физико-химическими характеристиками, приведенными в таблице 1. Исследование диссипативных процессов (спектры внутреннего трения) и изменений в физических характеристиках (модулей упругости при сдвиге) проводилось в режиме свободнозатухающих крутильных колебаний в интервале температур от -170°С до +200°С. Контролируемыми параметрами, характеризующими процессы локальной неупругости, являлись: логарифмический декремент колебательного процесса и частота свободнозатухающих колебаний этого же процесса. Учитывая, что модуль упругости пропорционален квадрату частоты колебательного процесса, по интенсивности изменения этой частоты в различных интервалах температур можно судить о изменении модуля упругости (дефект модуля).

Таблица 1. Основные физико-химические и физико-механические свойства ПЭВП исследуемых марок.

	Марка ПЭ	ПЭВП 277-73	PE4PP-25B	СВМП марки PE HMG 10000
1	Молекулярная масса, г/моль	240000	750000	9000000

2	ММР	мономодаль-ный	мономодаль-ный	мономодаль-ный
3	Показатель текучести расплава (ПТР), г/10мин при 190°С и 21,6 кгс при 190°С и 5,0 кгс, при 190°С и 2,16 кгс.	 17,0-25,0 5,0-7,0	 12,0-16,0 0,51	 0,25 не течет не течет
4	Плотность, г/см3	0,960	0,948	0,936
5	Температура хрупкости,°С, не выше	-50	–70	-70
6	Температура плавления,°С	130-135	130-138	123-134
7	Степень кристалличности (α),%	59	56	56
8	ΔН, Дж/г	172	163	-
	Параметры сетки зацеплений			
9	Молекулярная масса сегмента, г/моль	238	238	238
10	Кол-во сегментов (n) в макромолекуле, ед.	1008	3151	37815
11	Число молекул в 1см^3, ед*10^{-16}	241	76	6
12	Число концов молекул в 1см^3, ед*10^{-16}	481	152	12

Экспериментальные результаты

Полученные спектры внутреннего трения $\lambda=f(T)$ (λ – логарифмический декремент, Т – температура) для всех, приведенных в таблице 1 полиэтиленов, обнаруживают три диссипативных процесса, расположенных в различных температурных интервалах и имеющих различную интенсивность $\lambda_{max\,i}$ (рис. 1).

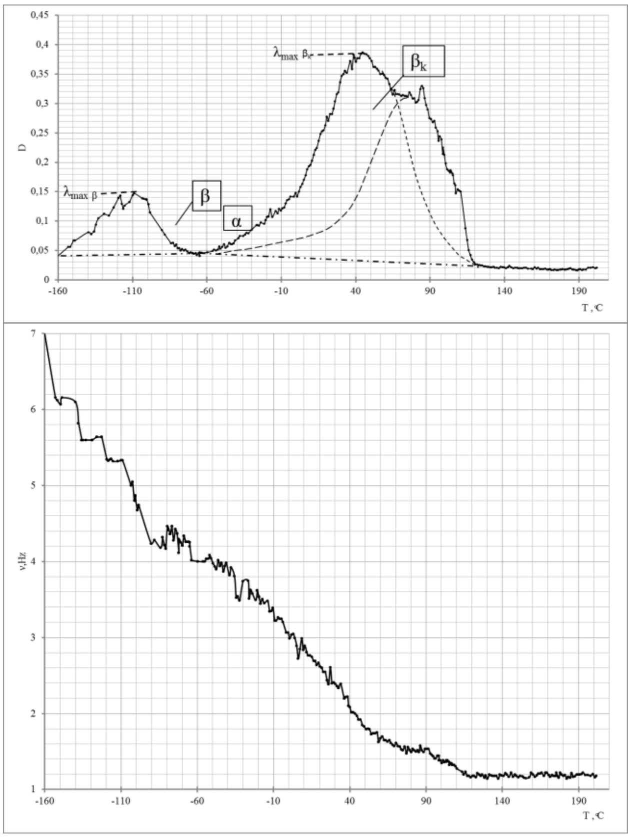


Рисунок 2 - Температурная зависимость частоты ν=f (T℃) свободных колебаний PE4PP 25B - (а) и спектр внутреннего трения λ=f (T℃) - (б).

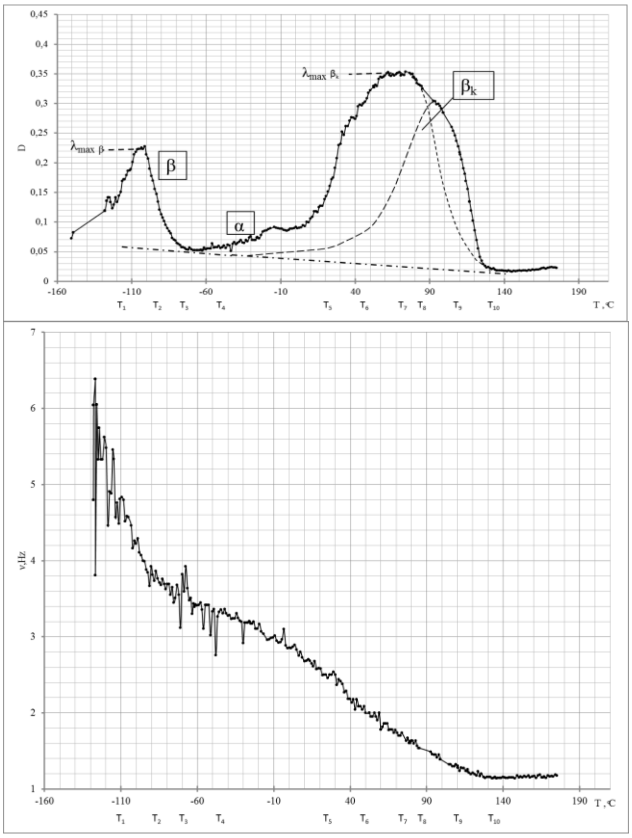


Рисунок 3 - Температурная зависимость частоты ν=f (T℃) свободных колебаний (СВМПЭ) GuR 4150 - (а) и спектр внутреннего трения λ=f (T℃) - (б).

