

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АРМЕНИИ
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE OF ARMENIA

ISSN 0321-1339

ՉԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
REPORTS

2013

Երևան

Երևան

Yerevan

Հիմնադրվել է 1944 թ.: Լույս է տեսնում տարին 4 անգամ

Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Վ. Ս. ԶԱԽԱՐՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ ակադեմիկոս Է. Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ. Ե. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ. Ա. ԲՐՈՒՏՅԱՆ, ակադեմիկոս Ա. Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Ս. Ա. ՀԱՍԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս Է. Մ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Լ. Ռ. ՄԱՆՎԵԼՅԱՆ (գլխ. խմբագրի տեղակալ), ակադեմիկոս Ռ. Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, ակադեմիկոս Յու. Հ. ՇՈՒԹՈՒՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Դ. Մ. ՍԵՂՈՒԿՅԱՆ, Գ.Ա.ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ (պատ. քարտուղար)

Главный редактор академик В. С. ЗАХАРЯН

Редакционная коллегия: академик С. А. АМБАРЦУМЯН, академик Э. Г. АФРИКЯН, академик Г. Е. БАГДАСАРЯН, академик Г. А. БРУТЯН, академик Э. М. КАЗАРЯН, чл.-кор. НАН РА Л. Р. МАНВЕЛЯН (зам. главного редактора), академик Р. М. МАРТИРОСЯН, академик Д. М. СЕДРАКЯН, академик А. А. ТАЛАЛЯН, академик Ю. Г. ШУКУРЯН, Г. А. АБРАМЯН (отв. секретарь)

Editor-in-chief academician V. S. ZAKARYAN

Editorial Board: academician S. A. AMBARTSUMIAN, academician E. G. AFRIKIAN, academician G. E. BAGDASARIAN, academician G. A. BRUTIAN, academician E. M. KAZARYAN, corresponding member of NAS RA L. R. MANVELYAN (associate editor), academician R. M. MARTIROSYAN, academician D. M. SEDRAKIAN, academician Yu. H. SHOUKOURIAN, academician A. A. TALALIAN, G. A. ABRAHAMYAN (executive secretary)

Խմբագրության հասցեն՝ 0019, Երևան 19, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24գ

Адрес редакции: 0019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

Communication links: address — 24g Marshal Bagramian Ave., Yerevan, 0019, Armenia

Phone: (37410)56-80-67 *URL:* <http://elib.sci.am> *e-mail:* rnas@sci.am

©НАН РА. Президиум. 2013

©Издательство “Гитумюн”
НАН РА. 2013

ԲՈՎԱՆՂԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Գ. Գ. Գևորգյան, Կ. Ա. Քեոյան – R^1 -ի վրա Ֆրանկլինի ընդհանուր համակարգի մասին	331
Ի. Վ. Հովհաննիսյան – $N_\alpha(-1 < \alpha < 0)$ դասերի մի ներկայացման մասին	337

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ս. Մ. Վարդանյան – Երկտարր բազմությունների դասում n -ճանաչող միևիմալ համակարգերի բոլոր հնարավոր կառուցվածքների մասին	343
---	-----

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

Հ. Վ. Ստգատրյան, Վ. Գ. Սահակյան, Յու. Հ. Շուքուրյան – Հայաստանում գիտության օնթաղակառուցվածքների վերջին զարգացումները	352
---	-----

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Լ. Ա. Մովսիսյան – Պիեզոէլեկտրիկից գլանային պանելի ոչ գծային տատանումների մասին	359
Ս. Վ. Բելուբեկյան, Վ. Գ. Գարակով – Ուղիղ ընկնող սահքի էլեկտրամագնիսաառածգական ալիքի անդրադարձումը երկու պիեզոէլեկտրիկ միջավայրերը բաժանող հարթ եզրից	364
Ս. Ա. Համբարձումյան – Տարամոդուլ նյութից պատրաստված անմոմենտ թաղանթների միկրոպոլյար տեսություն	369

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

Հ. Խ. Ավագյան, Ն. Խ. Ալչուջյան, Ն. Հ. Մովսեսյան, Ա.Ա. Աղաբաբովա – Լ-արգինինի նյութափոխանակության պատկերը մկների գլխուղեղում էրլիխի ասցիտային կարցինոմայի ժամանակ և հակաուռուցքային բուժմանազդեցությունը <i>Escherichia coli</i> -ի ոչ ախտածին շտամների օգտագործմամբ. ազոտի օքսիդի սինթազ: Հաղորդում 2	378
Ս. Ս. Հովակիմյան, Հ. Մ. Ամիրխանյան, Կ. Գ. Ղարազյուզյան, Է. Հ. Չուխաջյան – Նոր սինթեզված միացությունների ազդեցությունն արյան մակարդեղիության մի քանի պարամետրերի վրա	386
Ի. Ա. Բադալյան, Ա. Ս. Դիրբարյան, ակադեմիկոս Ս. Ա. Դավթյան – Առնետների գլխուղեղի սպիտակուցների ամիդացումը հիպօքսիայի պայմաններում	391

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ս. Է. Շիրինյան – Բարոոնցեպտոր ռեֆլեքսի մեխանիզմի ֆունկցիոնալ պարամետրերի ազդեցությունը զարկերակային բարոռեֆլեքսի համակարգում հավասարակշռության կարգավորման մաթեմատիկական մոդելի բնութագրերի վրա	396
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- Г. Г. Геворкян, К. А. Керян* – Об общей системе Франклина на R^1 331
- И. В. Оганисян* – Об одном представлении классов $N_\alpha (-1 < \alpha < 0)$ 337

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

- С. М. Варданян* – О любых возможных структурах минимальных n -распознающих систем в классе двухэлементных подмножеств относительно операций пересечения и дополнения 343

ИНФОРМАТИКА

- Г. В. Асцатрян, В. Г. Саакян, Ю. Г. Шукурян* – Развитие е-инфраструктуры науки в Армении за последние годы 352

МЕХАНИКА

- Л. А. Мовсисян* – К нелинейным колебаниям цилиндрической панели из пьезоэлектрика 359
- М. В. Белубекян, В. Г. Гараков* – Отражение нормально падающей сдвиговой электроупругой волны от плоской границы раздела двух пьезоактивных сред 364
- С. А. Амбарцумян* – Мембранная микрополярная теория оболочек, изготовленных из разномодульного материала 369

БИОХИМИЯ

- О. Х. Авагян, Н. Х. Алчуджян, Н. О. Мовсисян, А. А. Агабабова* – Метаболический профиль L-аргинина в головном мозге мышей при асцитной карциноме Эрлиха и влияние противоопухолевой терапии авирулентными штаммами *Escherichia coli*: синтаза оксида азота. Сообщение 2 378
- С. С. Овакимян, О. М. Амирханян, К. Г. Карагезян, Э. О. Чухаджян* – Влияние вновь синтезированных соединений на некоторые параметры системы свертывания крови 386
- И. А. Бадалян, А. С. Дилбарян, М. А. Давтян* – Амидированность белков головного мозга крыс при гипоксии 391

ФИЗИОЛОГИЯ

- М. Э. Ширинян* – Влияние функциональных параметров механизма барорефлекса на характеристики математической модели регуляции равновесия в системе артериальной барорецепции 396

C O N T E N T S

MATHEMATICS

- G. G. Gevorgyan, K. A. Keryan* – On a General Franklin Systems on R^1 331
- I. V. Hovhannisyan* – On a Representation of Classes N_α ($-1 < \alpha < 0$) 337

APPLIED MATHEMATICS

- S. M. Vardanyan* – On All Possible Structures of Minimal n -Recognizing Systems in the Class of Two-Element Subsets Concerning the Operations of Intersection and Complement 343

INFORMATICS

- H. V. Astsatryan, V. G. Sahakyan, Yu. H. Shoukourian* – Recent Developments of e-Science Infrastructures in Armenia 352

MECHANICS

- L. A. Movsisyan* – About Nonlinear Vibrations of Piezoelectric Cylindrical Panel 359
- M. V. Belubekyan, V. G. Garakov* – Reflection of the Normal Falling Shear Electroelastic Wave from the Plane Boundary of the Two Piezoactive Media 364
- S. A. Ambartsumian* – Membrane Micropolar Theory of Shells Made of Different Modulus Material 369

BIOCHEMISTRY

- H. Kh. Avagyan, N. Kh. Alchujyan, N. H. Movsesyan, A. A. Aghababova* – L-arginine Metabolic Profile in the Mice Brain at Ehrlich Ascites Carcinoma and Effects of Anticancer Therapy with Avirulent Strains of *Escherichia coli*: Nitric Oxide Synthase Report 2 378
- S. S. Hovakimyan, H. M. Amirkhanyan, K.G. Karageuzyan, E.H. Chukhajyan* – Effect of Newly Synthesized Compounds on Some Parameters of the Coagulation System 386
- I. A. Badalyan, A. S. Dilbaryan, M. A. Davtyan* – Amidation of Rat Brain Proteins During Hypoxia 391

PHYSIOLOGY

- M. E. Shirinyan* – The Influence of the Functional Parameters of Arterial Baroreflex Mechanism on the Characteristics of the Mathematical Model of Equilibrium Regulation in the Arterial Baroreceptor System 396

Академик Г. Г. Геворкян, К. А. Керян

Об общей системе Франклина на R^1

(Представлено 15/III 2013)

Ключевые слова: *общая система Франклина, безусловная базисность, сходимость.*

В 1928 г. Франклин [1] построил первый пример полного ортонормированного базиса в $C[0,1]$, состоящего из кусочно-линейных непрерывных функций. Эту систему в математической литературе называют системой Франклина. Ее систематическое изучение начато Чисельским [2, 3]. Далее эта система оказалась очень полезной при решении разных задач. В частности, Чисельский [4] построил базис в $C^{(1)}(I^2)$. С применением системы Франклина С. В. Бочкарев [5] построил первый пример базиса в пространстве функций, аналитических в единичном круге $D = \{z : |z| < 1\}$ и непрерывных до границы, тем самым решив проблему, сформулированную Банахом. В 1982 г. Войташчик [6] доказал, что классическая система Франклина является безусловным базисом в действительном пространстве Харди $H^1[0,1]$. До этого в 1980 г. [7] было доказано лишь существование безусловного базиса в $H^1[0,1]$.

Стромберг [8] построил аналог системы Франклина на действительной оси R следующим образом. Пусть $R_0 = \{n : n \in N\} \cup \{0\} \cup \{-n/2 : n \in N\}$, $R_{1/2} = R_0 \cup \{1/2\}$, где N – множество натуральных чисел. Через S_0 и $S_{1/2}$ обозначим множества непрерывных и кусочно-линейных функций из $L_2(R)$, соответственно, с узлами из R_0 и $R_{1/2}$. Существует единственная функция $f \in S_{1/2}$ со свойствами: f ортогональна S_0 , $\|f\|_2 = 1$ и $f(1/2) > 0$. Далее полагается $f_{jk}(x) = 2^{j/2} f(2^j x - k)$, $j, k \in Z$, где Z – множество целых чисел. Стромберг [8] доказал, что система $\{f_{jk}(x)\}_{j,k \in Z}$ является полной ортонормированной системой в $L_2(R)$, а также безусловным базисом в $L_p(R)$, $1 < p < \infty$. Эта система не может быть базисом в $L_1(R)$, так как $\int_R f(t) dt = 0$.

В настоящей работе с применением метода построения общей системы Франклина строится полная ортонормированная система из непрерывных

и кусочно-линейных функций. Без доказательства приводятся некоторые свойства этой системы. Оказывается, что она является базисом в $L_1(R)$, безусловным базисом в $L_p(R)$, $1 < p < \infty$ и обладает некоторыми базисными свойствами в $C(R)$. Но сначала приведем определение общей системы Франклина.

Последовательность (разбиение) $T = \{t_n : n \geq 0\}$ называется допустимой, если $t_0 = 0$, $t_1 = 1$, $t_n \in (0;1)$, $n \geq 2$, T всюду плотно в $[0;1]$ и каждая точка $t \in (0;1)$ встречается в T не более чем два раза.

Для допустимой последовательности $T = \{t_n : n \geq 0\}$ и $n \geq 2$ обозначим $T_n = \{t_i : 0 \leq i \leq n\}$. Пусть π_n получается из T_n неубывающей перестановкой: $\pi_n = \{\tau_i^n : \tau_i^n \leq \tau_{i+1}^n, 0 \leq i \leq n-1\}$, $\pi_n = T_n$. Через S_n обозначим пространство функций, определенных на $[0;1]$, которые непрерывны слева, линейны на $(\tau_i^n; \tau_{i+1}^n)$ и непрерывны в τ_i^n , если $\tau_{i-1}^n < \tau_i^n < \tau_{i+1}^n$. Поскольку $\dim S_n = n+1$ и $S_{n-1} \subset S_n$, то существует (с точностью до знака) единственная функция $f \in S_n$, которая ортогональна S_{n-1} и $\|f\|_2 = 1$. Эту функцию называют n -й функцией Франклина, соответствующей разбиению T . Известно, что $f(t_n) \neq 0$. Поэтому полагают $f(t_n) > 0$.

Общая система Франклина $\{f_n(x) : n \geq 0\}$, соответствующая разбиению T , определяется по правилу $f_0(x) = 1$, $f_1(x) = \sqrt{3}(2x-1)$ и для $n \geq 2$ функция $f_n(x)$ – это n -я функция Франклина, соответствующая разбиению T .

Если последовательность T диадическая, т.е. $t_n = \frac{2m-1}{2^{k+1}}$, где $n = 2^k + m$, $1 \leq m \leq 2^k$, $k = 0, 1, 2, \dots$, то соответствующая ей система – классическая система Франклина, введенная в работе [1].

Исследование общей системы Франклина было начато в работе [9], где доказано, что если ряд $\sum_{n=0}^{\infty} a_n f_n(x)$ является рядом Фурье интегрируемой функции f , то

$$|S_n(x)| \leq C \cdot M(f, x),$$

где $S_n(x) = \sum_{k=0}^n a_k f_k(x)$ – частичная сумма ряда Фурье–Франклина, а $M(f, x)$ – максимальная функция Харди – Литлвуда функции f .

Оказалось, что многими важными свойствами классической системы Франклина обладает также общая система Франклина. В частности, Г. Геворкяном и А. Камонт [10] доказано, что общая система Франклина является безусловным базисом в пространствах $L^p[0,1]$, $1 < p < +\infty$. До этого в работах [11, 12] была доказана безусловная базисность общей системы Франклина при некоторых дополнительных условиях на регулярность и структуру разбиения отрезка $[0,1]$, порождающую общую систему Франклина. Безусловная базисность классической системы Франклина доказана С.В. Бочкаревым [13].

В работах [10,11,14,15] исследованы другие свойства системы Франклина. При этом найдены необходимые или достаточные условия на последовательность T для сохранения того или иного свойства классической системы Франклина для общей системы Франклина.

Теперь введем понятие общей системы Франклина на R .

Определение 1. Последовательность (разбиение) $T = \{t_n : n \geq 0\}$ называется допустимой на R , если T всюду плотно в R и $t_i \neq t_j$, когда $i \neq j$.

Пусть $T = \{t_n : n \geq 0\}$ – допустимая последовательность на R . Для $n \geq 2$ обозначим $T_n = \{t_i : 0 \leq i \leq n\}$. Допустим, что π_n получается из T_n неубывающей перестановкой: $\pi_n = \{\tau_i^n : \tau_i^n \leq \tau_{i+1}^n, 0 \leq i \leq n-1\}$, $\pi_n = T_n$. Тогда через S_n обозначим пространство непрерывных на R функций f с носителем в $[\tau_0^n; \tau_n^n]$ и линейных на каждом отрезке $[\tau_i^n; \tau_{i+1}^n]$, $i = 0, 1, \dots, n-1$. Очевидно, что $\dim S_n = n-1$ и $S_n \subset S_{n+1}$. Поэтому для $n > 2$ существует (с точностью до знака) единственная функция $f \in S_n$, которая ортогональна S_{n-1} и $\|f\|_2 = 1$. Эту функцию назовем n -й функцией Франклина на R^1 , соответствующей разбиению T .

Определение 2. Общая система Франклина на R^1 $\{f_n(x) : n \geq 2\}$, соответствующая разбиению T , определяется по правилу: $f_2(x)$ это нормированный в $L_2(R)$ В-сплайн, соответствующий точкам t_0, t_1, t_2 , и для $n \geq 3$ функция $f_n(x)$ является n -й функцией Франклина, соответствующей разбиению T .

Из всюду плотности на R последовательности T следует, что $\bigcup_{n \geq 2} S_n$ всюду плотно в $L_p(R)$, $1 \leq p < \infty$. Поэтому система $\{f_n(x)\}_{n=2}^\infty$ полна в $L_p(R)$, $1 \leq p < \infty$. Для ядра Дирихле

$$K_n(x, t) = \sum_{k=2}^n f_k(t) f_k(x)$$

имеют место следующие оценки:

$$\int_R |K_n(x, t)| dt \leq C$$

для некоторой постоянной $C > 0$ и

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_{|x-t| > \delta} |K_n(x, t)| dt = 0,$$

для любых фиксированных $\delta > 0$, и $X \in R$.

Применяя эти оценки, нетрудно вывести следующие теоремы.

Теорема 1. Для любой функции $f \in C(R)$ с компактным носителем частичные суммы $S_n(f, x)$ ряда Фурье по системе $\{f_n(x)\}_{n=2}^\infty$ равномерно сходятся к $f(x)$ на R .

Теорема 2. Пусть $T = \{t_n : n \geq 0\}$ допустимая последовательность на R , тогда соответствующая ей система $\{f_n(x)\}_{n=2}^\infty$ является базисом в $L_p(R)$ для $1 \leq p < \infty$.

Еще раз отметим, что система Стромберга $\{f_{jk}(x)\}_{j,k \in Z}$ не является базисом в $L_1(R)$, поскольку $\int_R f_{jk}(x) dx = 0$, $j, k \in Z$.

Неизвестно, существует ли одноиндексная нумерация системы $\{f_{jk}(x)\}_{j,k \in Z}$, при которой частичные суммы ряда Фурье–Стромберга непрерывной функции с компактным носителем локально равномерно сходятся.

Пусть $\varphi(x)$ четная, возрастающая на $[0, \infty)$ функция. Обозначим $C_\varphi(R) = \{f \in C(R) : |f(x)| \leq c\varphi(x) \text{ для некоторого } c > 0 \text{ и } \forall x \in R\}$.

Последовательность построим следующим образом. Положим $t_0 = 0$, $t_1 = -1$, $t_2 = 1$. На втором шаге добавим точки $t_3 = -2$, $t_4 = -\frac{1}{2}$, $t_5 = \frac{1}{2}$, $t_6 = 2$. На n -м шаге $t_{2^n-1} = -n$, а потом последовательно слева направо добавим средние точки интервалов, полученные точками, определенными до n -го шага, и положим $t_{2^{n+1}-2} = n$. Так, продолжая до бесконечности, получим последовательность T , которая будет всюду плотной на R . Пусть $\{f_n(x)\}_{n=2}^\infty$ – система Франклина, соответствующая построенной последовательности T . Тогда имеют место следующие теоремы.

Теорема 3. Пусть

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \varphi(n)}{2^n} = 0.$$

Тогда для любой функции $f \in C_\varphi(R)$ частичные суммы $S_n(f, x)$ ряда Фурье–Франклина функции f локально равномерно сходятся к $f(x)$.

Теорема 4. Если

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \varphi(n)}{2^n} > 0,$$

то существует функция $f \in C_\varphi(R)$, для которой $S_n(f, x)$ не сходятся к $f(x)$ в некоторых точках.

Рассмотрим последовательность T , построенную тем же алгоритмом, что и ранее, с той разницей, что на n -м шаге добавлены точки $t_{2^n-1} = -\tau_n$, $t_{2^{n+1}-2} = \tau_n$, где последовательность $\tau_n \uparrow \infty$. Тогда для системы Франклина, соответствующей этой последовательности, имеет место следующая

Теорема 5. Для любой функции $f \in C_\varphi(R)$ частичные суммы соответствующего ряда Фурье будут сходить к $f(x)$, если

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(\tau_n - \tau_{n-1})\varphi(\tau_n)}{2^n} = 0.$$

Методами работы [16] можно доказать следующую теорему.

Теорема 6. Для каждой допустимой последовательности на R соответствующая ей система Франклина на R^1 является безусловным базисом в $L_p(R)$, $1 < p < \infty$.

Отметим, что для этой системы определен ряд Фурье для каждой локально интегрируемой функции, чего нельзя сказать о системе Стромберга. Но эта система не является базисом в $H_1(R)$, так как интегралы функций этой системы не равны 0.

Ереванский государственный университет

Академик Г. Г. Геворкян, К. А. Керян

Об общей системе Франклина на R^1

Приведены некоторые свойства базисности и безусловной базисности общей системы Франклина в пространствах $L_p(R)$, $1 \leq p < \infty$, и $C(R)$.

Ակադեմիկոս Գ. Գ. Գևորգյան, Կ. Ա. Կերյան

R^1 -ի վրա Ֆրանկլինի ընդհանուր համակարգի մասին

Ներկայացված են Ֆրանկլինի ընդհանուր համակարգի բազիսության և ոչ պայմանական բազիսության որոշ հատկություններ $L_p(R)$, $1 \leq p < \infty$ և $C(R)$ տարածություններում:

Academician G. G. Gevorgyan, K. A. Keryan

On a General Franklin Systems on R^1

Some properties of basisness and unconditional basisness are given for a general Franklin systems in $L_p(R)$, $1 \leq p < \infty$, and $C(R)$ spaces.

Литература

1. *Franklin Ph.* – Math. Ann. 1928. V. 100. P. 522–528.
2. *Ciesielski Z.* – Studia Math. 1963. V. 23. P. 141–157.
3. *Ciesielski Z.* – Studia Math. 1966. V. 27. P. 289–323.
4. *Ciesielski Z.* – Studia Math. 1969. V. 33. P. 243–247.
5. *Бочкарев С. В.* – Мат. сборник. 1974. Т. 95. N 1. С. 3–18.
6. *Wojtaszczyk P.* – Ark. Mat. 1982. V. 20. P. 293–300.
7. *Maurey B.* – Acta Math. 1980. V. 145. P. 79–120.
8. *Stromberg J.* – In: Conference on harmonic analysis in honor of Antoni Zygmund, Wadsworth Math. Wadsworth, Belmont, CA. 1983. P. 475–494.
9. *Ciesielski Z., Kamont A.* – Funct. Approx. Comment. Math. 1997. V. 25. P. 129–143.
10. *Gevorkyan G. G., Kamont A.* – Studia Math. 2004. V. 164. P. 161–204.

11. *Gevorkyan G. G., Kamont A.* – Dissertationes Mathematicae (Rozprawy Matematyczne). 1998. V. 374. P. 1–59.
12. *Gevorkyan G. G., Sahakian A. A.* - Izv. Nats. Akad. Nauk Armenii. Mat. V. 35. N 4. 2000. P. 7–25 (in Russian); english translation: J. Contemp. Math. Anal. V. 35. 2000. N 4. P 2–22.
13. *Bochkarev S.V.* - Anal. Math. 1975. N 1. P. 249–257.
14. *Gevorkyan G. G., Kamont A.* - Studia Math. 2005. V. 167. P. 259 – 292.
15. *Геворкян Г.Г., Камонт А.* - Доклады НАН Армении. 2006. Т. 106. N 2. С. 108-114.
16. *Gevorkyan G. G., Kamont A.* - Studia Math. 2004. V. 64. P. 161 – 204.

И. В. Оганисян

Об одном представлении классов $N_{\alpha} (-1 < \alpha < 0)$

(Представлено академиком В. С. Захаряном 28/VI 2013)

Ключевые слова: классы М. М. Джрбашяна, произведение Бляшке, коэффициенты Тейлора.

Классы мероморфных в единичном круге функций $N_{\alpha} (-1 < \alpha < \infty)$ М. М. Джрбашяна совпадают с множеством функций $F(z)$, которые допускают представление вида [1,2]

$$F(z) = c \cdot z^{\lambda} \frac{B_{\alpha}(z; a_{\mu})}{B_{\alpha}(z; b_{\nu})} \exp \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} S_{\alpha}(e^{-i\theta} z) d\Psi(\theta) \right\}, \quad (1)$$

где c – постоянная, λ – целое число, функция $S_{\alpha}(z)$ имеет вид

$$S_{\alpha}(z) = \Gamma(1+\alpha) \left\{ \frac{2}{(1-z)^{1+\alpha}} - 1 \right\},$$

а $\Psi(\theta)$ – произвольная вещественная функция ограниченной вариации на сегменте $[0, 2\pi]$.

Функции $B_{\alpha}(z; a_{\mu})$ и $B_{\alpha}(z; b_{\nu})$ – сходящиеся в круге $|z| < 1$ бесконечные произведения с нулями $\{a_{\mu}\}$ и $\{b_{\nu}\}$ соответственно, которые при $\alpha = 0$ совпадают с произведением Бляшке

$$B(z; z_k) = \prod_{k=1}^{\infty} \frac{z_k - z}{1 - \bar{z}_k z} \cdot \frac{|z_k|}{z_k}. \quad (2)$$

Множество нулей произведения Бляшке должно удовлетворять условию

$$\sum_{k=1}^{\infty} (1 - |z_k|) < \infty.$$

Классы $N_{\alpha} (-1 < \alpha < \infty)$ с убыванием α монотонно сужаются и, в частности,

$$N_\alpha \subset N_0, -1 < \alpha < 0,$$

$$N_0 \subset N_\alpha, 0 < \alpha < \infty,$$

где $N_0 \equiv N$ – класс функций ограниченного вида Р. Неванлинны.

Для функций класса N_α ($-1 < \alpha \leq 0$) известны [2] представление и теорема о принадлежности функции B классу N_α ($-1 < \alpha < 0$) [3].

Теорема А. Пусть $F(z) \in N_\alpha$ ($-1 < \alpha \leq 0$). Тогда существуют ограниченные аналитические функции

$$f_i(z) = \sum a_n^{(i)} z^n \in N_\alpha, \quad i = 1, 2, \dots,$$

такие, что

$$F(z) = \frac{f_1(z)}{f_2(z)} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} a_n^{(1)} z^n}{\sum_{n=0}^{\infty} a_n^{(2)} z^n}, \quad (3)$$

причем

$$|a_n^{(i)}| = O(n^\alpha), \quad n \rightarrow \infty; \quad i = 1, 2, \dots$$

Теорема В. При $\alpha \in (-1; 0)$ условия $\sum_{k=1}^{\infty} (1 - |z_k|)^{1+\alpha} < \infty$ и $B(z; z_k) \in N_\alpha$

эквивалентны.

Приведем некоторые известные результаты, относящиеся к связям между распределением нулей произведений Бляшке и поведением их коэффициентов Тейлора $\frac{B^{(n)}(0)}{n!}$.

Во-первых, исходя из того, что бесконечное произведение Бляшке почти всюду имеет радиальное предельное значение, равное по модулю единице, легко обнаружить, что порядок коэффициентов Тейлора таких функций не может быть равным $O\left(\frac{1}{n^{1+\varepsilon}}\right)$, $\varepsilon > 0$.

Более того, Ньюман и Шапиро показали [4], что коэффициенты Тейлора внутренней функции (т. е. таких функций, которые аналитичны в единичном круге, ограничены по модулю единицей и имеют почти всюду граничные предельные значения, равные по модулю единице) имеют порядок $O\left(\frac{1}{n}\right)$ лишь в тривиальном случае конечных произведений Бляшке.

Для тех $B(z; z_k) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$, нули которых удовлетворяют условию Ньюмана

$$\sup_{k \geq 1} \frac{1 - |z_{k+1}|}{1 - |z_k|} < 1, \quad (|z_k| \uparrow 1), \quad (\text{N})$$

получена [4] следующая оценка:

$$|a_n| = O\left(\frac{1}{n}\right), \quad n \rightarrow \infty.$$

Далее, Вербицкий [5] доказал более общее утверждение, что эта оценка для произведений Бляшке выполнена тогда и только тогда, когда последовательность нулей состоит из конечного объединения (N) последовательностей.

Известно также ([6], с. 29), что, если множество нулей удовлетворяет условию $\sum_{k=1}^{\infty} (1 - |z_k|)^{1+\alpha} < \infty$ при $\alpha \in (-1; 0)$, то для коэффициентов Тейлора произведения Бляшке справедлива оценка

$$|a_n| = O(n^\alpha), \quad n \rightarrow \infty.$$

В данной работе получена та же самая оценка, что и выше, для коэффициентов тейлоровских разложений произведений Бляшке при условии

$$1 - |z_k| = O\left(k^{-\frac{1}{1+\alpha}}\right), \quad \alpha \in (-1, 0).$$

Из полученной оценки следует, что для функций класса N_α ($-1 < \alpha < 0$) представление (3) является только необходимым условием.

Теорема. Если множество нулей $\{z_k\}_{k=1}^{\infty}$, при $-1 < \alpha < 0$ удовлетворяет условию

$$1 - |z_k| = O\left(k^{-\frac{1}{1+\alpha}}\right), \quad (|z_k| \uparrow 1), \quad (4)$$

то для произведений Бляшке

$$B(z; z_k) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n, \quad |z| < 1 \quad (5)$$

справедлива оценка

$$|a_n| = O(n^\alpha), \quad n \rightarrow \infty.$$

Доказательство. Из (2) имеем

$$B'(z; z_k) = \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{|z_k|^2 - 1}{(1 - \bar{z}_k z)^2} \cdot \frac{|z_k|}{z_k} \cdot \prod_{p \neq k} \frac{z_p - z}{1 - \bar{z}_p z} \cdot \frac{|z_p|}{z_p} \right).$$

Откуда, имея в виду неравенство

$$\left| \frac{\zeta - z}{1 - \bar{\zeta} z} \right| \leq 1, \quad |z| < 1, \quad |\zeta| < 1,$$

немедленно следует

$$\left| B'(re^{i\varphi}; z_k) \right| \leq \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1-|z_k|^2}{|1-\bar{z}_k re^{i\varphi}|^2}.$$

Интегрируя последнее неравенство и применяя оценку ([2], ст. 154)

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{|1-re^{i\varphi}|^\beta} \leq \frac{c}{(1-r)^{\beta-1}}, \quad \beta > 1,$$

получим

$$\begin{aligned} \int_0^{2\pi} \left| B'(re^{i\varphi}; z_k) \right| d\varphi &\leq c \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1-|z_k|}{1-|z_k|r} = c \left(\sum_{|z_k| \geq r} + \sum_{|z_k| < r} \right) \leq \\ &\leq c \left(\sum_{|z_k| \geq r} \frac{1-|z_k|}{1-r} + \sum_{|z_k| < r} \frac{1-|z_k|}{1-|z_k|} \right) = c \left(\frac{1}{1-r} \sum_{|z_k| \geq r} (1-|z_k|) + \sum_{|z_k| < r} 1 \right). \end{aligned}$$

Обозначим через $\nu(t) = \text{card} \{k : |z_k| < 1-t\}$.