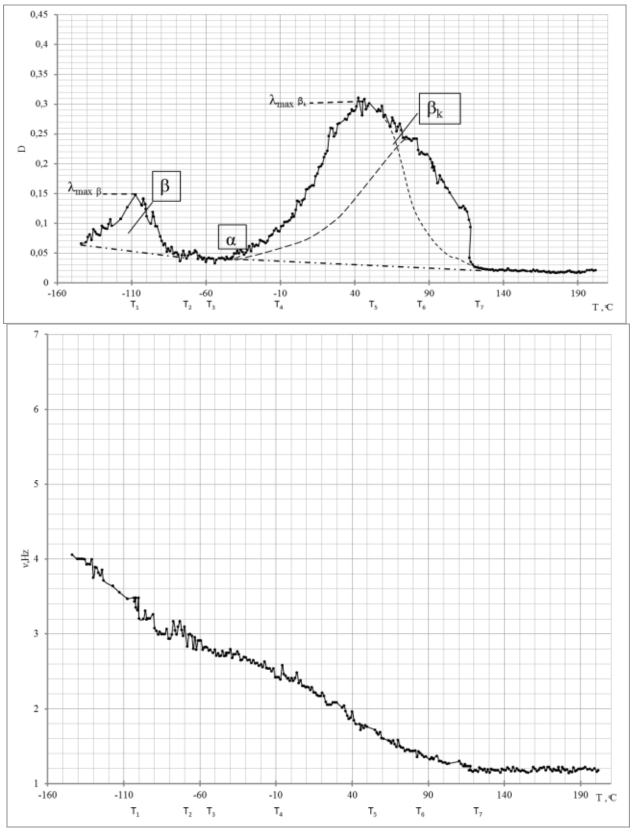


Рисунок 1 - Температурная зависимость частоты ν=f (T℃) свободных колебаний ПЭВП 277-73 - (а) и спектр внутреннего трения λ=f (T℃) - (б).

Список литературы

1. Бартенев Г. М,. Бартенева А. Г. Релаксационные свойства полимеров. –М.: Химия, 1992. 383 с.
2. Горшков А.А., Ломовской В.А., Полываная Е.Н. Области локальной неупругости и диссипативные явления в некоторых системах бора. Изв. РАН. Механика твердого тела. 2005. №3. С.87-105.
3. Ломовской В.А. Спектры внутреннего трения и диссипативная подвижность элементов агрегатной и модифицирующих подсистем. Материаловедение. 2007. Т.4. С.3-11.
4. Sinott K. M. //J. Polym. Sci. B/ 1965,V.3, № 3, P 945-949
5. Sinott K. M. //J. Appl. Phys 1966,V.37, P 3387-3395

СЕКЦИЯ №42.
ЭЛЕКТРОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.05)

СЕКЦИЯ №43.
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.06)

СЕКЦИЯ №44.
ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.08)

СЕКЦИЯ №45.
ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.09)

СЕКЦИЯ №46.
БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.10)

СЕКЦИЯ №47.
КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.11)

ИЗМЕНЕНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРОВ NA-КМЦ КАК СЛЕДСТВИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВОДУ

Михейлис А.В., Стась И.Е.

Россия, Алтайский край, г. Барнаул

Введение

В данный момент научным сообществом наибольшее внимание уделяется особо важным, актуальным и проблемным вопросам современной химии и физики. Одним из таких направлений является изучение воды, объяснение ее физико-химических свойств, внутренней структурной организации. За время многолетних исследований ученые достигли значительных результатов в данной области. Однако до сих пор остаются дискуссионные темы, требующие разностороннего рассмотрения возникающих перед исследователями проблем. Согласно современным представлениям, вода является сложной динамической системой, способной к внутренней самоорганизации, зарядовой адаптации к внешним условиям и направленным физическим воздействиям [3-4, 8]. Одним из факторов, обуславливающим такие условия является электромагнитное поле (ЭМП).

Большинство исследований по воздействию ЭМП на структуру воды и обусловленные ею свойства водных систем посвящены растворам электролитов [1,2,5]. Мало изучено изменение свойств водных растворов и дисперсий полимеров природного и искусственного происхождения в результате полевых воздействий.

Предполагается, что воздействие электромагнитного поля существенно изменяет свойства воды. Исходя из того, что в любой гетерогенной системе присутствует взаимодействие компонентов друг на друга, можно предвидеть также изменение характера сольватационных процессов в облученной воде. Изменение степени сольватации, в свою очередь, способно привести к изменению конформаций макромолекул и степени их ассоциации, оказывая тем самым влияние на вязкость растворов высокомолекулярных соединений.

В качестве объекта исследования выбрана система карбоксиметилцеллюлоза - вода. КМЦ и ее натриевая соль (Na-КМЦ) являются искусственными производными целлюлозы, в которой карбоксилметильная группа ($-CH_2-COOH$) соединяется с гидроксильными группами глюкозных мономеров. Благодаря наличию внутримолекулярных водородных связей в макроцепи и различных функциональных группировок, КМЦ способна принимать в растворе форму статистического клубка, либо линейного полимера. Карбоксиметилцеллюлозу принято относить к анионным полиэлектролитам [6, 7].

Экспериментальная часть

В работе использовали деионизованную воду, очищенную с помощью деионизатора воды ДВ-301, с начальной удельной электропроводностью $1.8 \cdot 10^{-4}$ См/м. Для электромагнитной обработки воды использовалась ячейка емкостного типа объемом 200 мл. В качестве источника ЭМП выступал генератор ГЗ – 19А с заданным напряжением на электродах - 22 В и выходной мощностью 1 Вт. Частота ЭМП в эксперименте 170-240 МГц, Время полевого воздействия на воду – 1-5 часов.