Сначала покажем, что из условия (4) вытекает неравенство

$$\nu(t) \leq c \cdot t^{-\alpha-1} \equiv c \cdot \frac{1}{t^{1+\alpha}}.$$

Поскольку

$$\nu(t) = \text{card} \{k : 1-|z_k| > t\},$$

то учитывая неравенство

$$1-|z_k| \leq c_1 \cdot k^{-\frac{1}{1+\alpha}},$$

будем иметь

$$\nu(t) \leq \text{card} \left\{ k : c_1 \cdot k^{-\frac{1}{1+\alpha}} > t \right\} = \text{card} \left\{ k : k < c \cdot t^{-(1+\alpha)} \right\} \leq c \cdot t^{-(1+\alpha)}$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} \int_0^{2\pi} \left| B'(re^{i\varphi}; z_k) \right| d\varphi &\leq \\ &c \left(\frac{1}{1-r} \left| \int_0^{1-r} t d\nu(t) \right| + \nu(1-r) \right) \leq \\ &c \left(\frac{1}{1-r} \left(t\nu(t) \Big|_0^{1-r} + \int_0^{1-r} \nu(t) dt \right) + \nu(1-r) \right) \leq \\ &c \left(\frac{1}{1-r} \left((1-r)\nu(1-r) + c \int_0^{1-r} t^{-(1+\alpha)} dt \right) + \nu(1-r) \right) = \\ &c \left(\nu(1-r) + \frac{ct^{-\alpha}}{1-r} \Big|_0^{1-r} + \nu(1-r) \right) \leq \frac{c}{(1-r)^{1+\alpha}}. \end{aligned}$$

Однако, с другой стороны, из (5) следует, что

$$na_n = \frac{1}{2\pi i} \int_{|z|=r} B'(z; z_k) \cdot z^{-n} dz.$$

Поэтому

$$|a_n| \leq \frac{r^{1-n}}{n} \int_0^{2\pi} \left| B'(re^{i\varphi}; z_k) \right| d\varphi \leq c \frac{r^{1-n}}{n(1-r)^{1+\alpha}},$$

откуда, минимизируя функцию

$$\frac{r^{1-n}}{n(1-r)^{1+\alpha}},$$

при $0 < r < 1$ получаем

$$|a_n| \leq c \frac{\left(\frac{n-1}{n+\alpha} \right)^{1-n}}{n \left(1 - \frac{n-1}{n+\alpha} \right)^{1+\alpha}} \leq c \frac{(n+\alpha)^{1+\alpha}}{n} \leq cn^\alpha.$$

Теорема доказана.

Следствие. Представление (3) для функций класса N_α ($-1 < \alpha < 0$) является только необходимым условием.

Доказательство. Выберем $\{z_k\}_{k=1}^\infty$, при $-1 < \alpha < 0$ удовлетворяющие

условию $\sum_{k=1}^\infty (1-|z_k|) - \left(k^{-\frac{1}{1+\alpha}} \right)$. Тогда ряд $\sum_{k=1}^\infty (1-|z_k|)$ сходится, но

$\sum_{k=1}^\infty (1-|z_k|)^{1+\alpha} = \infty$. Значит соответствующее произведение Бляшке по

теореме В не принадлежит классу N_α ($-1 < \alpha < 0$). Однако, согласно доказанной теореме, оно будет иметь представление вида (3).

Государственный инженерный университет Армении

И. В. Оганисян

Об одном представлении классов N_α ($-1 < \alpha < 0$)

Доказывается, что если множество нулей удовлетворяет условию

$1-|z_k| = O\left(k^{-\frac{1}{1+\alpha}}\right)$, $|z_k| \uparrow 1$, $-1 < \alpha < 0$, то коэффициенты Тейлора соответствующего

произведения Бляшке имеют порядок $O(n^\alpha)$, $n \rightarrow \infty$. Отсюда следует, что известное представление для подкласса мероморфных в единичном круге функций ограниченного вида N_α ($-1 < \alpha < 0$) является только необходимым условием.

Ի. Վ. Հովհաննիսյան

N_α ($-1 < \alpha < 0$) դասերի մի ներկայացման մասին

Ապացուցվում է, որ եթե Բլաշկեի արտադրյալի գրոների բազմությունը բավարարում է $1 - |z_k| = O\left(k^{-\frac{1}{1+\alpha}}\right)$, $|z_k| \uparrow 1$, $-1 < \alpha < 0$ պայմանին, ապա նրա Թեյլորի գործակիցներն ունեն $O(n^\alpha)$, $n \rightarrow \infty$ կարգը: Որտեղից ստացվում է, որ սահմանափակ տեսքի մերոմորֆ ֆունկցիաների բազմության N_α ($-1 < \alpha < 0$) ենթադասերի համար հայտնի ներկայացումը միայն անհրաժեշտ է:

I. V. Hovhannisyan

On a Representation of Classes N_α ($-1 < \alpha < 0$)

It is proved that if the set of zeros satisfy the condition $1 - |z_k| = O\left(k^{-\frac{1}{1+\alpha}}\right)$, $|z_k| \uparrow 1$, $-1 < \alpha < 0$, then the Taylor coefficients of Blaschke product are of type $O(n^\alpha)$, $n \rightarrow \infty$. This result shows that the known representation of subclasses of meromorphic functions of bounded type on unit circle N_α ($-1 < \alpha < 0$) is only necessary condition.

Литература

1. Джрбалян М. М. Интегральные преобразования и представления функций в комплексной области. М. Наука. 1966. 672 с.
2. Джрбалян М. М., Захарян В. С. Классы и граничные свойства функций, мероморфных в круге. М. Наука. 1993. 224 с.
3. Джрбалян М. М. – ДАН СССР. 1967. Т. 175. N 5. С. 981-984.
4. Newman D. J., Shapiro H. S. – Mich. Math. J. 1962. V. 9. P. 249-255.
5. Верблицкий Н. Э. – Зап. научн. семинаров ЛОМИ. 1982. Т. 107. С. 27-35.
6. Оганисян И. В. Некоторые свойства функций классов N_α ($-1 < \alpha < \infty$). Канд. дис. Ереван. 1990. 71 с.

УДК 519.1

С. М. Варданян

**О любых возможных структурах минимальных
 n -распознающих систем в классе двухэлементных
 подмножеств относительно операций пересечения
 и дополнения**

(Представлено чл.-кор. НАН РА И. Д. Заславским 21/II 2013)

Ключевые слова: *распознающие системы, пересечение и дополнение множеств, минимальные системы.*

В статье рассматриваются распознающие системы, аналогичные рассмотренным в [1-3]. Они отличаются от распознающих систем, рассмотренных в [4-6], тем, что в роли операций, применяемых к множествам данной системы, фигурирует не только операция пересечения множеств, но и операция дополнения множества до данного универсального множества.

Приведем основные определения понятий, используемых ниже; остальные понятия можно найти в [7].

Рассмотрим конечное множество $[n] = \{1, 2, \dots, n\}$, $n \geq 3$. Через $R[n]$ обозначим множество подмножеств множества $[n]$. Пусть $n^* = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$ является подмножеством множества $R[n]$.

Определение 1. Будем говорить, что система n^* распознает элемент $i \in [n]$, если с помощью операций пересечения и дополнения (по отношению к $[n]$) из множеств $A_1, A_2, \dots, A_k$ можно получить $\{i\}$.

Определение 2. Будем говорить, что n^* является n -распознающей системой, если система n^* распознает каждый элемент $i \in [n]$.

Посредством $|A|$, где A — какое-либо множество, будем обозначать мощность множества A . Так как $R[n]$ является n -распознающей системой, то класс n -распознающих систем заведомо не является пустым. Определим обычные понятия минимальности и тупиковости для n -распознающих систем.

Определение 3. n -распознающая система n^* называется тупиковой, если любое собственное подмножество множества n^* не является n -распознающей системой.

Определение 4. n -распознающая система n^* называется минимальной, если не существует n -распознающей системы с мощностью, меньшей, чем $|n^*|$.

Определение 5. Дерево, имеющее k вершин, называется звездой (или k -звездой), если в этом дереве существует вершина, смежная со всеми остальными $(k-1)$ вершинами данного дерева: k -звезду будем обозначать через z_k .

В этой статье рассматриваются такие распознающие системы, элементы которых являются двухэлементными подмножествами множества $[n]$. Каждой такой распознающей системе сопоставим граф следующим образом. Каждому элементу множества $[n]$ сопоставим вершину указанного графа, при этом различным элементам сопоставим различные вершины. Две различные вершины соединим ребром в том и только в том случае, когда соответствующие элементы принадлежат одному и тому же множеству данной системы. Граф, построенный указанным образом, будем называть представляющим графом данной n -распознающей системы. Ясно, что представляющий граф n -распознающей системы определяет ее однозначно (с точностью до изоморфизма; изоморфизм n -распознающих систем определяется естественным образом). Мы иногда будем отождествлять n -распознающую систему с представляющим ее графом, говоря о ее свойствах как о свойствах представляющего ее графа. Длиной цепи $\{v_1, v_2, \dots, v_k\}$ (а также ее мощностью) будем называть количество ребер в ней, т.е. число $(k-1)$. Изолированные вершины графа будем называть цепями длины нуль. Через $|T_2^n|$ будем обозначать мощность минимальной n -распознающей системы в классе двухэлементных подмножеств.

В [2] доказано, что

$$|T_2^n| = \begin{cases} \frac{2}{3}n, & \text{если } n \equiv 0 \pmod{3}, \\ \frac{2}{3}(n-1), & \text{если } n \equiv 1 \pmod{3}, \\ \frac{2}{3}(n-2)+1, & \text{если } n \equiv 2 \pmod{3}. \end{cases}$$

В [1] приведены примеры (по одному для каждого случая) тупиковых распознающих систем (рис. 1), которые, согласно результатам, доказанным в [2], являются минимальными.

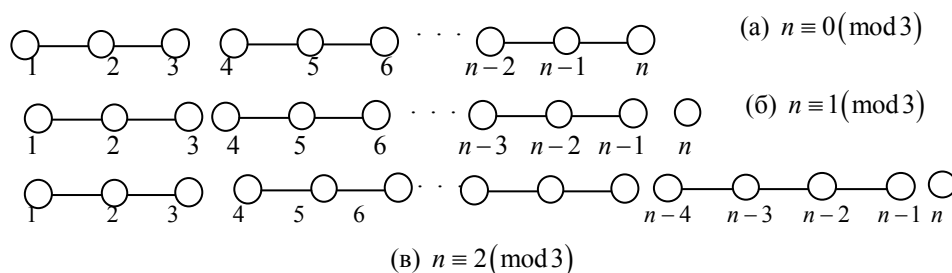


Рис. 1.

Ниже приведем формулировки утверждений, доказанных в [2] и используемых в дальнейшем изложении.

Лемма 1. Если $n^* = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$ является n -распознающей системой, то объединение всех A_i может не содержать самое большее один элемент множества $[n]$.

Лемма 2. Для всякой n -распознающей системы S , представляющий граф которой содержит циклы, можно построить n -распознающую систему S^* , $S^* \subset S$, $|S^*| < |S|$, представляющий граф которой не содержит циклов.

Следствие 1. Для всякой n -распознающей системы S , представляющий граф которой содержит циклы, можно построить n -распознающую систему S^* , $S^* \subset S$, $|S^*| < |S|$, представляющий граф которой является лесом.

Лемма 3. Любая n -распознающая система не может содержать множества, которое не пересекается ни с одним другим множеством данной системы.

Лемма 4. Для всякой n -распознающей системы S , представляющий граф которой является лесом, существует n -распознающая система S^* , $|S^*| = |S|$, представляющий граф которой является лесом, причем каждая компонента связности этого леса представляет собой цепь.

Лемма 5. Для всякой n -распознающей системы S , представляющий граф которой содержит цепь длиной ≥ 5 , можно построить n -распознающую систему S^* , $S^* \subset S$, $|S^*| < |S|$, представляющий граф которой содержит только такие цепи, число ребер в которых ≤ 4 .

Из лемм 1 – 5 вытекает следующее утверждение.

Лемма 6. Для всякой n -распознающей системы S существует n -распознающая система S^* такая, что $|S^*| \leq |S|$ и представляющий граф для S^* есть лес, все связные компоненты которого суть цепи, состоящие из 0, 2, 3 или 4 ребер.

Теорема 1. При $n \equiv 0 \pmod{3}$ граф, показанный на рис 1(а), является представляющим графом для единственной минимальной распознающей системы без изолированных вершин (с точностью до изоморфизма).

Доказательство. Так как в [2] уже доказано, что число ребер в минимальной распознающей системе равно $2n/3$, то, следовательно, граф, показанный на рис. 1,а, является минимальным. Но удаление любого ребра приводит к цепи длиной 1 (одно ребро), что противоречит тому, что система распознающая (лемма 3). Если предположить, что в минимальной распознающей системе без изолированных вершин может существовать отличная от Z_3 компонента связности, то легко убедиться в том, что в этой же компоненте можно удалить ребро, инцидентное висячей вершине, и полученная система будет распознающей. Но полученная система содержит на одно ребро меньше, чем первоначальная, что противоречит минимальности рассматриваемой системы. Следовательно, указанный граф является представляющим графом для единственной минимальной распознающей системы при $n \equiv 0 \pmod{3}$ без изолированных вершин.

Теорема 2. *При $n \equiv 0 \pmod{3}$ и $n \geq 9$ существуют 6 попарно не изоморфных друг другу минимальных распознающих систем с изолированной вершиной.*

Доказательство. По лемме 1 число изолированных вершин в распознающей системе будет не больше одного. Предположим, что $n \equiv 0 \pmod{3}$, и дадим способ построения минимальных распознающих систем (т.е. их представляющих графов), содержащих одну изолированную вершину. Будем рассматривать способ построения минимальных распознающих систем, заключающийся в преобразовании минимальной системы, состоящей из $n/3$ цепей вида Z_3 (см. рис. 1, а). Это преобразование определяется следующим образом. Фиксируем число t такое, что $0 < t \leq n/3$, и рассматриваем подсистему Γ_t основной системы, состоящую из t цепей вида Z_3 (не исключается случай $t = n/3$, когда Γ_t совпадает со всей основной системой). Подсистема Γ_t содержит, очевидно, $3t$ вершин и $2t$ ребер. Теперь заменим систему Γ_t новой системой, состоящей, во-первых, из одной изолированной вершины, во-вторых, из набора деревьев Ω , содержащего $3t-1$ вершин (оставшиеся $n/3-t$ цепей основной системы остаются неизменными). Нас будут интересовать преобразования указанного вида, приводящие к минимальной системе. Количество деревьев в наборе Ω обозначим через j . Поскольку количество ребер в каждом дереве на единицу меньше числа вершин в нем, следовательно, количество ребер в Ω равно $3t-1-j$. Сравним теперь количество ребер в подсистеме до и после преобразования. Оно не может уменьшиться в результате преобразования, иначе основная система не была бы минимальной. Если же оно увеличивается, т.е. $3t-1-j > 2t$, то полученная система не является минимальной, а такие случаи нас интересовать не будут. Таким образом, в интересующих нас случаях имеет место равенство $3t-1-j = 2t$, откуда $j = t-1$.

Легко видеть, что при $n \equiv 0 \pmod{3}$ и $n \geq 9$ любая минимальная n -распознающая система, содержащая изолированную вершину, может быть

представлена в виде результата описанного здесь преобразования. Рассмотрим теперь вопрос о возможной структуре набора деревьев Ω . В соответствии с леммой 3 количество ребер в деревьях из Ω будет не меньше 2. Пусть число деревьев с двумя ребрами в наборе Ω будет x_2 , число деревьев с 3 ребрами обозначим через x_3 , с 4 ребрами – через x_4 и т. д. Тогда получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + \dots + x_k = t - 1 (I) \\ 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 + 5x_5 + \dots + kx_k = 2t (II) \end{cases}$$

где k – наибольшее количество ребер в деревьях из Ω .

Вычитая первое уравнение из второго, получим

$$x_2 + 2x_3 + 3x_4 + x_5 + \dots + (k-1)x_k = t + 1.$$

Если еще раз вычесть первое уравнение из полученного, получим новое уравнение $x_3 + 2x_4 + 3x_5 + 4x_6 + \dots + (k-2)x_k = 2$.

Учитывая, что мы ищем решение заданной системы в множестве неотрицательных целых чисел, для последнего полученного уравнения возможные решения будут следующими: переменные x_5, x_6 и т.д. будут принимать только значение нуль; что касается переменных x_3 и x_4 , то возможны следующие два случая:

(I) $x_3 = 2$ и $x_4 = 0$ или (II) $x_3 = 0$ и $x_4 = 1$.

Очевидно, что полученное уравнение других решений не имеет. Что касается переменной x_2 , то, как легко видеть, ее значение равно количеству компонент вида Z_3 в графе Ω , полученному в результате рассматриваемого выше преобразования. Из первоначального уравнения

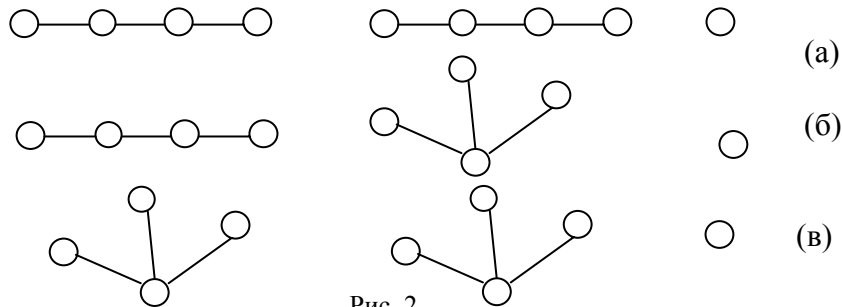


Рис. 2.

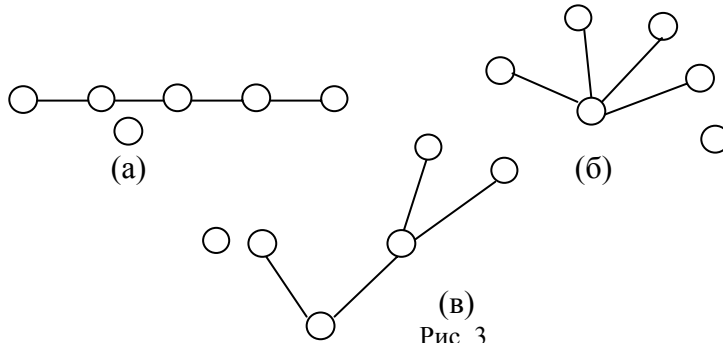


Рис. 3.

(I), принимая во внимание соотношение $j = t - 1$, где j — количество связных компонент в графе Ω , а также равенство $x_5 = x_6 = \dots = x_k = 0$, получаем, что в случае (I) имеет место соотношение $x_2 = j - 2$, а в случае (II) соотношение $x_2 = j - 1$. Таким образом, в случае (I) все связные компоненты графа Ω , кроме двух, совпадают с Z_3 , а в случае (II) с Z_3 будут совпадать все связные компоненты графа Ω , кроме одной. Остальные связные компоненты графа Ω вместе с изолированной вершиной, как легко проверить, будут иметь вид, показанный на рис. 2 и 3, где графы на рис. 2, а-в получаются в случае (I), а графы на рис. 3, а-в — в случае (II). Теорема 2 доказана.

Замечание. При $n = 6$ возможен только случай (II), и число минимальных не изоморфных друг другу представляющих графов с изолированными вершинами будет 3 (см. рис. 3), а при $n \geq 9$ их число будет равно 6.

Следствие 1. При $n \equiv 0 \pmod{3}$ существует 7 попарно неизоморфных минимальных распознающих систем (или столько же соответствующих представляющих графов).

Теорема 3. При $n \equiv 1 \pmod{3}$ существует единственная минимальная распознающая система (рис. 1,б) с точностью до изоморфизма; она содержит единственную изолированную вершину.

Действительно, мы производим преобразование основной минимальной системы (рис. 1,б), аналогичное преобразованию, проведенному в доказательстве теоремы 2, а именно, t цепей типа Z_3 заменяются какими-то деревьями, и полученный представляющий граф является минимальным. Выбранные t цепей типа Z_3 вместе содержат $3t$ вершин и $2t$ ребер. Так как $|T_2^n| = 2(n-1)/3$ при $n \equiv 1 \pmod{3}$, то любая замена t блоков Z_3 другими деревьями (которые являются связными компонентами леса с 4 или более вершинами) вместе не могут содержать $< 2t$ ребер. Иначе получим, что мощность новой распознающей системы $< 2(n+1)/3$, что противоречит минимальности первоначальной распознающей системы. С другой стороны, при вышеуказанной замене число ребер не может быть $> 2t$, иначе такая распознающая система не будет минимальной. Следовательно, рассматриваемый лес, в котором заменены t цепей типа Z_3 из начальной минимальной распознающей системы, должен содержать точно $2t$ ребер. Выделенные t цепей, содержащие вместе $3t$ вершин, при указанном преобразовании будут заменены набором деревьев; количество деревьев в нем обозначим через j . Число ребер в преобразованной системе равно $3t - j$. Если $3t - j > 2t$, т. е. $j < 3t - 2t = t$ сделанная замена не приводит к минимальной распознающей системе. Таким образом, число ребер будет $3t - t = 2t$. Откуда $j = t$. Последний факт означает, что t цепей типа Z_3 из начальной распознающей системы заменены t деревьями с числом ребер $2t$. А это в свою очередь означает, что каждое новое дерево должно совпасть с Z_3 (так как по лемме 3 компонента связности не может

содержать 1 ребро). Следовательно, при $n \equiv 1 \pmod{3}$ минимальная распознающая система единственна (с точностью до изоморфизма) и содержит одну изолированную вершину.

Теорема 4. *В случае $n \equiv 2 \pmod{3}$ любая распознающая система не может содержать только компоненты Z_3 и не может содержать только изолированную вершину и деревья типа Z_3 .*

Теорема очевидна, иначе число вершин в графе будет или $3t$ или $3t+1$, но тогда $3t \equiv 0 \pmod{3}$ или $3t+1 \equiv 1 \pmod{3}$, что противоречит условию теоремы 4.

Следствие. *При $n \equiv 2 \pmod{3}$ любая тупиковая распознающая система обязательно содержит изолированную вершину.*

В самом деле, допустим, что существует тупиковая система без изолированной вершины. По теореме 4 такая система содержит компоненту с числом вершин 4 или больше. Но тогда одно краевое ребро (ребро, инцидентное висячей вершине) можно удалить, и полученная система будет распознающей. А это противоречит тупиковости рассматриваемой распознающей системы.

Следовательно, любая тупиковая, в том числе и минимально распознающая, система содержит одну изолированную вершину.

В [1,2] доказано, что граф, показанный на рис. 1, в является представляющим графом минимальной распознающей системы при $n \equiv 2 \pmod{3}$.

Теорема 5. *При $n \equiv 2 \pmod{3}$ существуют только две попарно не изоморфные минимальные распознающие системы.*

Аналогично доказательству теорем 2 и 3 устанавливается, что любые t блоков типа Z_3 нельзя заменить чем-нибудь другим (не совпадающим с первоначальным с точностью до изоморфизма) и получить новую минимальную распознающую систему. В самом деле, допустим что t блоков типа Z_3 и дерево на 4-х вершинах (см. рис. 1, в) можно заменить другим лесом, чтобы полученная система была минимальной. Заметим, что t блоков типа Z_3 содержат $3t$ вершин и $2t$ ребер, а последнее дерево содержит 4 вершины и 3 ребра. В результате мы получим, что выделены $3t+4$ вершины и $2t+3$ ребра. Пусть указанные вершины заменятся лесом, содержащим j компонент связности. Тогда число ребер в преобразованной системе будет равно $3t+4-j$. И если $3t+4-j > 2t+3$, сделанная замена не даст минимальной распознающей системы. А если $3t+4-j > 2t+3$ или, иначе говоря, $j = t+1$ то получим минимальную распознающую систему. При $j = t+1$ число компонент будет $t+1$, как и вначале, и число ребер, соответственно, будет равно $2t+3$. Так как в этом комплексе изолированных вершин нет, единственным возможным вариантом будет: t цепей типа Z_3 и некоторое дерево на 4-х вершинах. А таких деревьев, не изоморфных

друг другу, на 4-х вершинах всего лишь два – или Z_4 (рис. 4,а), или цепь длиной 3 (рис. 4,б).



Рис. 4.

Таким образом, при $n \equiv 2 \pmod{3}$ могут быть только две (рис. 5,а,б) минимальные распознающие системы, в которых имеется x цепей вида Z_3 (причем $x \geq 0$) и, кроме того, имеются компоненты, представляющие графы которых изображены на рис 5,а,б.

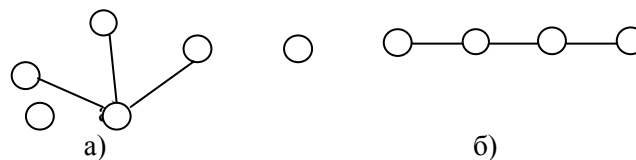


Рис. 5.

Теорема доказана.

Институт проблем информатики
и автоматизации НАН РА
e-mail: seyranv@ipia.sci.am

С. М. Варданян

О любых возможных структурах минимальных n -распознающих систем в классе двухэлементных подмножеств относительно операций пересечения и дополнения

Рассмотрены все возможные конструкции минимальных распознающих систем указанного типа.

Ս. Մ. Վարդանյան

**Երկտարր բազմությունների դասում n -ճանաչող
մինիմալ համակարգերի բոլոր հնարավոր
կառուցվածքների մասին**

Դիտարկվում են նշված տիպի մինիմալ n -ճանաչող համակարգերի բոլոր հնարավոր կառուցվածքները:

S. M. Vardanyan

On All Possible Structures of Minimal n -Recognizing Systems in the Class of Two-Element Subsets Concerning the Operations of Intersection and Complement

All possible structures of the minimal systems of the denoted kind are considered.

Литература

1. *Vardanyan S. M.* – Mathematical Problems of Computer Sciences. 2011. V. 35. P. 104-108.
2. *Варданян С. М.* – ДНАН РА. 2012. Т. 112. N 1. С. 57-65.
3. *Эрдеи П., Спенсер Дж.* Вероятностные методы в комбинаторике. М. Мир. 1976.
4. *Варданян С. М.* – ДАН АрмССР. 1981. Т. 72. N 3. С. 141-143,
5. *Варданян С. М.* – ДНАН РА. 2007. Т. 107. N 1. С. 37-43.
6. *Vardanyan S. M.* In: Computer Science and Information Technologies. Proceedings of the conference CSIT05. Yerevan. 2005. P. 161-162.
7. *Harary F.* Graph Theory. Addison – Wesley. Reading MA. 1969.

INFORMATICS

УДК 519.688

H. V. Astsatryan, V. G. Sahakyan, academician Yu. H. Shoukourian Recent Developments of e-Science Infrastructures in Armenia

(Submitted 18/IX 2013)

Keywords: *e-science, e-infrastructure, ArmNGI, ASNET-AM, grid, cloud, network.*

1. Introduction. The application of computers and mathematical methods for the decision of scientific and technical tasks was one of the basic tasks put in front of the Science in Armenia still in the initial period of creation of computer facilities and cybernetics. Data generation and analysis using computational methods are at the heart of all modern science and technology. New e-science [1] research methods are exploited advanced computational resources, data collections and scientific instruments. The ICT infrastructure for science is called e-Infrastructure [2] and is the elementary building block of the e-Science. e-Infrastructure is an environment, where research resources (hardware, software and content) can be rapidly shared and accessed wherever this is necessary to promote better and more effective research. Such environment integrates networks, grids [3] and middleware, computational resources, experimental workbenches, data repositories, tools, instruments, and the other operational support that enables global virtual research collaborations.

The main aim of the article is to introduce the recent developments of e-science infrastructures in Armenia dedicated to the provision of a sustainable national infrastructure for the support of advanced research activities in Armenia. The article introduces not only the overview of e-infrastructure, but also the research teams and advanced services using such infrastructures in Armenia.

2. E-Infrastructures. Armenian e-infrastructure is a complex national IT infrastructure consists of both communication and distributed computing infrastructures. The infrastructure is operated by the Institute for Informatics and Automation Problems (IIAP, <http://iip.sci.am>), which is the leading ICT research and technology development institute of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia (NAS RA).

2.1. Communication Infrastructures. Academic Scientific Research Computer Network of Armenia (ASNET-AM, <http://www.asnet.am>) is a National Research and Education Network (NREN) of Armenia, which was established

in 1994. ASNET-AM stimulates scientific development through innovative high-quality network infrastructures and associated services, to the benefit of Armenian higher education and research. ASNET-AM provides a network infrastructure for the Armenian research and education community by connecting more than 60 scientific, research, educational, cultural and other organizations of Armenia. Most of the sites located in Yerevan are connected over ASNET-AM's fibre at bitrates of 1 Gb/s. Other sites, including those located outside of Yerevan, are connected with wireless links via the television station. A few key sites such as the Presidium of NAS RA and the IIAP are interconnected at 10 Gb/s.

The ASNET-AM backbone consists of network communication nodes in 6 cities of Armenia, which are interconnected by fiber optics and wireless links. Each node connects the nearby scientific, research, educational and cultural organizations. The national backbone of ASNET-AM is connected to the European backbone GEANT (Pan-European Research and Education Network, <http://www.geant.net>) that is a part of the European and worldwide community of research and education networks.

2.2. Computation Infrastructures. IIAP also plays a key role at national level in the field of distributed and large-scale research infrastructures including Grid, Cloud and HPC.

In 2004, the first high Performance computing cluster (128 processors, Myrinet interconnection) entitled Armcluster [4] had been developed in IIAP with the 523.4GFlops performance by achieved by High Performance Linpack test [5]. Being the most powerful computational resource in the field of science and education in Armenia and in the South Caucasus region, the Armcluster constitutes the core of the Armenian grid infrastructure.

IIAP coordinates the Armenian National Grid Initiative (ArmNGI, <http://www.grid.am>), which is a national effort of Armenia to establish a nationwide grid environment for computational science and research. The goal of the ArmNGI is to pursue a variety of scientific users in utilizing the Grid for their applications. All these applications rely on a wide range of diverse computer science technologies composed from standard grid middleware and sophisticated high-level extensions. Now the computational resources (about 500 cores) of Armenian Grid infrastructure distributed among the leading research (National Academy of Sciences, Yerevan Physics Institute) and educational (Yerevan State University, State Engineering University of Armenia) organizations of Armenia located in Yerevan and Ashtarak cities. Mainly local scientific communities are members and use the facilities of the first Armenian national "ARMGRID.GRID.AM" VO.

The migration to the cloud computing in Armenian academic sector is already started. Small clouds based on OpenNebula and OpenStack platforms have been created. IIAP also coordinates the activities to deploy an integrated federated Cloud infrastructure in the Black Sea region (Black Sea Cloud Infrastructure, <http://blacksea-cloud.net>) mainly in Romania, Armenia,

3. Advanced Services. Current technology significantly accelerates the scientific problem solving process by allowing scientists to access data remotely, distribute job execution across remote parallel resources, and efficiently

manage data. Scientific workflow systems improve this situation by creating scientific gateways to a variety of technologies and automating the execution and monitoring of the workflows [6]. Several projects based on web portals are providing advanced features (workflow manager, easy deployment of services, authentication and authorization procedures, information services, etc.) for building problem solving environments or deploying software and tools for scientific communities, such as P-GRADE [7] and DIET [8]. They supply facilities for deploying new services and provide APIs for generating web portals. Several services and tools have been developed to provide value-added abilities to the target research communities using the above mentioned portal frameworks, such as:

- A single sign on integrated multi-service environment [9] with an easy access to different kind of mathematical calculations and algorithms to be performed on hybrid distributed computing infrastructures combining the benefits of large clusters, Grid or cloud, when needed.
- A portal for quantum optics technologies [10], which provides the numerical simulations and modeling of complex quantum systems in the presence of decoherence with wide applications in Photonics.
- An Interoperable scientific gateway for Parallel Geoprocessing of Satellite Image Indices [11] using spatial data infrastructures.