В качестве объекта иседования использована Na-КМЦ (марка 75/400) с содержанием карбоксиметильных групп 20.7%. Содержание карбоксиметильных групп определяли методом кондуктометрического титрования раствора Na-КМЦ в спирто-щелочном растворе соляной кислотой.

Растворы Na-КМЦ вместе с контрольными образцами готовили на следующий день после электромагнитной обработки воды. Колбы помещали в лабораторный встряхиватель. Перемешивание проводили в течение 3-х часов.

Кинематическую вязкость растворов определяли с помощью вискозиметра марки ВПЖ-2 (d = 1,31 мм) по времени истечения жидкости из капилляра. Температуру растворов Na-КМЦ поддерживали с помощью термостата ТЖ-ТБ-01. Измерение динамической вязкости растворов Na-КМЦ проводили при помощи ротационного вискозиметра Thermo VT-550. О результатах эксперимента судили по графикам зависимости динамической вязкости от скорости сдвига, построенных по данным, выданных программным обеспечением оборудования.

Обсуждение результатов

Изучена зависимость вязкости растворов полимера от концентрации. При увеличении концентрации Na-КМЦ в 5 раз $\eta_{отн}$ возрастала практически в 2 раза как для исследуемых, так и для контрольных образцов (таблица 1).

Таблица 1 - Относительная вязкость растворов Na-КМЦ различной концентрации, приготовленных на воде, подвергшейся электромагнитной обработке (f=170 МГц, T=298 K, $t_{обл}$=3ч)

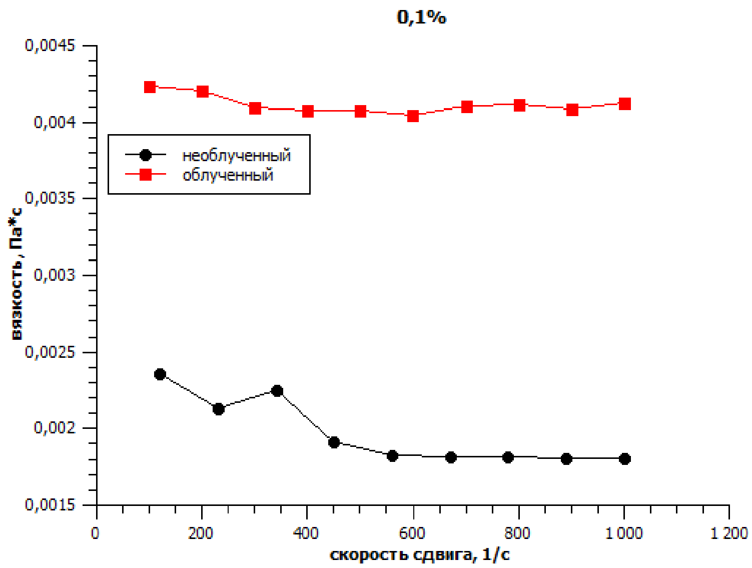
C, %	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\eta^{0}_{отн}$	1.37±0.04	1.76±0.02	2.19±0.03	2.36±0.06	2,51±0,10
$\eta^{f}_{отн}$	1.56±0.03	1.86±0.02	2.34±0.06	2.58±0.09	2,98±0,09

Результаты определения кинематической вязкости 0,1% растворов КМЦ сравнены с данными, полученными при помощи ротационного вискозиметра Thermo VT-550. Результатом измерения являлась зависимость динамической вязкости от скорости сдвига.

Для образца на облученной воде вязкость оказалась существенно выше контрольного и при увеличении скорости сдвига в 10 раз изменялась лишь на 2,6%, в то время как для контрольного образца – на 19%.

Наклон прямой в координатах напряжение сдвига – скорость сдвига, характеризующий среднее значение динамической вязкости, для исследуемого образца она также существенно выше. Из анализа зависимость напряжения сдвига 0,1% растворов Na-

КМЦ от скорости сдвига следует также отметить характер вязкого течения. Полученные зависимости отвечают реологической кривой ньютоновской жидкости, что характерно для разбавленных растворов высокомолекулярных соединений.



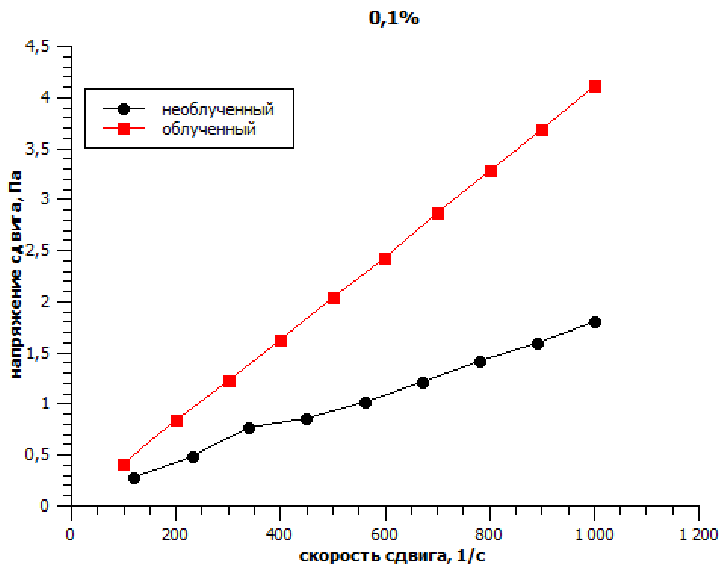


Рисунок 1 - Зависимость динамической вязкости 0,1% растворов Na-КМЦ от скорости сдвига;

Рисунок 2 - Зависимость напряжения сдвига 0,1% растворов Na-КМЦ от скорости сдвига

Поскольку проведенные ранее исследования с низкозамещенной КМЦ показали зависимость вязкости 0,2% растворов от частоты ЭМП поля, то аналогичные исследования были проведены для наших образцов. Установлено максимальное изменение вязкости для частот 170 и 240 МГц.

Таблица 2 - Зависимость вязкости 0.2% растворов Na-КМЦ от частоты ЭМП, использованной для обработки воды

f, МГц	0	170	180	200	240
$\eta^{f}_{отн}$	1.76±0.02	1.86±0.02	1.79±0.04	1.81±0.03	1.85±0.06
Δη,%	-	5.68	1.71	2.84	5.11

Также методом турбидиметрии изучены оптические свойства растворов полимера при различных длинах волн. Установлено, что мутность растворов, так же, как и вязкость, зависела от частоты поля, достигая максимальных значений при 170 и 240 МГц (таблица 3).

Таблица 3 - Зависимость мутности 0.2% растворов Na-КМЦ от частоты ЭМП, использованной для обработки

f, МГц	0	170	180	200	220	240
τ, $м^{-1}$	0.9	2.3	0.7	1.7	1.4	2.3

Это может быть обусловлено снижением растворимости Na-КМЦ и образованием агрегатов макромолекул полимера.

Полученные результаты позволяют предположить об усилении когезионных сил между молекулами воды, что приводит к ослаблению взаимодействия между водой и макромолекулами полимера, в том числе с его ионогенными группами. В результате ослабляются силы отталкивания между макромолекулами полимера, что способствует их ассоциации в реорганизованном растворителе.

Выводы

1. Установлено увеличение кинематической и динамической вязкости разбавленных растворов Na-КМЦ, приготовленных на воде, подвергшейся электромагнитной обработке.
2. Показано, что степень изменения вязкости раствора зависит от его концентрации и частоты электромагнитного поля. Растворы Na-КМЦ, приготовленные на воде, подвергшейся электромагнитной обработке характеризуются более высокой

вязкостью и мутностью, причем максимальный эффект достигается при облучения ЭМП частотами 170 и 240 МГц

3. Увеличение вязкости и мутности растворов полимеров является результатом изменения конформации макроионов полимера, что может указывать на изменение межмолекулярного взаимодействия в реорганизованном вследствие воздействия электромагнитного поля растворителе

Список литературы

1. Бессонова А.П. Влияние электромагнитного поля на кристаллизацию хлорида кобальта из водных растворов / И.Е. Стась, А.П. Бессонова // Матер. XI Всерос. науч.-практ. конф. «Химия и хим. технология в XXI веке». - Томск, - 2010. Т. 1. - с. 5-6.
2. Гердт А.П. Сравнение эффективности воздействия электромагнитного поля на поверхностные и объемные свойства растворов хлоридов щелочных металлов / И.Е. Стась, А.П. Гердт // Тез. докл. XI Международная конференция «Проблемы сольватации и комплексообразования в растворах». - Иваново, - 2011. - с.45-46.
3. Епанчинцева О.М. Структура воды / О.М. Епанчинцева // наука и современность. – 2016. - № 43. – с. 21-27
4. Классен В.И. Вода и магнит. / В.И. Классен. - М.: Наука, - 1973. - 112 с.
5. Классен В.И. Омагничивание водных систем. / В.И. Классен. - М.: Химия, - 1982. - 296 с.
6. Маркин В.И. Карбоксиметилирование растительного сырья / В.И. Маркин. – Барнаул. -2010. - 56с
7. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы./Н.И. Никитин. - М.; Л., - 1961.- 711 с.
8. Стехин А.А. Структурированная вода: Нелинейные эффекты / А.А. Стехин, Г.В. Яковлева. - М.: Изд-во ЛКИ, - 2008. - 320 с.

СЕКЦИЯ №48.
БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.12)

СЕКЦИЯ №49.
НЕФТЕХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.13)

СЕКЦИЯ №50.
РАДИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.14)

СЕКЦИЯ №51.
КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.15)

СЕКЦИЯ №52.
МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.16)

СЕКЦИЯ №53.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.17)

СЕКЦИЯ №54.
ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.21)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.00.00)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.00)

СЕКЦИЯ №55.
РАДИОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.01)

СЕКЦИЯ №56.
БИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.02)

СЕКЦИЯ №57.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.03)

СЕКЦИЯ №58.
БИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.04)

СЕКЦИЯ №59.
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.05)

СЕКЦИЯ №60.
БИОТЕХНОЛОГИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.06)

СЕКЦИЯ №61.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.07)

СЕКЦИЯ №62.
БИОИНЖЕНЕРИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.08)

СЕКЦИЯ №63.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.09)

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.00)

СЕКЦИЯ №64.
БОТАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.01)

СЕКЦИЯ № 64
БОТАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.01)

СЕКЦИЯ №65.
ВИРУСОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.02)

СЕКЦИЯ №66.
МИКРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.03)

СЕКЦИЯ №67.
ЗООЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.04)

СЕКЦИЯ №68.
ЭНТОМОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.05)

СЕКЦИЯ №69.
ИХТИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.06)

СЕКЦИЯ №70.
ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.07)

СЕКЦИЯ №71.
ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.08)

СЕКЦИЯ №72.
БИОГЕОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.09)

СЕКЦИЯ №73.
ГИДРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.10)

ПРЕСНОВОДНЫЕ ГУБКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ БИООЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Сачкова Ю.В.

ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара

В настоящее время описано около 200 видов пресноводных губок, из них наиболее многочисленными являются бадяги. Пропуская через тело огромное количество воды, губки способствуют ее очистке от механического и органического загрязнения. Губки лишены избирательности и захватывают как питательные, так и непитательные вещества. От несъедобных частиц губка постепенно освобождается, выводя их через оскулюмы и осаждая с помощью слизи. Весьма существенную роль играют губки в процессах самоочищения пресных водоемов от гниющих органических остатков, бактерий (в том числе и патогенных) и планктонных организмов. Также губка извлекает из воды различные растворенные в ней вещества, в том числе содержащие кремний и кальций, потребляемые в значительном количестве для построения скелета. Очищая миллионы тонн воды, губки способствуют улучшению санитарного состояния и оздоровлению водной среды.

В Самарском архитектурно-строительном университете (факультет инженерных систем и природоохранного строительства) разрабатывался проект с использованием пресноводных губок в качестве биофильтраторов на завершающем этапе доочистки бытовых сточных вод, в связи с чем нам было предложено провести данное исследование.

В природных водоемах происходит естественный процесс самоочищения воды, однако он протекает очень медленно. Биологический метод основан на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения пресных водоемов. Сооружениям биологической очистки отводится главенствующая роль в общем комплексе канализационной очистной станции. Биологический метод дает хорошие результаты при очистке коммунально-бытовых стоков. При этом сточные воды предварительно подвергают механической очистке, а в конце – хлорированию (для удаления болезнетворных бактерий) [4]. В качестве более безопасного метода доочистки воды на завершающем этапе предполагалось использование колоний разных пресноводных губок, являющихся весьма эффективными биофильтраторами.

Материалом для нашего исследования послужили образцы разных видов губок семейства Spongillidae, собранные нами в устье р. Самары в разные периоды вегетационного сезона в 2014-15 гг. Определение видовой принадлежности губок осуществлялось по общепринятой методике, описанной В.М. Колтуном и А.В. Ивановым [3,5]. Изготовленные микропрепараты исследовались под бинокулярным микроскопом МБС-9. Таким образом, нами были идентифицированы три вида губок: *Ephydatia mülleri* var. *acuminata, Spongilla lacustris* L. и *Spongilla fragilis* Lecidy [5].

После извлечения из водоема губки были пересажены в аквариумы с речной водой объемом 15 л, с разными субстратами и аквариумными растениями (*Vallicheria* sp., *Fontinalis* sp.), в которых мы организовали циклическое течение с помощью эрлифта. Для подкормки губок 2-3 раза в неделю в воду добавляли культуру одноклеточных водорослей *Chlorococcus* sp. Наиболее простым способом размножения губок в лабораторных условиях является бесполое размножение геммулами [2]. Образцы, собранные нами в середине октября содержали в тканях большое количество зимующих почек. Для эффективного прорастания геммул губку необходимо временно заморозить. При создании оптимальных условий содержания, среди которых наиболее значимыми оказались температура (+15-19°С) и плавная циркуляция воды, нами наблюдалось быстрое прорастание геммул (в течение 2-3 дней). Для отслеживания динамики роста раз в неделю подсчитывали проросшие колонии и фотографировали. Молодые колонии хорошо заметны, т.к. имеют ярко-зеленый цвет и округлую форму диаметром 1-1,5 мм. По мере роста и появления новых оскулумов, колонии начинают вытягиваться, становятся овальными, а затем пальцевидными. После повторного препарирования оказалось, что все молодые колонии принадлежат к одному виду *S. lacustris*: геммулы этого вида оказались наиболее устойчивыми и неприхотливыми для получения лабораторной культуры. Колонии *S. lacustris* развивались на отмерших телах старых губок, другие предложенные субстраты не заселяли. Вероятно, заселение новых субстратов осуществляется только личинками паренхимулами, образующимися в процессе полового размножения, но смоделировать в эксперименте подходящие для этого условия нам не удалось.

По-видимому, губки не заселяют первыми какой-либо субстрат, а являются последующими колонизаторами (второго или третьего порядка). В естественной среде мы наблюдали обрастание разными видами губок бетонных сооружений, деревянных свай, металлических конструкций и тканевых канатов, но в искусственно созданных условиях эти субстраты игнорировались. Вероятно, лишь после пребывания в водоеме в течение нескольких сезонов и освоения их другими формами жизни, эти поверхности становятся привлекательными для личинок губок.

Рост колоний протекает медленно: через месяц средний размер колонии составлял 0,8-1 $см^2$, через два – 1,5 $см^2$. На развитие колонии бадяги влияют многие факторы. Свет не является необходимым условием для их существования, но прозрачность воды может оказаться лимитирующим фактором. О влиянии концентрации водородных ионов и кислотности воды на губок очень мало данных. В природных водоемах бадяги встречаются как в жестких и щелочных, так и в мягких и кислых водах, богатых гуминовыми веществами [5].

На основании проведенных исследований, мы можем утверждать, что культивирование бадяги в искусственно созданных водоемах не эффективно, а использование пресноводных губок в качестве биофильтраторов в системах доочистки сточных бытовых вод мало перспективно по ряду причин.

Процесс биологической очистки осуществляет сложное сообщество микроорганизмов (бактерий, простейших, многоклеточных) в условиях аэробиоза. Бытовые органические поллютанты являются для многих из них непосредственным источником питания. Усложнение биоценоза сопровождается последовательным включением в него всё более совершенных видов вплоть до хищников: зооглеи, нитчатые бактерии, мелкие жгутиконосцы, раковинные амёбы, инфузории, коловратки, черви, водные клещи [4] и, возможно, губки. Изымая из воды загрязнения, микроорганизмы очищают от них сточную воду, но одновременно они вносят в неё новые вещества – продукты обмена, выделяемые во внешнюю среду.