4. Research Teams and Applications. The main research teams in Armenia using the distributed computing and storage resources concentrated on particle physics, life sciences and computational chemistry, earth and climate, astronomy and cosmology, computational engineering and other scientific disciplines. Some developed applications that need either adequate computational or storage resources are given below:

Meteorology: The Weather Research and Forecasting numerical weather prediction model for the territory of Armenia has been implemented [12] and operational used daily, which makes possible both the understanding and the prediction of mesoscale precipitation systems and promotes closer ties between the research and operational forecasting communities.

Astrophysics: Byurakan Astrophysical Observatory of NAS RA possesses an enormous amount of astronomical information obtained during the last 60 years, on about 20 thousand photographic plates and films. The most valuable part of this information is the First and Second Byurakan Surveys with many millions of low-dispersion spectra. However, every plate with astronomical direct images or spectra is highly valuable as well and needs a safe maintenance for next generations of astronomers. All the digitized information has served as a base for the creation and development of the Armenian Virtual Observatory [13] taking into account the standards of the International Virtual Observatories Alliance.

Life Sciences: The Bioinformatics Group of NAS RA studies the molecular dynamics simulation of complex systems. Together with experimental techniques, the computational modeling, especially the molecular dynamics method has been displayed as a unique method to study the dynamical and structural features of molecular systems [14].

Informatics: The teams from IIAP engage in the following experimental and theoretical investigations: self-organized systems [15] based on the results in the theory of cellular automata and a research in statistical mechanics; classical spin glass theory [16] including the development of mathematical modeling; differential and linear cryptanalyses of cryptosystems equivalent to SAFER+ and SAFER++ based on parallel software packages using MPI standard [17]; it was developed an optimizer-synthesizer GAROS (Graph Analyzer – Recursive Optimizer Synthesizer), which synthesizes programs for a wide class of multi-variate recursive function systems [18].

Seismology: Located in one of the world's most active seismic zones, Armenia frequently experiences earthquakes. Seismic observation and seismic monitoring are vital services in Armenia. The developed seismological platform consists of seismic data server and some services. The server is the rendering layer of an integrated Grid Infrastructure that enables the research community to have access to a broad range of earthquake data from Armenian and its surroundings. This brings together distributed seismic stations to provide a single access point from which researchers can search for and download selected data and data products.

Environmental protection: The platform provides access to inventory point, stationary sources of emissions of atmospheric pollutants established to facilitate the work of writing and editing the data about the location and characteristics of these sources. The platform is based on open source GIS OpenGeo suite and is a service application for a system of numerical modeling of atmospheric pollutants.

5. International Collaboration. Armenia successfully collaborates mainly with the pan-European and regional counterparts. Armenia is a member of the following international associations and organizations in different layers including:

- Networking: TERENA (Trans-European Research and Education Networking Association, <http://www.terena.org>), RIPE (Réseaux IP Européens Network Coordination Centre, <http://www.ripe.net>), Central and CEENet (Eastern European Networking Association, <http://www.ceenet.org>).
- Infrastructures: HP-SEE (High-Performance Computing Infrastructure for South East Europe's Research Communities, <http://www.hp-see.eu>) links existing and upcoming HPC facilities in South East Europe in a common infrastructure, and provides operational solutions for it. The EGI-InSPIRE project (Integrated Sustainable Pan-European Infrastructure for Researchers in Europe, <https://www.egi.eu/about/egi-inspire>), as a collaborative effort, involving more than 50 institutions in over 40 countries. Its mission is to establish a sustainable European Grid Infrastructure.
- Research communities: Collaborations with the ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus) and ALICE (A Large Ion Collider Experiment) Collaborations at CERN, as well as with the EnviroGRIDS VO aims at building environmental capacities in the Black Sea.

The communication with the European counterparts is a crucial element towards the integration into European Research Area and might create additional opportunities to increase the visibility of the region.

6. Conclusion. During the recent years, series of coordinated and complementary e-infrastructure initiatives have been developed, crucial for deploying state-of-the-art e-infrastructures in Armenia. In this paper we have described the actual status of these e-Infrastructures in Armenia, and presented a complete picture of the virtual research communities currently using them. Our goal is to focus on e-infrastructures and services that cut across a range of user disciplines and aims at empowering researchers with open online access to scientific resources, a range of facilities, networking and collaboration tools.

Acknowledgment. This work was supported by the Armenian Government (national target project - “Deployment of a National e-Infrastructure for Disaster Risk Management”), International Science and Technology Center, Organization of the Black Sea Economic Cooperation and European Commission (INARMERA-ICT, HP-SEE, BSI, SEE-GRID-SCI, EGI-InSPIRE Projects).

Institute for Informatics and Automation
Problems of NAS RA
{hrach,svlad,shouk}@sci.am

H. V. Astsatryan, V. G. Sahakyan, academician Yu. H. Shoukourian

Recent Developments of *e*-Science Infrastructures in Armenia

Recent years series of coordinated and complementary e-infrastructure initiatives have been crucial for deploying state-of-the-art e-infrastructures in Armenia. In this paper we have described the actual status of these e-Infrastructures in Armenia both in communication and computational levels, and presented a complete picture of the virtual research communities currently using them. The collaboration with the pan-European and regional counterparts is presented, which is a crucial element towards to the integration into the European Research Area and might create additional opportunities to increase the visibility of Armenia in computer science and information technologies.

Հ. Վ. Ասատրյան, Վ. Գ. Սահակյան, ակադեմիկոս Յու. Հ. Շուքուրյան

Հայաստանում գիտության *e*-ենթակառուցվածքների վերջին զարգացումները

Վերջին մի քանի տարիների ընթացքում մի շարք համակարգված և փոխլրացնող *e*-ենթակառուցվածքների վերաբերող նախաձեռնությունները վճռորոշ դեր ունեցան Հայաստանում ժամանակակից *e*-ենթակառուցվածքների ստեղծման համար: Սույն հոդվածը բնութագրում է Հայաստանում *e*-ենթակառուցվածքների ներկա վիճակը ցանցային և հաշվողական մակարդակներով, ինչպես նաև տրվում է վիրտուալ գիտական համայնքի ընդհանուր պատկերը, որոնք ներկայումս օգտագործում են նշված ենթակառուցվածքները: Ներկայացված է համաեվրոպական և տարածաշրջանային գործընկերների հետ համագործակցությունը, որը կարևոր տարր է համաեվրոպական հետազոտական տարածքի ինտեգրման ուղղությամբ և կարող է ստեղծել լրացուցիչ հնարավորություններ Հայաստանի համար՝ առավել ներկայացված լինելու համակարգչային գիտության և տեղեկատվական տեխնոլոգիաների ոլորտում:

Г. В. Асцатрян, В. Г. Саакян, академик Ю. Г. Шукурян

**Развитие *e*-инфраструктуры науки в Армении
за последние годы**

За последние годы разработана серия скоординированных и взаимодополняющих инициатив по электронным инфраструктурам, имеющая решающее значение для создания современной *e*-инфраструктуры науки в Армении. В данной статье описываются современное состояние *e*-инфраструктур в Армении на коммуникационном и вычислительных уровнях и общая картина использующих их виртуальных исследовательских сообществ. Показана координация совместной деятельности с паневропейскими и региональными партнерами, которая является решающим фактором для интеграции с европейским исследовательским пространством и может создать для Армении дополнительные возможности быть представленной в области компьютерной науки и информационных технологий.

References

1. Hey T., Trefethen A. – Science. 2005. V. 308. N 5723. P. 817-821, DOI: 10.1126/science.1110410.
2. Delivering the UK's e-Infrastructure for Research and Innovation, Report of the Department for Business Innovations and Skills, UK Research Councils, July, 2010.
3. Foster I., Kesselman C. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann 1st edition, 1998, ISBN: 978-1558604759. P. 675.
4. Astsatryan H., Shoukourian Yu., Sahakyan V. In: Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, V. III, ISBN: 1-932415-25-4. P. 1291-1295, CSREA Press, June 21-24, 2004, Las Vegas, Nevada, USA.
5. Dongarra J. Performance of Various Computers Using Standard Linear Equations Software, Technical Report CS-89-85, University of Tennessee, 1989.
6. Deelman E., Gannon D., Shields M., Taylor I. - Journal of Future Generation Computer Systems. 2009. V. 25. N 5. P. 528-540.
7. Kacsuk P., Farkas Z., Kozlovsky M., Hermann G., Balasko A., Karoczkai K., Marton I. - Journal of Grid Computing. 2012. V. 9. N 4. P. 479-499.
8. Caron E., Desprez F. - International Journal of High Performance Computing Applications. 2006. V. 20. N 3. P. 335-352.
9. Astsatryan H., Sahakyan V., Shoukourian Yu. et al. - Springer Journal of Grid Computing. 2013. V. 11. N 2. P. 239-248.
10. Astsatryan H., Gevorgyan T., Shahinyan A. - Journal of Software Engineering and Applications. 2012. V. 5. N 11. P. 864-869.
11. Astsatryan H., Narsisian W., Ghazaryan V. et al. In: Proceedings of the ICT Innovations 2012 Conference, ISSN 1857-7288. P. 85-93, 12-15 of September 2012, Ohrid, Macedonia.
12. Hovsepyan A., Petrosyan Z., Abrahamyan R. et al. In: Proceedings of the International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2013). P. 403-406, Yerevan, Armenia, September 23-27, 2013.
13. Adamyan H., Adamyan N., Gevorgyan N. et al. - Physics of Particles and Nuclei Letters, Vol. 5, No. 3, pp. 161-163, 2008.
14. Poghosyan A., Arsenyan L., Shahinyan A. - American Chemical Society. 2013. V. 29, No. 1. P. 29-37.

15. *Poghosyan S., Poghosyan V., Priezzhev V., Ruelle P.* – Phys. Rev. 2011. E 84. P. 066119.
16. *Gevorkyan A., Abajyan H., Sukiasyan H.* – Journal of Modern Physics. 2011. V. 2. 6. P. 488-497.
17. *Kyureghyan M.K., Mamnukyan O.A.* In: Proceedings of the International CSIT Conference. 2005, September 19-23, Yerevan, Armenia. P. 447-451.
18. *Ghazaryan A.A.* – In: Proceedings of the International CSIT Conference. 2001, Yerevan, Armenia. P. 328-332.

УДК 539.1

Л. А. Мовсисян

К нелинейным колебаниям цилиндрической панели из пьезоэлектрика

(Представлено академиком Л.А. Агаловяном 28/II 2013)

Ключевые слова: пьезоэлектрик, нелинейная частота, амплитуда, резонанс.

Изучаются одномерные нелинейные колебания цилиндрической панели для двух пьезоэлектриков. Нелинейность геометрического происхождения на уровне теории Кармана. Для изотропного материала такая задача приводится в [1]. Уравнения только относительно времени получены как в [1]. Однако их исследование уже основано на [2, 3].

Целью настоящей статьи является выяснение, как пьезоэлектрик влияет на частоты и амплитуды колебаний.

1. Уравнение свободных изгибных колебаний панели [1]

$$\frac{\partial^2 M_2}{\partial y^2} - \frac{T_2}{R} + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_2 \frac{\partial w}{\partial y} \right) = \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}. \quad (1.1)$$

К нему должна быть присоединена система электростатики (напряженность электрического поля и электрическая индукция)

$$\text{rot} \vec{E} = 0, \text{div} \vec{D} = 0. \quad (1.2)$$

Предполагается, что оболочка полностью покрыта металлическим слоем, поэтому электрический потенциал принимается как [4,5]

$$\Phi = F(y, t) \left(1 - \frac{4z^2}{h^2} \right). \quad (1.3)$$

Величины, необходимые для пьезоэлектрика $6m\bar{m}$ [4]:

$$\sigma_y = b_{22}e_y - e_1E_3, \quad D_2 = \varepsilon_1E_2, \quad D_3 = e_1e_y + \varepsilon_2E_3. \quad (1.4)$$

Тогда согласно классической теории оболочек для кольцевого усилия и изгибающего момента имеем

$$T_2 = C_{22} \left[\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{w}{R} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right], \quad (1.5)$$

$$M_2 = -D_{22} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \frac{2}{3} e_1 h F.$$

Из (1.2) и (1.3) получим связь между w и F :

$$\frac{2}{3}\varepsilon_1 \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} - \frac{8}{h^2}\varepsilon_2 F + e_1 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0. \quad (1.6)$$

Из условия, что края панели закреплены в кольцевом направлении $v(0, t) = v(b, t) = 0$, для среднего значения кольцевого усилия будем иметь

$$T_2 = \frac{C_{22}}{b} \left[\frac{1}{R} \int_0^b w dy + \frac{1}{2} \int_0^b \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 dy \right]. \quad (1.7)$$

В предположении, что на краях имеются условия

$$w = M_2 = F = 0, \text{ при } y = 0 \text{ и } y = b, \quad (1.8)$$

функции w и F можно искать в виде

$$W = f(t) \sin \lambda \varphi, \quad F = \varphi(t) \sin \lambda \varphi, \quad \lambda = \frac{\pi}{b}. \quad (1.9)$$

Тогда из (1.1), (1.5) и (1.7), применяя метод Галеркина, получим [2,3]

$$\begin{aligned} \frac{d^2 f}{dt^2} + \omega^2 f + \alpha_2 f^2 + \alpha_3 f^3 &= 0, \\ \omega^2 = \frac{D}{\rho h}, D &= \left(D_{22} \lambda^4 + \frac{8C_{22}}{\pi^2 R^2} + \frac{2}{3} \frac{h \lambda^4}{\frac{2}{3} \varepsilon_1 \lambda^2 + \frac{8}{h^2} \varepsilon_2} \right), \\ \alpha_2 &= \frac{3C_{22} \lambda^2}{phR}, \alpha_3 = \frac{3C_{22} \lambda^4}{4ph}, \end{aligned} \quad (1.10)$$

нелинейная частота определяется как

$$\Omega = \omega + \chi a^2, \quad \chi = \frac{3}{8} \frac{\alpha_3}{\omega} - \frac{5}{12} \frac{\alpha_2^2}{\omega^3}. \quad (1.11)$$

Как видно из (1.10) и (1.11), коэффициент нелинейности в зависимости от физических и геометрических величин может быть и положительным, и отрицательным. Для первого случая необходимо условие

$$40 \frac{C_{22}}{R^2 D} < 1. \quad (1.12)$$

В этом случае имеется так называемый жесткий материал, а во втором – мягкий.

В качестве второго материала возьмем пьезоэлектрик $6m2$ [4]. Если координатные оси перевернуть на 90° , то необходимые нам величины имеют вид

$$\sigma_y = b_{22} e_y - e_1 E_2, \quad D_2 = e_1 e_y - \varepsilon_1 E_2, \quad D_3 = \varepsilon_2 E_3. \quad (1.13)$$

Здесь уже пьезоэффект входит в выражение кольцевого усилия

$$T_2 = C_{22} \left[\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{w}{R} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right] - \frac{2}{3} e_1 h \frac{\partial F}{\partial y}, \quad (1.14)$$

и уравнение относительно F запишем как

$$\varepsilon_1 \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{w}{R} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} 3 \right)^2 \right] - \frac{2}{3} \varepsilon_1 \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} + \frac{8}{h^2} \varepsilon_2 F = 0. \quad (1.15)$$

На кромках первые условия (1.8) такие же, однако вместо последнего члена должно быть $\frac{\partial F}{\partial y} = 0$, и выражение кольцевого усилия примет вид

$$T_2 = \left(\frac{2f}{\pi R} + \frac{1}{4} f^2 \lambda^2 \right) C, \quad C = C_{22} + \frac{h e_1^2}{b \left(\frac{1}{3} \varepsilon_1 + \frac{4}{h^2} \varepsilon_2 \frac{1}{\lambda^2} \right)}. \quad (1.16)$$

Нелинейное уравнение относительно f имеет такой же вид, как (1.10), но уже с новыми

$$\omega^2 = \frac{1}{\rho h} \left(D_{22} \lambda^4 + \frac{8C}{\pi^2 R^2} \right),$$

$$\alpha_2 = \frac{3}{\rho h} \frac{\lambda^2}{\pi R} C, \quad \alpha_3 = \frac{1}{4 \rho h} \lambda^4 C. \quad (1.17)$$

Здесь выражение нелинейной частоты при (1.11) будет иметь новые параметры, и условие, аналогичное (1.12), есть

$$40 \frac{C}{\pi^2 R^2 \left(D_{22} \lambda^4 + \frac{B}{\pi^2 R^2} C \right)} < 1. \quad (1.18)$$

2. Уравнение вынужденных колебаний рассмотрим для первого пьезоэлектрика.