Одной из отличительных черт губок является наличие у них облигатных видоспецифичных эндосимбионтных бактерий, как фотосинтезирующих, так и неавтотрофных. Считается, что одна из важнейших функций симбиотических бактерий – их участие в физиологии губок через рециклинг нерастворимых протеинов и вовлечение в структурные перестройки соединительных тканей губок. Многие бактерии, собранные в губках, синтезируют антимикробные соединения, что свидетельствует об участии их в защитных механизмах губки [5]. Проводимые ранее опыты по изучению воздействия губок на бактерии, показали, что вытяжки из клеточного вещества губок препятствуют росту многих видов микроорганизмов и бактерий, проявляя свойства антибиотиков [1]. Другие исследования показали, что мелкие протисты погибают при приближении к губкам и увлекаются током воды в поры и каналы, где перевариваются и усваиваются как пища. Установлено, что без аэрации и частой смены воды губки очень быстро погибают в аквариумах, но их гибель может вызываться не недостатком кислорода, а отравлением воды выделениями самой губки, которые могут оказаться токсичными для разных организмов [2]. Это может ограничивать поддержание сложного сообщества микроорганизмов в системах биоочистки. В естественных водоемах эта проблема решается за счет небольшого ламинарного течения, при котором губки успевают профильтровывать достаточный объем окружающей воды, а выделяющиеся со слизью продукты метаболизма удаляться от колонии и осаждаться на дне. В искусственных системах подача воды и воздуха создает активное турбулентное течение, способствующее забиванию пор и мешающее очистке поверхности колонии губок.

Наконец, пресноводные губки активны лишь небольшую часть сезона: на зиму материнские колонии отмирают, а сохранившиеся внутри их тела геммулы для успешного прорастания должны подвергнуться временной заморозке. Создать такие сезонно-циклические условия в постоянной очистной системе невозможно.

Использование губок в качестве биофильтра может быть ограничено и другими аспектами. Большинство губок имеет очень резкий и неприятный запах, связанный с выделением в окружающую среду метаболитов и накоплением в отдельных клетках значительного количества продуктов обмена, которые сами по себе являются ядом. Таким образом, мы не можем рекомендовать пресноводных губок для использования в качестве фильтраторов на завершающей стадии биоочистки сточных вод.

Список литературы

1. Анакина Р.П. Губки – биологические индикаторы и оздоравливающие составляющие пресноводных экологических систем // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера» http://biosphere21century.ru/articles/242 (дата обращения 25.09.2016).

2. Зыков В.П. Пресноводные губки, их содержание и размножение в аквариуме // Ихтиосфера http://www.ichthyo.ru/article/ (дата обращения 13.05.2015).

3. Иванов А.В. Эмбриональное развитие губок (Porifera) и положение их в системе животного мира // Журн. общ. биол. 1971. Т. 32. № 5. С. 557-572.

4. Методическое руководство по гидробиологическому и бактериологическому контролю процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками. ПНД ФСБ 14.1.77–96, Москва, 1996 г. С.15–17.

5. Резвой П.Д. Пресноводные губки (сем. Spongillidae и Lubomirskiidae) // Фауна СССР. Губки. М.-Л.: Издательство АН СССР, 1936, Т. 2. Вып. 2. — 125 с.

СЕКЦИЯ №74.
ПАРАЗИТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.11)

СЕКЦИЯ №75.
МИКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.12)

СЕКЦИЯ №76.
ПОЧВОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.13)

СЕКЦИЯ №77.
БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.14)

ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.00)

СЕКЦИЯ №78.
ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.01)

СЕКЦИЯ №79.
АНТРОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.02)

СЕКЦИЯ №80.
ИММУНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.03)

СЕКЦИЯ №81.
КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, ЦИТОЛОГИЯ, ГИСТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.04)

СЕКЦИЯ №82.
БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ, ЭМБРИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.05)
СЕКЦИЯ №83.
НЕЙРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.06)

ГЕОГРАФИЯ

СЕКЦИЯ №84.
ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.23)

СЕКЦИЯ №85.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.24)

СЕКЦИЯ №86.
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.25)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СЕКЦИЯ №87.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

ГЕОЛОГИЯ

СЕКЦИЯ №88.
РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

ЗНАЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОМЫШЛЕННО-ГРАЖДАНСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Константинов Ю.А.

ФГБОУ ВО «Майкопский Государственный Технологический Университет», г. Майкоп

«Роль геологии в жизни современного общества определяется её важностью как фундаментальной науки о строении Земли, закономерностях её формирования и эволюции, о геодинамических процессах, определяющих саму возможность существования человечества. Значение геологии возрастает в связи с необходимостью учёта катастрофических геологических последствий нерациональной хозяйственной деятельности, обостряющимися экологическими проблемами. Особая роль геологии и геологического образования в России связана с развитием минерально-сырьевой базы государства, как основ возрождения и подъёма отечественной экономики»(2).

В Майкопском государственном технологическом университете (МГТУ) на технологическом факультете подготавливаются инженеры промышленного и гражданского строительства, которые должны знать состав и технологию инженерно-геологических работ, проводимых при изысканиях, проектировании и строительстве сооружений, уметь читать геологические карты и геологические разрезы, применять в своей практической деятельности отчётные материалы результатов инженерно-геологических изысканий.

В помощь студентам технологического факультета МГТУ, изучающим геологию, подготавливаются методические указания по данной дисциплине, содержащие современные нормативные документы, методы и способы выполнения инженерно-геологических работ, а также вопросы и задачи для тестирования студентов.

Инженерная геология является одной из геологических дисциплин. Она разрабатывает широкий круг научных и практических проблем, решает многие задачи, возникающие при проектировании, строительстве зданий и сооружений и при проведении инженерных работ по улучшению территорий (осушение, борьба с оползнями, карстом и другими геологическими явлениями).