Если предположить, что на панели действует нормальное давление $q_0 \sin \lambda y \cos \theta t$, то уравнением вынужденных колебаний будет

$$\frac{d^2 f}{dt^2} + 2\beta \frac{df}{dt} + \omega^2 f + \alpha_2 f^2 + \alpha_3 f^3 = \frac{q_0}{\rho h} \cos \theta t. \quad (2.1)$$

Обычно при исследовании вынужденных колебаний добавляется член, учитывающий внутреннее трение. В (2.1) таковым является $2\beta \frac{df}{dt}$. Изучение (2.1) проводится согласно [2]. В предположении, что $\theta = \omega + \varepsilon$, частное решение ищется как

$$f = a \cos(\theta t + \varepsilon), \quad (2.2)$$

тогда для амплитуды колебаний получим

$$a^2 \left[(\varepsilon - \chi a^2)^2 + \beta^2 \right] = \frac{\bar{q}^2}{4\omega^2}, \quad \bar{q} = \frac{q_0}{\rho h}. \quad (2.3)$$

Уравнение (2.3) – кубическое относительно a^2 , и в зависимости от ε при заданной амплитуде q_0 характеры кривых различны. При малых q_0 амплитуда a также мала и однозначна, но уже при

$$\bar{q}^2 = \frac{8\omega^2 \beta^2}{|\chi|} \quad (2.4)$$

(2.3) имеет три вещественных корня. Характер кривой $a = a(\varepsilon)$ общеизвестен [2]. Заметим также, что максимальная амплитуда определяется как

$$a_{\max} = \frac{\bar{q}}{2\omega\beta}. \quad (2.5)$$

Вышеприведенный резонанс по известным причинам называется главным, но, как известно, нелинейность колебаний приводит к появлению ряда резонансов. В этом отношении интересен резонанс параметрического типа, т.е. если

$$\theta = \frac{\omega}{2} + \varepsilon, \quad (2.6)$$

то решение (2.1) ищется в виде [2]

$$f = a \cos \left[\left(\omega + \frac{\varepsilon}{2} \right) t + \delta \right] \quad (2.7)$$

и для амплитуды вынужденных колебаний возможны следующие значения:

$$a = 0, \quad a^2 = \frac{1}{\chi} \left[\frac{\varepsilon}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\alpha_2 \bar{q}}{6\omega^3} \right)^2 - \beta^2} \right]. \quad (2.8)$$

Характер кривой $a = a(\varepsilon)$ здесь другой ([2], с.117, рис.33). Заметим, что в зоне, где возможны три амплитуды колебаний, значению $a = 0$ соответствует неустойчивая ветвь.

Институт механики НАН РА

Л. А. Мовсисян

К нелинейным колебаниям цилиндрической панели из пьезоэлектрика

Рассматриваются одномерные нелинейные свободные и вынужденные колебания цилиндрической панели из пьезоэлектриков. Определены нелинейные частоты и амплитуды колебаний.

Լ. Ա. Մովսիսյան

Պիեզոէլեկտրիկից գլանային պանելի ոչ գծային տատանումների մասին

Դիտարկվում են երկու տեսակի պիեզոէլեկտրիկներից գլանային պանելի միաչափ երկրաչափորեն ոչ գծային ազատ և հարկադրական տատանումների խնդիրները: Ստացված են արտահայտություններ հաճախությունների և ամպլիտուդների համար:

L. A. Movsisyan

**About Nonlinear Vibrations of Piezoelectric
Cylindrical Panel**

The free and forced vibrations for cylindrical panel are considered. The expressions for frequencies and amplitudes are obtained.

Литература

1. *Вольмир А.С.* Нелинейная динамика пластинок и оболочек. М. Наука. 1972. 432 с.
2. *Ландау Л. А., Лифшиц Е.М.* Механика. М. Наука. 1965. 203 с.
3. *Найфе А.* Введение в методы возмущений. М. Мир. 1984. 535 с.
4. *Дьелесен Э., Руайе Д.* Упругие волны в твердых телах. М. Наука. 1982. 424 с.
5. *Мовсисян Л. А.* –ДНАН РА. 1997. Т. 97. №3. С. 3-7.

УДК 539.3

М. В. Белубекян, В. Г. Гараков

**Отражение нормально падающей сдвиговой
 электроупругой волны от плоской границы раздела
 двух пьезоактивных сред**

(Представлено академиком С. А. Амбарцумяном 28/VI 2013)

Ключевые слова: *электроупругие волны, пьезоэлектрическая среда, отражение, неоднородность.*

В [1] исследованы задачи отражения плоских электроупругих сдвиговых волн от границы полупространства из пьезоактивного материала гексагональной симметрии класса 6 мм. Решения были получены как на основе квазистатического приближения, так и на основе полных уравнений Максвелла (в точной постановке).

Было показано, что в случаях заземленной границы полупространства и равенства нулю нормальной компоненты индукции электрического поля выражения для амплитуды отраженной сдвиговой волны отличаются незначительно. Установлено, что условие равенства нулю нормальной компоненты индукции электрического поля эквивалентно наличию экрана магнитного поля. Отмечено, что точная постановка позволяет исследовать также эффекты, связанные с падением электромагнитной волны на границу полупространства.

В дальнейшем было замечено, что в задачах отражения, когда компоненты электрического поля непрерывны на границе раздела сред, результаты квазистатического приближения и точного решения могут существенно различаться. В настоящей статье указанное различие для наглядности рассматривается на основе исследования отражения нормально падающих (одномерных) волн.

1. В прямоугольной декартовой системе координат (x, y, z) полупространство с индексом (1) занимает область $x < 0$, а полупространство с индексом (2) – область $x > 0$ (рис. 1).

Уравнения чисто сдвиговых одномерных волн, распространяющихся по направлению координаты x , следующие:

$$\frac{\partial \sigma_{13}^{(s)}}{\partial x} = \rho_s \frac{\partial^2 w_s}{\partial t^2}, \quad (s = 1, 2), \quad (1.1)$$

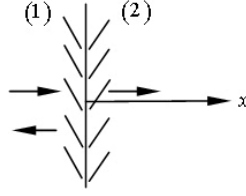


Рис. 1.

где w_s – упругие перемещения в направлении оси z , $\sigma_{13}^{(s)}$ – касательные напряжения, ρ_s – плотности сред. Для пьезоэлектриков класса 6 мм используются известные материальные уравнения [2]

$$\sigma_{13}^{(s)} = C_{44}^{(s)} \frac{\partial w_s}{\partial x} - e_{15}^{(s)} E_1^{(s)}, \quad D_1^{(s)} = \epsilon_1^{(s)} E_1^{(s)} + e_{15}^{(s)} \frac{\partial w_s}{\partial x}. \quad (1.2)$$

Здесь $E_1^{(s)}$, $D_1^{(s)}$ – компоненты напряженности и индукции электрического поля, $C_{44}^{(s)}$ – модули сдвига, $e_{15}^{(s)}$ – пьезомодули.

Из уравнений электродинамики для сред, обладающих свойствами диэлектрика, в случае, когда решение задачи не зависит от координат y и z , в частности следует

$$\frac{\partial D_1}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial D_1}{\partial x} = 0. \quad (1.3)$$

Отсюда следует, что $D_1 = \text{const}$ и при решении задачи в виде установившихся колебаний (гармонических волн) постоянную следует принять равной нулю.

Тогда из (1.2) получается

$$\epsilon_1^{(s)} E_1^{(s)} + e_{15}^{(s)} \frac{\partial w_s}{\partial x} = 0, \quad (1.4)$$

т. е. распространение упругих сдвиговых волн будет сопровождаться электрическим полем.

С учетом (1.2), (1.4) уравнение (1.1) приводится к виду

$$C_{ts}^2 \frac{\partial^2 w_s}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 w_s}{\partial t^2}, \quad (1.5)$$

где

$$C_{ts}^2 = \frac{C_{44}^{(s)} (1 + \chi_s)}{\rho_s}, \quad \chi_s = \frac{[e_{15}^{(s)}]^2}{C_{44}^{(s)} \epsilon_s}, \quad (1.6)$$

χ_s есть коэффициент электромеханической связи.

Согласно уравнению (1.5), если на границу раздела $x=0$ падает нормальная сдвиговая волна

$$w_n = A_1 \exp i(\omega t - k_1 x), \quad (1.7)$$

то она отражается

$$w_0 = B_1 \exp i(\omega t + k_1 x) \quad (1.8)$$

и проходит в полупространство $x > 0$

$$w_2 = A_2 \exp i(\omega t - k_2 x). \quad (1.9)$$

Решения (1.7)–(1.9) удовлетворяют уравнению (1.5) при

$$K_s = C_{ts}^{-1} \omega. \quad (1.10)$$

Требование, чтобы решения (1.7)–(1.9) удовлетворяли граничным условиям

$$w_n + w_0 = w_2, \quad \sigma_{13}^{(1)} = \sigma_{13}^{(2)}, \quad (1.11)$$

приводит к следующим формулам, определяющим амплитуды отраженной и прошедшей волны:

$$A_2 = \frac{2I_1}{I_1 + I_2} A_1, \quad B_1 = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} A_1. \quad (1.12)$$

где

$$I_s = \sqrt{\rho_s C_{44}^{(s)} (1 + \chi_s)}. \quad (1.13)$$

Отсюда следует, что пьезоэффект приводит к увеличению импеданса среды в $1 + \chi_s$ раз.

2. При исследовании задач по распространению гармонических волн на основе квазистатического приближения для уравнений электростатики вводится функция потенциала φ , удовлетворяющая уравнению

$$\operatorname{rot} \bar{E} = 0. \quad (2.1)$$

Согласно этому приближению материальные уравнения (1.2) заменяются уравнениями [2]

$$\sigma_{13}^{(s)} = C_{44}^{(s)} \frac{\partial w_s}{\partial x} + e_{15}^{(s)} \frac{\partial \varphi_s}{\partial x}, \quad D_1^{(s)} = -\varepsilon_1^{(s)} \frac{\partial \varphi_s}{\partial x} + e_{15}^{(s)} \frac{\partial w_s}{\partial x}, \quad (2.2)$$

а уравнение (1.4) – уравнением

$$\varepsilon_1^{(s)} \frac{\partial^2 \varphi_s}{\partial x^2} - e_{15}^{(s)} \frac{\partial^2 w_s}{\partial x^2} = 0, \quad s = 1, 2. \quad (2.3)$$

В результате задача приводится к решению уравнений (1.5) и (2.3). Наличие в (2.3) второй производной относительно функций φ_s приводит к необходимости удовлетворения, наряду с условиями (1.11), дополнительных граничных условий. В частности используются условия вида [2.3]

$$\varphi_1 = \varphi_2, \quad D_1^{(1)} = D_1^{(2)} \quad \text{при} \quad x = 0. \quad (2.4)$$

К решению (1.7)–(1.9) добавляется решение уравнения (2.3)

$$\begin{aligned} \varphi_n &= \frac{e_{15}^{(1)}}{\varepsilon_1^{(1)}} A_1 \exp i(\omega t - k_1 x), \\ \varphi_0 &= \frac{e_{15}^{(1)}}{\varepsilon_1^{(1)}} B_1 \exp i(\omega t + k_1 x) + C_1 e^{i\omega t}, \\ \varphi_2 &= \frac{e_{15}^{(2)}}{\varepsilon_1^{(2)}} A_2 \exp i(\omega t - k_2 x) + C_2 e^{i\omega t}. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Подстановка (1.7)–(1.9) и (2.5) в граничные условия (1.11) и (2.4), с учетом

$$w_1 = w_n + w_0, \quad \varphi_1 = \varphi_n + \varphi_0 \quad (2.6)$$

приводит к следующей системе уравнений относительно произвольных постоянных B_1, C_1, A_2, C_2 :

$$\begin{aligned} A_1 + B_1 &= A_2, \\ -A_1 + B_1 &= -\alpha A_2, \\ \frac{e_{15}^{(1)}}{\varepsilon_1^{(1)}}(A_1 + B_1) + C_1 &= \frac{e_{15}^{(2)}}{\varepsilon_1^{(2)}} A_2 + C_2, \\ -A_1 + B_1 &= -\beta A_2. \end{aligned} \quad (2.7)$$

Здесь приняты обозначения

$$\alpha = \frac{I_2}{I_1}, \quad \beta = \frac{\varepsilon_1^{(1)} e_{15}^{(2)} C_{t_1}}{\varepsilon_1^{(2)} e_{15}^{(1)} C_{t_2}}. \quad (2.8)$$

Нетрудно проверить, что система уравнений (2.7) не имеет решения. Следовательно, в этом случае квазистатическое приближение неприемлемо.

Система уравнений (1.5) и (2.3), соответствующая квазистатическому приближению, для задач отражения сдвиговых волн допускает и другие типы граничных условий. Пусть, например, наряду с граничными условиями (1.11) имеют место условия

$$\varphi_1 = 0, \quad \varphi_2 = 0 \quad \text{при } x = 0. \quad (2.9)$$

В этом случае после удовлетворения граничным условиям получается система уравнений, из которых амплитуды отраженной (B_1) и прошедшей (A_3) волн определяются по формулам (1.12). Получается также, что

$$C_s = -2 \frac{e_{15}^{(s)} I_1}{\varepsilon_1^{(s)} (I_1 + I_2)} A_1, \quad s = 1, 2. \quad (2.10)$$

Здесь, в отличие от точного решения, получается дополнительное электрическое поле $C_s \exp(i\omega t)$.

Институт механики НАН РА

М. В. Белубекян, В. Г. Гараков

Отражение нормально падающей сдвиговой электроупругой волны от плоской границы раздела двух пьезоактивных сред

Задача отражения нормально падающей электроупругой волны рассматривается как на основе точных уравнений электродинамики, так и в квазиста-

тическом приближении. Установлено, что неоднородная отраженная волна квазистатического приближения не имеет обоснования.

Մ.Վ. Բելուբեկյան, Վ.Գ. Գարակով

**Ուղիղ ընկնող աահքի էլեկտրամագնիսաառաձգական ալիքի
անդրադարձումը երկու պիեզոակտիվ միջավայրերը
բաժանող հարթ եզրից**

Ուղիղ ընկնող էլեկտրաառաձգական ալիքի անդրադարձման խնդիրը դիտարկվում է և՛ ճշգրիտ էլեկտրադինամիկայի հավասարումների հիման վրա, և քվազեստատիկ մոտավորությունով: Հաստատված է, որ քվազիստատիկ մոտավորությունով ստացված անդրադարձված անհամասեռ ալիքը հիմնավորում չունի:

M. V. Belubekyan, V. G. Garakov

**Reflection of the Normal Falling Shear Electroelastic Wave from the
Plane Boundary of the Two Piezoactive Media**

The problem of reflection of the normal falling electroelastic wave on the bases of the exact electrodynamical equations and in quazistatic approximation is considered. It is established that the nonhomogeneous reflected wave in quazistatic approximation has no justification.

Литература

1. *Baghdasaryan A., Belubekyan M.* In: Proc. of the 8th Intern. Congress of Jheral stresses (TS). 2009. Univer. of Illinois of Urbana–Champaign, USA. V.1. P.183–186.
2. *Балакиров М. К., Гилинский И. А.* Волны в пьезокристаллах. Новосибирск. Наука. 1982. 240 с.
3. *Багдасарян Г. Е., Даноян З. Н.* Электромагнитоупругие волны. Ереван. Изд. ЕГУ. 2006. 492 с.