В настоящее время инженерная геология все более совершенствуется в своем развитии: используются геофизические методы разведки, аэрокосмические и другие методы, позволяющие улучшить и ускорить выполнение инженерно-геологических исследований. Любое инженерное сооружение должно быть возведено с наименьшими затратами рабочей силы, материалов я времени. Одновременно оно должно обладать высокой прочностью и устойчивостью. Иногда возводимые сооружения вызывают возникновение новых природных геологических процессов и изменение существующих. Чтобы обезопасить сооружение от деформации и разрушения в каждом конкретном случае следует определить возможность появления процессов, которые могут непредсказуемо проявиться впоследствии. При этом опасны и неблагоприятные геологические условия, а также недостаточное знание этих условий.

Правильная оценка инженерно-геологических условий может иметь решающее значение при выборе экономического решения, а также оказывает влияние на методы производства работ и сроки строительства сооружения.

«Согласно СНиП II – 7 – 81 «Строительство в сейсмических районах» с учётом изменения №5 территория г.Майкопа отнесена к населённому пункту с указанием следующей расчётной интенсивности в баллах шкалы МСК – 64 для средних грунтовых условий и трёх степеней сейсмической опасности : А 7 баллов (10%), В – 8 баллов (5%) и С – 9 баллов (1%). Степень сейсмической опасности А, В, С соответствует вероятности 10%, 5%, и 1% превышения сейсмической интенсивности 7,8, 9 баллов в каждом из пунктов в течение 50 лет. Интенсивность сейсмических воздействий для района (населённого пункта) нормами предусмотрена на трёх уровнях (карта А, карта В, карта С) в зависимости от категории ответственности объекта строительства. Классификация зданий и сооружений по ответственности установлена Рекомендациями Российской академии наук по применению карт общего сейсмического районирования территории РФ. Для определения категории ответственности конкретного здания и сооружения необходимо руководствоваться территориальным строительным нормативным документом. Развитие опасных геологических процессов природного и природно-техногенного характера усугубляет возможные разрушительные последствия землетрясений»(9).

Проведение инженерно-геологических изысканий при изучении районов строительства дает возможность при проектировании сооружений учесть все природные особенности места строительства и выбрать наиболее благоприятные участки.

Важность инженерно-геологических изысканий для строительства любого по величине и значимости сооружения, проектировщикам и строителям известно не понаслышке,- дороже становится дом, возведенный на недостаточно исследованном участке. Ведь под строением могут оказаться подземные воды, линзы просадочных грунтов(108 квартирный жилой дом в квартале 252, здание Армянской церкви в квартале 614[а] г.Майкопа. В результате – неравномерная осадка, стены, трещины в стенах, сырость и плесень в подвалах и прочее, что приносит определенные сложности при эксплуатации зданий. Вода способствует растворяемости различных химических соединений, в том числе и агрессивных, что приводит к неблагоприятному воздействию на цементный раствор, каменную кладку, бетон. И хотя процесс разрушения фундамента незаметен, его последствия ощутимо сказываются на здании: нарушается целостность несущих конструкций, плесень и грибок проникают через подвал на верхние этажи и “заражают” в конце концов весь дом. Наличие материалов инженерно-геологических и инженерно-геодезических изысканий на площадке проектируемого дома позволяет избежать многих ошибок проектирования, строительства наружных коммуникаций: правильно расположить все строения на отведенном участке, вспомогательные помещения внутри коттеджа, которые требуют подачи воды и отвода хозфекальных стоков, организовать отвод поверхностных вод на участке с учетом рельефа местности.

При обустройстве автономного источника водоснабжения (колодец или скважина) и локальных очистных сооружений (септик) без инженерно-геодезических и гидрогеологических изысканий просто нельзя обойтись. Изыскания проводят для определения несущих характеристик грунтов, состава и уровня грунтовых вод.

При исследовании грунта учитываются следующие основные показатели:

- пучинистость, то есть сила, с которой грунт при воздействии отрицательных температур будет выталкивать из себя фундамент, трубы и заглубленные очистные сооружения. На основе полученных данных прогнозируют допустимую деформацию инженерных сооружений и, соответственно, выбирают материалы, способы строительства и обустройства систем;

- водонасыщенность, то есть уровень грунтовых вод. Знание этого показателя помогает, во-первых, определить глубину будущего колодца или частной скважины и, во-вторых, позволяет прогнозировать устойчивость строения и проложенных коммуникаций;

- агрессивность высокостоящих грунтовых вод: в случае высокой концентрации некоторых химических соединений приходится использовать специальные марки бетона для специальной защиты фундаментов и коммуникаций.

Нельзя строить или реконструировать здание или сооружение, не зная точно геологического строения участка (на каких грунтах будет монтироваться фундамент, физико-механических характеристик и несущей способности грунтов под нагрузкой, их коррозионной активности, режима подземных вод и т.д. и т.п.), а следовательно - какую выбрать конструкцию и глубину заложения фундамента. Одни и те же грунты ведут себя по разному в результате обводнения или промерзания, серьезно меняют свои прочностные характеристики в результате разрушения их природной структуры и влажности.

Недостаточное изучение инженерно-геологических условий, а иногда игнорирование их при проектировании и строительстве нередко приводят к еще более грозным последствиям — авариям и разрушению сооружений. В процессе геологических работ (или исследований) изучают инженерно-геологические условия некоторой территории.

«Не меньшее значение имеет осуществление геологического просвещения всего населения страны – в средней школе,в гуманитарных, естесвеннонаучных и технических вузах. Изучение геологии как фундаментальной естественнонаучной дисциплины необходимо для повышения образовательного и мировоззренческого уровня личности и общества в целом, а распространение конкретных геологических знаний может существенно уменьшить экологический риск за счёт принятия необдуманных технологических решений»(2).

Особую обеспокоенность вызывают инженерно-геологические условия в восточной части г. Майкопа. На данной территории интенсивно осуществляется малоэтажное и коттеджное строительство. Большой удельный вес в общей стоимости строительства малоэтажных зданий составляют затраты на устройство фундаментов.

Нагрузки на1 пог.м ленточных фундаментов в одно-, двухэтажных зданиях в основном составляют 40…..120кН и только в отдельных случаях-150…..180 кН.