МЕХАНИКА

УДК 539.3

Академик С. А. Амбарцумян

Мембранная микрополярная теория оболочек, изготовленных из разномодульного материала

(Представлено 21/VII 2013)

Ключевые слова: микрополярная теория, разномодульность, безмоментная теория оболочек.

В основе предлагаемого варианта теории лежат исследования, опубликованные в работах [1-4], где читатель при желании может найти список соответствующей обобщающей литературы.

1. Пусть весьма тонкая оболочка постоянной толщины h отнесена к смешанной ортогональной системе координат α_i . Пусть криволинейные координаты α_1 и α_2 совпадают с линиями главной кривизны срединной

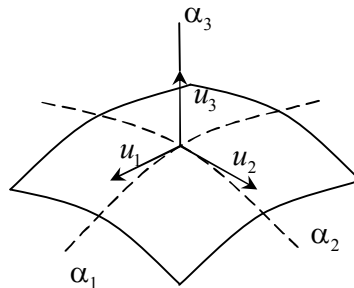


Рис. 1

поверхности оболочки, а координата α_3 прямолинейна и направлена по внешней нормали срединной поверхности. Пусть $R_1(\alpha_1, \alpha_2)$ и $R_2(\alpha_1, \alpha_2)$ являются главными радиусами кривизны срединной поверхности, а $k_i = R_i^{-1}$ – главными коэффициентами кривизны (рис.1).

В основе предлагаемой здесь теории наряду с общими предположениями [1-6] лежат также следующие допущения:

а) все искомые напряжения

$$(\sigma_{\alpha_1} = \sigma_{11}, \sigma_{\alpha_2} = \sigma_{22}, \sigma_{\alpha_1\alpha_2} = \sigma_{12}, \sigma_{\alpha_2\alpha_1} = \sigma_{21}, \mu_{\alpha_1\alpha_3} = \mu_{13}, \mu_{\alpha_2\alpha_3} = \mu_{23}),$$

искомые перемещения ($u_{\alpha_1} = u_1 = u$, $u_{\alpha_2} = u_2 = v$, $u_{\alpha_3} = w$), а также ψ_3 не зависят от координаты α_3 ;

б) считаются пренебрежимо малыми напряжения

$$(\sigma_{\alpha_3} = \sigma_{33}, \sigma_{\alpha_i\alpha_3} = \sigma_{i3}, \mu_{\alpha_1} = \mu_{11}, \mu_{\alpha_2} = \mu_{22}, \mu_{\alpha_3} = \mu_{33}, \mu_{\alpha_1\alpha_2} = \mu_{12}, \mu_{\alpha_2\alpha_1} = \mu_{21}),$$

а также компоненты деформации ($\gamma_{13} = \gamma_{31}$, $\gamma_{23} = \gamma_{32}$);

в) разномодульны лишь основные упругие постоянные, т.е. имеем E^+ , E^- , ν^+ , ν^- при этом $E^+\nu^- = E^-\nu^+$. Новые упругие постоянные микрополярной теории – α , β , γ , ε постоянны и не зависят от знаков напряжений ввиду отсутствия экспериментов, в частности, для наноматериалов.

Далее, рассматривая решённые задачи однородных оболочек, согласно основополагающим предположениям разномодульной теории упругости и микрополярной теории в отдельности, легко заметить, что в них неявно фигурируют элементы неоднородной и анизотропной теорий оболочек и пластин. Вопрос этот недостаточно изучен и ждёт своих исследователей. В этой работе, не вдаваясь в подробности, предлагается ещё одно допущение:

г) модуль сдвига в общем напряжённом состоянии имеет следующее осреднённое значение:

$$\mu = \frac{E^+(1+\nu^-) + E^-(1+\nu^+)}{4(1+\nu^+)(1+\nu^-)} = \frac{\mu^+ + \mu^-}{2}. \quad (1.1)$$

При этом обобщённый закон упругости в главных направлениях α , β имеет вид [1,2]

$$\begin{aligned} e_\alpha &= a_{11}\sigma_\alpha + a_{12}\sigma_\beta, & e_{\alpha\beta} &= 0 \\ e_\beta &= a_{12}\sigma_\alpha + a_{22}\sigma_\beta, & e_{\alpha\beta} &= 0 \end{aligned} \quad (1.2)$$

где

$$\begin{aligned} 1) \text{ если } \sigma_\alpha > 0, \sigma_\beta < 0, & a_{11} = \frac{1}{E^+}, a_{22} = \frac{1}{E^-}, a_{12} = -\frac{\nu^+}{E^+} = -\frac{\nu^-}{E^-}, \\ 2) \text{ если } \sigma_\alpha < 0, \sigma_\beta < 0, & a_{11} = \frac{1}{E^-}, a_{12} = \frac{1}{E^+}, a_{21} = -\frac{\nu^+}{E^+} = -\frac{\nu^-}{E^-}. \end{aligned} \quad (1.3)$$

В частности, если

$$\begin{aligned} 1) \sigma_\alpha > 0, \sigma_\beta > 0, & a_{11} = a_{22} = \frac{1}{E^+}, a_{12} = -\frac{\nu^+}{E^+}, \mu^+ = \frac{E^+}{2(1+\nu^+)} \\ 2) \sigma_\alpha < 0, \sigma_\beta < 0, & a_{11} = a_{22} = \frac{1}{E^-}, a_{12} = -\frac{\nu^-}{E^-}, \mu^- = \frac{E^-}{2(1+\nu^-)} \end{aligned} \quad (1.4)$$

2. Для компонент несимметричного тензора деформаций и тензора изгиба-кручения для рассматриваемой задачи плоского напряжённого состояния оболочки имеем [2,14]

$$\begin{aligned} \gamma_{11} &= \frac{1}{B_1} \frac{\partial u}{\partial \alpha_1} + \frac{\nu}{B_1 B_2} \frac{\partial B_1}{\partial \alpha_2} + k_1 w, \\ \gamma_{22} &= \frac{1}{B_2} \frac{\partial v}{\partial \alpha_2} + \frac{u}{B_1 B_2} \frac{\partial B_2}{\partial \alpha_1} + k_2 w, \\ \gamma_{12} &= \frac{1}{B_1} \frac{\partial v}{\partial \alpha_1} - \frac{u}{B_1 B_2} \frac{\partial B_1}{\partial \alpha_2} - \psi_3, \quad \chi_{13} = \frac{1}{B_1} \frac{\partial \psi_3}{\partial \alpha_1}. \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\gamma_{21} = \frac{1}{B_2} \frac{\partial u}{\partial \alpha_2} - \frac{v}{B_1 B_2} \frac{\partial B_2}{\partial \alpha_1} + \psi_3, \quad \chi_{23} = \frac{1}{B_2} \frac{\partial \psi_3}{\partial \alpha_2},$$

где $u(\alpha_1, \alpha_2)$, $v(\alpha_1, \alpha_2)$, $w(\alpha_1, \alpha_2)$ – перемещения; $\psi_3(\alpha_1, \alpha_2)$ – кручение относительно оси α_3 ; $B_i(\alpha_1, \alpha_2)$ – коэффициенты первой квадратичной формы поверхности $\alpha_1 0 \alpha_2$; $k_i(\alpha_1, \alpha_2)$ – главные кривизны этой же поверхности.

Обобщённый закон упругости для предлагаемой модели с учётом (1.1) представляется следующим образом [1–4]:

$$\begin{aligned} \gamma_{11} &= a_{11} \sigma_{11} + a_{12} \sigma_{22} + B_3 m_1^2 \sigma_\beta, \\ \gamma_{22} &= a_{22} \sigma_{22} + a_{12} \sigma_{11} - B_3 l_2^2 \sigma_\alpha, \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \gamma_{12} &= \frac{\mu + \alpha}{4\mu\alpha} \sigma_{12} + \frac{\mu - \alpha}{4\mu\alpha} \sigma_{21}, \\ \gamma_{21} &= \frac{\mu + \alpha}{4\mu\alpha} \sigma_{21} + \frac{\mu - \alpha}{4\mu\alpha} \sigma_{12}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$\chi_{13} = \frac{1}{\gamma + \varepsilon} \mu_{13}, \quad \chi_{23} = \frac{1}{\gamma + \varepsilon} \mu_{23}, \quad (2.4)$$

где

$$B_3 = a_{22} - a_{11}, \quad (2.5)$$

μ_{i3} – микрополярные напряжения (MT^{-2}), которые образуют несимметричные тензоры напряжения; σ_{ik} – классические напряжения разномодульной теории ($ML^{-1}T^{-2}$); $\alpha, \gamma, \varepsilon$ – упругие постоянные микрополярной теории $\alpha - (ML^{-1}T^{-2})$, которые имеют размерность модуля упругости $E^\pm (ML^{-1}T^{-2})$ и $\gamma, \varepsilon - (MLT^{-2})$; σ_ρ – главное напряжение ($ML^{-1}T^{-2}$), которое в плоском напряжённом состоянии, совместно со вторым главным напряжением σ_α , записываются следующим образом [1,4]:

$$\begin{aligned} \sigma_\alpha &= l_1^2 \sigma_{11} + l_2^2 \sigma_{22} + l_1 l_2 (\sigma_{12} + \sigma_{21}), \\ \sigma_\beta &= m_1^2 \sigma_{11} + m_2^2 \sigma_{22} + m_1 m_2 (\sigma_{12} + \sigma_{21}), \end{aligned} \quad (2.6)$$

m_i, l_i – направляющие косинусы, определяющие систему главных координат ($\alpha 0 \beta$) в исходной системе координат ($\alpha_1 0 \alpha_2$), которые удовлетворяют известным соотношениям

	α	β
α_1	l_1	m_1
α_2	l_2	m_2

$$\begin{aligned}
l_1^2 + l_2^2 &= 1, \quad m_1^2 + m_2^2 = 1, \\
l_1^2 + m_1^2 &= 1, \quad l_2^2 + m_2^2 = 1, \\
l_1 l_2 + m_1 m_2 &= 0, \quad l_1 m_1 + l_2 m_2 = 0,
\end{aligned} \tag{2.7}$$

определяемым из очевидного условия $\sigma_{\alpha\beta} = 0$, $\sigma_{\beta\alpha} = 0$, в развёрнутом виде записанного следующим образом:

$$\begin{aligned}
\sigma_{\alpha\beta} &= l_1 m_1 \sigma_{11} + l_2 m_2 \sigma_{22} + l_1 m_2 \sigma_{12} + l_2 m_1 \sigma_{21} = 0, \\
\sigma_{\beta\alpha} &= m_1 l_1 \sigma_{11} + m_2 l_2 \sigma_{22} + m_1 l_2 \sigma_{12} + m_2 l_1 \sigma_{21} = 0.
\end{aligned} \tag{2.8}$$

Из условия (2.8), с учётом соотношений (2.7), для направляющих косинусов имеем:

$$\begin{aligned}
m_1^2 = l_2^2 &= \frac{1}{1+k^2}, \quad m_2^2 = l_1^2 = \frac{k^2}{1+k^2}, \\
m_1 m_2 &= -l_1 l_2 = \frac{k}{1+k^2},
\end{aligned} \tag{2.9}$$

где

$$k = \frac{m_2}{m_1} = -\frac{l_1}{l_2} = -t \pm \sqrt{t^2 + \frac{\sigma_{21}}{\sigma_{12}}}, \quad t = \frac{\sigma_{11} - \sigma_{22}}{2\sigma_{12}}. \tag{2.10}$$

Решая (2.2)-(2.40) относительно напряжений, получим [1-4]

$$\begin{aligned}
\sigma_{11} &= \frac{a_{12}}{\lambda} \gamma_{11} - \frac{a_{12}}{\lambda} \gamma_{22} - \frac{B_3}{\lambda} (a_{22} m_1^2 \sigma_{\beta} + a_{12} l_2^2 \sigma_{\alpha}), \\
\sigma_{22} &= \frac{a_{11}}{\lambda} \gamma_{22} - \frac{a_{12}}{\lambda} \gamma_{11} - \frac{B_3}{\lambda} (a_{11} l_2^2 \sigma_{\alpha} + a_{12} m_1^2 \sigma_{\beta}),
\end{aligned} \tag{2.11}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{12} &= (\mu + \alpha) \gamma_{12} + (\mu - \alpha) \gamma_{21}, \\
\sigma_{21} &= (\mu + \alpha) \gamma_{21} + (\mu - \alpha) \gamma_{12},
\end{aligned} \tag{2.12}$$

$$\mu_{13} = (\gamma + \varepsilon) \chi_{12}, \quad \mu_{23} = (\gamma + \varepsilon) \chi_{23}, \tag{2.13}$$

где

$$\lambda = a_{11} a_{22} - a_{12}^2. \tag{2.14}$$

Напомним, что полученная здесь модель микрополярной разномодульной теории справедлива лишь при принятых выше допущениях в) и г)

3. Из условий статической эквивалентности для внутренних усилий T_{11} , T_{22} , S_{12} , S_{21} и планарных моментов Q_{13} , Q_{23} , не вызывающих трансверсальных явлений изгибного характера, имеем [1-6]

$$T_i = h \sigma_{ii}, \quad S_{ik} = h \sigma_{ik}, \quad Q_{i3} = h \mu_{i3}. \tag{3.1}$$

Из (2.10), (2.15) согласно (3.1) имеем

$$k = -t \pm \sqrt{t^2 + \frac{S_{21}}{S_{12}}}, \quad t = \frac{T_1 - T_2}{2S_{12}}. \quad (3.2)$$

Пусть $T_\alpha = h\sigma_\alpha > 0$, $T_\beta = h\sigma_\beta < 0$, тогда в силу (3.1) заключаем, что $(S_{12} + S_{21})$ и k имеют разные знаки:

$$k = -\frac{T_1 - T_2}{2S_{12}} - \left[\left(\frac{T_1 - T_2}{2S_{12}} \right)^2 + \frac{S_{21}}{S_{12}} \right]^{1/2} < 0 \quad \text{при} \quad (S_{12} + S_{21}) > 0, \quad (3.3)$$

$$k = -\frac{T_1 - T_2}{2S_{12}} + \left[\left(\frac{T_1 - T_2}{2S_{12}} \right)^2 + \frac{S_{21}}{S_{12}} \right]^{1/2} > 0 \quad \text{при} \quad (S_{12} + S_{21}) < 0.$$

Наконец, укажем, что при решении конкретных задач мы всегда должны знать знаки главных напряжений для корректного выбора соответствующих упругих постоянных — E^+ , ν^+ или E^- , ν^- . Эти постоянные могут быть выбраны как по ходу выполнения выкладок, так и в конце.

Наконец, из (3.3) вытекает, что при выполнении условия

$$(S_{12} + S_{21}) - T_1 T_2 > 0 \quad (3.4)$$

в данной точке будут иметь место неравенства $T_\alpha > 0$, $T_\beta < 0$, т.е. данная точка является точкой второго рода, для которой справедлив обобщённый закон упругости (2.2), (2.3). В противном случае имеем $T_\alpha > 0$, $T_\beta > 0$ или $T_1 < 0$, $T_\beta < 0$, т.е. данная точка является точкой первого рода, для которой справедлив классический закон упругости изотропного тела [1,3].

4. Внутренние усилия и планарные моменты должны удовлетворять следующей системе уравнений равновесия [1,5]:

$$\frac{\partial B_2 T_1}{\partial \alpha_1} - \frac{\partial B_2}{\partial \alpha_1} T_2 + \frac{\partial B_1 S_{21}}{\partial \alpha_2} + \frac{\partial B_1}{\partial \alpha_2} S_{12} = -B_1 B_2 X, \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial B_1 T_2}{\partial \alpha_2} - \frac{\partial B_2}{\partial \alpha_2} T_1 + \frac{\partial B_2 S_{12}}{\partial \alpha_1} + \frac{\partial B_2}{\partial \alpha_1} S_{21} = -B_1 B_2 Y, \quad (4.2)$$

$$k_1 T_1 + k_2 T_2 = Z, \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial B_2 Q_{13}}{\partial \alpha_1} + \frac{\partial B_1 Q_{23}}{\partial \alpha_2} + B_1 B_2 (S_{12} - S_{21}) = 0, \quad (4.4)$$

где $X(\alpha_1, \alpha_2)$, $Y(\alpha_1, \alpha_2)$, $Z(\alpha_1, \alpha_2)$ — компоненты поверхностной нагрузки, приведённые к срединной поверхности оболочки.