Наибольшие нагрузки на фундаменты обуславливают повышенную чувствительность к силам морозного пучения.

Значительную территорию восточной части г. Майкопа занимают пучинистые грунты. К ним относятся глины, суглинки, супеси, пески пылеватые и мелкие. При определённой влажности эти грунты, промерзая в зимний период, увеличиваются в объёме, что приводит к подъёму слоёв грунта в диапазоне глубины его промерзания. Фундаменты, находящиеся в таких грунтах подвергаются выпучиванию, если действующие на них нагрузки не уравновешивают силы пучения. Поскольку деформации пучения грунтов неравномерны, происходит неравномерный подъём фундаментов, который со временем накапливается, в результате чего конструкции зданий подвергаются недопустимым деформациям и разрушаются.

Заложение фундаментов зданий на глубину промерзания не обеспечивает устойчивость лёгких зданий и сооружений, т.к. такие фундаменты имеют значительную боковую поверхность, по которой действуют большие по значению касательные силы пучения, и, следовательно, применяемые материалоёмкие и дорогостоящие фундаменты не обеспечивают надёжность зданий, построенных на пучинистых грунтах.

Одним из путей решения проблемы строительства малоэтажных зданий на пучинистых грунтах является применение мелкозаглублённых фундаментов, закладываемых в сезоннопромерзающием слое грунта

В соответствии с СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» глубину заложения фундаментов допускается назначать независимо от расчётной глубины промерзания, если «специальными исследованиями расчётами установлено, что деформации грунтов основания при их промерзании и оттаивании не нарушают эксплуатационную пригодность сооружения»(4).

Основной принцип конструирования мелкозаглублённых фундаментов зданий и сооружений с несущими стенами на пучинистых грунтах заключается в том, что ленточные фундаменты всех стен здания объединяются в единую систему и образуют достаточно жёсткую горизонтальную раму, перераспределяющую неравномерные деформации фундаментных балок, которые жёстко соединяются между собой на опорах.

Применение мелкозаглублённых фундаментов базируется на принципиально новом подходе к их проектированию, в основу которого положен расчёт оснований по деформациям пучения. При расчёте оснований по деформациям пучения учитываются пучинистые свойства грунта, передаваемое на него давление, жёсткость фундамента и надфундаментных конструкций на изгиб.

Одной из мер по уменьшению или полной ликвидации пучинистых свойств грунта является повышение его плотности и создание глинистого водозащитного экрана, который существенно уменьшит подсос воды в зону промерзания из низлежащих слоёв грунта и проникновение поверхностных вод в зону контакта фундамента с грунтом. Это достигается, если при устройстве фундаментов применять способы вытрамбовывания и выштамповывания, сочетающие в себе устройство полости под будущий фундамент и уплотнение грунтового ядра. Тем самым повышаются механические характеристики грунта, что является предпосылкой для увеличения несущей способности грунтов. Вместе с тем уплотнение грунта снижает его пучинистые свойства, т.е. уменьшается интенсивность и силы пучения. Строительство зданий и сооружений на мелкозаглублённых фундаментах со стенами из различных материалов – кирпича, блоков, панелей позволяет сократить расход бетона на 50-80 %, а трудозатраты – на 40-70%.

Следует обратить внимание на то, что в течение длительного времени органы архитектуры и градостроительства г.Майкопа, выдавая индивидуальным застройщикам проекты строительства домов указывали в рекомендациях: «грунты принять галечниковые», что не соответствовало действительности. В результате застройщик несёт неоправданные затраты на последующее устройство дорогостоящих фундаментов, а в некоторых зданиях образовались трещины.

Список литературы

1. ГОСТ 17.5.3.06-85 Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ

2. «Концепция геологического образования в России. Материалы совместного заседания коллегий Министерства образования Российской Федерации и Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 19 мая 1999 года».

3. СП 14.13330.2011 СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах

4. СП 22.13330.2011 СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений

5. СП 24.13330.2011 СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты

6. СП 116.13330.2012 "СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения".

7. Строительство в сейсмических районах Краснодарского края СНКК 22-301-2000* (ТСН 22-302-2000* Краснодарского края и Республики Адыгея).

8. Черноусов С.И. Основы инженерной геологии для транспортных строителей. Новосибирск. Изд-во СГУПСа. 2007.212 с.

9.Генеральный план МО «Город Майкоп». Разработан ПИ «Волгоградгражданпроект». 2009 год.

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2016 ГОД

Январь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы естественных и математических наук в современных условиях развития страны», г. Санкт-Петербург**

Прием статей для публикации: до 1 января 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2016г.

Февраль 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом», г. Новосибирск**

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2016г.

Март 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы современных математических и естественных наук», г. Екатеринбург**

Прием статей для публикации: до 1 марта 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2016г.

Апрель 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках», г. Самара**

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2016г.

Май 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы и перспективы развития математических и естественных наук», г. Омск**

Прием статей для публикации: до 1 мая 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2016г.

Июнь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Современные проблемы математических и естественных наук в мире», г. Казань**

Прием статей для публикации: до 1 июня 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2016г.

Июль 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«О вопросах и проблемах современных математических и естественных наук», г. Челябинск**

Прием статей для публикации: до 1 июля 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2016г.

Август 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Информационные технологии естественных и математических наук», г. Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2016г.

Сентябрь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки в современном мире», г. Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2016г.

Октябрь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Основные проблемы естественных и математических наук», г. Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2016г.

Ноябрь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития», г. Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2016г.

Декабрь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития современных математических и естественных наук», г. Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2017г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Естественные и математические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE

Основные проблемы естественных и математических наук

Выпуск III

Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 октября 2016г.)

г. Волгоград

2016 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 10.10.2016.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 7,3.
Тираж 250 экз. Заказ № 107.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58