Планарные моменты и внутренние усилия должны удовлетворять граничным условиям. Ради краткости записи граничные условия приводятся лишь для края $\alpha_1 = \text{const}$:

а) свободный край: $T_1 = 0$, $S_{12} = 0$, $Q_{13} = 0$;

б) шарнирный закреплённый в тангенциальном направлении край: $T_1 = 0$, $\nu = 0$, $Q_{13} = 0$;

в) жёстко заделанный край: $u = 0, v = 0, \psi_3 = 0$.

Безусловно, возможны и другие граничные условия [1-6]

Согласно (2.2) - (2.4), (2.11), (2.15), (3.1), определив внутренние усилия и планарные моменты и подставив их в уравнения равновесия (4.1) – (4.4), получим полную систему дифференциальных уравнений относительно искоемых функций u, v, w, ψ . Она в общем случае достаточно громоздка и необозрима, поэтому её здесь не приводим.

5. Для иллюстрации рассмотрим модельную задачу кручения замкнутой круговой цилиндрической оболочки. Оболочка длиной l с радиусом кривизны R закреплена одним торцом ($\alpha_1 = 0$) и подвергается кручению

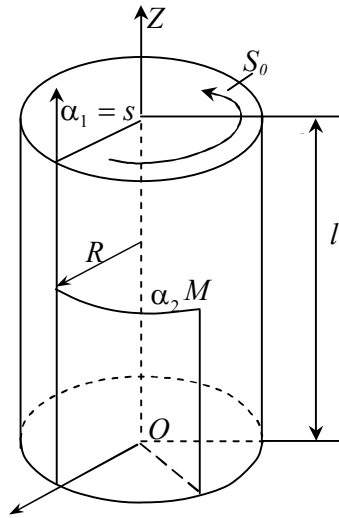


Рис. 2

усилием S_0 , приложенным к другому торцу ($\alpha_1 = l$) оболочки (рис. 2).

Коэффициенты первой квадратичной формы B_i и главные радиусы кривизны R_i имеют следующие значения:

$$B_1 = 1, B_2 = 1, R_1 = \infty, R_2 = R. \quad (5.1)$$

Компоненты поверхностной нагрузки (X, Y, Z) равны нулю.

Осесимметричная задача. Уравнения равновесия (4.1) – (4.4) примут вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_1}{\partial \alpha_1} &= 0, \quad \frac{\partial S_{12}}{\partial \alpha_1} = 0, \quad \frac{T_2}{R} = 0, \\ \frac{\partial Q_{13}}{\partial \alpha_1} + (S_{12} - S_{21}) &= 0. \end{aligned} \quad (5.2)$$

Граничные условия запишутся следующим образом [2]:

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha_1 = 0 \quad & u = 0, \quad v = 0, \quad \psi = 0, \\ \text{при } \alpha_1 = l \quad & T_1 = 0, \quad S_{12} = S_0, \quad Q_{13} = 0. \end{aligned} \quad (5.3)$$

Компоненты деформации и изгиба-кручения (2.1) примут вид

$$\begin{aligned} \gamma_{11} &= \frac{\partial u}{\partial \alpha_1}, \quad \gamma_{22} = \frac{w}{R}, \quad \gamma_{12} = \frac{\partial v}{\partial \alpha_1} - \psi_3, \\ \gamma_{21} &= \psi_3, \quad \chi_{13} = \frac{\partial \psi_3}{\partial \alpha_1}, \quad \chi_{23} = 0, \end{aligned} \quad (5.4)$$

соотношения упругости (2.11) – (2.14) согласно (3.1), (5.4) примут следующий вид:

$$\begin{aligned} T_1 &= h \frac{a_{22}}{\lambda} \frac{du}{ds} - h \frac{a_{12}}{\lambda} \frac{w}{R} - \frac{B_3}{\lambda} (a_{22} m_1^2 \sigma_\beta + a_{12} l_2^2 \sigma_\alpha) h, \\ T_2 &= h \frac{a_{11}}{\lambda} \frac{w}{R} - h \frac{a_{12}}{\lambda} \frac{du}{ds} + \frac{B_3}{\lambda} (a_{11} l_2^2 \sigma_\alpha + a_{12} m_1^2 \sigma_\beta) h, \end{aligned} \quad (5.5)$$

$$S_{12} = h(\mu + \alpha) \frac{\partial v}{\partial s} - h(\mu + \alpha) \psi_3 + h(\mu - \alpha) \psi_3, \quad (5.6)$$

$$S_{21} = h(\mu + \alpha) \psi_3 + h(\mu - \alpha) \frac{\partial v}{\partial s} - h(\mu - \alpha) \psi_3,$$

$$Q_{13} = h(\gamma + \varepsilon) \frac{\partial \psi_3}{\partial s}, \quad Q_{23} = 0. \quad (5.7)$$

Здесь и в последующем принимается $\alpha_1 = S$. Из первых трёх уравнений равновесия (5.2) согласно граничным условиям (5.3) для внутренних усилий получим

$$T_1 = 0, \quad T_2 = 0, \quad S_{12} = S_0. \quad (5.8)$$

Из соотношений упругости (5.6), (5.7) согласно (5.8) после элементарных преобразований с учётом граничных условий (5.3) получим [1-4]

$$S_{21} = \left[1 - \frac{2\alpha}{\mu + \alpha} \frac{\text{ch} p(l-s)}{\text{ch} pl} \right] S_0, \quad (5.9)$$

$$Q_{13} = (\gamma + \varepsilon) \frac{\text{ch} p(l-s)}{\text{ch} pl} \frac{p S_0}{2\mu h}, \quad (5.10)$$

$$\psi_3 = \left[1 - \frac{\text{ch} p(l-s)}{\text{ch} pl} \frac{p S_0}{2\mu h} \right] \frac{S_0}{2\mu h}, \quad (5.11)$$

где

$$p^2 = \frac{4\mu\alpha}{(\mu + \alpha)(\gamma + \varepsilon)}. \quad (5.12)$$

Из соотношений упругости (5.6) согласно (5.8)-(5.11) для определения тангенциального перемещения $v(s)$ получим

$$\frac{dv}{ds} = \frac{1}{\mu h} \left[1 - \frac{\alpha}{\mu + \alpha} \frac{\text{ch} p(l-s)}{\text{ch} pl} \right] S_0, \quad (5.13)$$

интегрируя (5.12) с учётом граничного условия (5.4), получим [3,4]

$$v = \left[S + \frac{\alpha}{\mu + \alpha} \frac{\text{ch} p(l-s) - \text{ch} pl}{p \text{ch} pl} \right] \frac{S_0}{\mu h}. \quad (5.14)$$

Полученные здесь представления (5.8)-(5.14) по структуре, как и следовало ожидать, совпадают с соответствующими представлениями, полученными согласно микрополярной теории [3,4]. Здесь разномодульность фигурирует лишь в μ (см (1.1)).

Согласно (3.1), (5.8) и (5.9) из (2.9), (2.10) имеем

$$k = \pm \sqrt{\frac{\sigma_{21}}{\sigma_{12}}} = \pm \sqrt{\frac{S_{21}}{S_0}}, \quad m_1^2 = l_2^2 = \frac{S_0}{S_0 + S_{21}}, \quad (5.15)$$

$$m_2^2 = l_1^2 = \frac{S_{21}}{S_0 + S_{21}}, \quad m_1 m_2 = -l_1 l_2 = \frac{\sqrt{S_{21} S_0}}{S_0 + S_{21}}.$$

Далее из (2.6) получим

$$\sigma_\alpha = -\frac{1}{h}\sqrt{S_0 S_{21}}, \quad \sigma_\beta = \frac{1}{h}\sqrt{S_0 S_{21}}. \quad (5.16)$$

Подставляя в (2.2) значения γ_{ii} , B_3 , m_1^2 , l_2^2 , σ_α , σ_β , соответственно из (5.4), (2.5), (5.15), (5.16) получим

$$\frac{du}{ds} = \frac{B_3}{h} \frac{S_0 \sqrt{S_0 S_{21}}}{S_0 + S_{21}}, \quad \frac{w}{R} = \frac{B_3}{h} \frac{S_0 \sqrt{S_0 S_{21}}}{S_0 + S_{21}}. \quad (5.17)$$

В (5.17), подставляя значение S_{21} из (5.9), получим

$$\frac{w}{R} = \frac{B_3}{2h} \frac{\sqrt{1 - 2 \frac{\alpha}{\mu + \alpha} \frac{\operatorname{ch} p(l-s)}{\operatorname{ch} pl}}}{\sqrt{1 - \frac{\alpha}{\mu + \alpha} \frac{\operatorname{ch} p(l-s)}{\operatorname{ch} pl}}} S_0, \quad (5.18)$$

$$\frac{du}{ds} = \frac{B_3}{2h} \frac{\sqrt{1 - 2 \frac{\alpha}{\mu + \alpha} \frac{\operatorname{ch} p(l-s)}{\operatorname{ch} pl}}}{\sqrt{1 - \frac{\alpha}{\mu + \alpha} \frac{\operatorname{ch} p(l-s)}{\operatorname{ch} pl}}} S_0. \quad (5.19)$$

Последнее представление рациональнее интегрировать численно.

Рассматривая полученные здесь результаты, замечаем, что даже принятая упрощённая модель разномодульности может привести к новым результатам. В этой простейшей задаче полученное напряжённо-деформированное состояние существенно отличается от классического.

6. Мы полагаем, что заинтересованный читатель, корректируя исходные предположения, сумеет построить общую микрополярную теорию разномодульных оболочек. А в последующем – разномодульную, микрополярную теорию упругости, теорию для корректного определения напряжённо-деформированного состояния элементов конструкций, изготовленных из наноматериалов.

Исследование выполнено в рамках научного проекта № SCS 13 – 2C 005 ГКН МОН РА.

Институт механики НАН РА

Академик С. А. Амбарцумян

Мембранная микрополярная теория оболочек, изготовленных из разномодульного материала

В рамках безмоментной теории оболочек предложена новая модель микрополярной теории оболочек, изготовленных из разномодульного материала. Для иллюстрации предложенной модели рассмотрена задача кручения замкнутой круговой цилиндрической оболочки.

Ակադեմիկոս Ս. Ա. Համբարձումյան
Տարամոդուլ նյութից պատրաստված անսոմենտ թաղանթների
միկրոպոլյար տեսություն

Անսոմենտ թաղանթների տեսության շրջանակներում առաջարկված է տարամոդուլ նյութից պատրաստված միկրոպոլյար թաղանթների տեսության նոր մոդել: Որպես առաջարկված մոդելի օրինակ դիտարկված է փակ գլանաձև թաղանթի ոլորման խնդիրը:

Academician S. A. Ambartsumian
Membrane Micropolar Theory of Shells Made of Different
Modulus Material

In the framework of membrane theory of shells a new model of micropolar theory of shell made of different elastic modulus material is suggested. As an example of the presented model a torsion problem of a closed circular cylindrical shell is considered.

Литература

1. *Амбарцумян С. А.* Разномодульная теория упругости. М. Наука. 1982. 319 с.
2. *Амбарцумян С. А.* Сопротивление материалов, разнсопротивляющихся растяжению и сжатию. Ереван. Изд-во РАУ. 2004. 188 с.
3. *Амбарцумян С. А.* Микрополярная теория оболочек и пластин. Ереван. Изд-во НАН РА. 1999. 214 с.; 2-е изд. Ереван. Изд-во НАН РА «Гитутюн». 2013. 233 с.
4. *Амбарцумян С. А., Белубекян М. В.* Прикладная микрополярная теория упругих оболочек. Ереван. Изд-во НАН РА «Гитутюн». 2010. 136 с.
5. *Амбарцумян С. А.* Общая теория анизотропных оболочек. М. Наука. 1982. 446 с.
6. *Власов В. З.* Общая теория оболочек. М. Гостехиздат. 1946. 784 с.

УДК 577.152:851.48+616.34-006

Օ. Խ. Ավագյան, Ն. Խ. Ալիսյան, Ն. Օ. Մովսեսյան, Ա. Ա. Աղաբաբովա
Метаболический профиль L-аргинина в головном мозге мышей
при асцитной карциноме Эрлиха и влияние противоопухолевой
терапии авирулентными штаммами *Escherichia coli*: синтаза
оксида азота. Сообщение 2

(Представлено академиком М.Г. Инджикян 5/IV 2013)

Ключевые слова: *Escherichia coli*, L-аргинин, асцитная карцинома Эрлиха, активные формы азота, головной мозг, митохондрии, синтаза оксида азота, цитоплазма, L-цитруллин

Реципрокная регуляция синтазы оксида азота (NOS) и аргиназы контролирует пул аргинина во всех органах и тканях, в которых они конкурируют за общий субстрат, а их взаимовлияние играет роль в процессах нейтро- и иммунорегуляции [1]. Плейотропным влиянием NO обусловлена его способность альтернативно воздействовать на пролиферацию клеток, апоптоз, миграцию, инвазию, ангиогенез и многие другие важные процессы в биологии рака, оказывая при этом анти- и проканцерогенное действие [2]. Ранее нами было показано, что обработка мышей с асцитной карциномой Эрлиха (АКЭ) непатогенными штаммами *Escherichia coli* оказывает противоопухолевое действие и влияет на содержание L-аргинина и его метаболитов в перитонеальных лейкоцитах и асцитной жидкости [3]. Выяснилось, что в патогенезе АКЭ участвуют обе изоформы аргиназы и NOS, на активность которых влияет бактериальная терапия. Ранее было показано, что эти ферменты могут коиндуцироваться у мышей в норме при введении эндотоксина или липополисахарида (ЛПС), входящего в состав клеточных стенок грамотрицательных бактерий, включая *E. coli* [4]. Согласно современным представлениям эндотоксин кишечной микрофлоры участвует в регуляции иммунного гомеостаза и эндотоксиновая недостаточность ассоциируется с развитием иммунодефицита, характерного и для онкологии, и затрагивает системные механизмы функционирования организма [5]. Исходя из этого исследование дихотомического метаболизма L-аргинина представляет интерес не только в очаге развития опухоли, но и во всем организме.

В представленной работе при АКЭ и *E. coli*-терапии впервые изучена

L-аргининзависимая продукция NO в клеточных компартментах тканей головного мозга мышей, в которых нами выявлены сдвиги в активности изоформ аргиназы [6].

Материал и методы. Опыты осуществляли с соблюдением правил содержания и обращения с животными, изложенных в Директивах Европейского сообщества (86/609/ЕС) и одобренных Комитетом по биомедицинской этике при Институте биохимии им. Г.Х. Бунятяна НАН РА. Эксперименты проводили на 2-месячных беспородных белых мышах-самцах массой 20-22 г, которые содержались в виварии в условиях естественного освещения и свободного доступа воды и пищи. Животные были разделены на группы (n=18/группу): контрольная – здоровые мыши и две опытные – мыши с АКЭ и мыши с АКЭ, подвергнутые одноразовой интраокулярной обработке клетками *E. coli* (медицинский центр «Арменикум»).

Формирование у мышей АКЭ, бактериальная обработка, оценка противоопухолевого эффекта, получение перитонеальных лейкоцитов, выделение митохондриальной и цитоплазматических фракций головного мозга и перитонеальных лейкоцитов подробно описаны нами в предыдущих работах [3, 6].

Забор биологического материала. Мышей декапитировали и осуществляли забор клеток брюшной полости. Контрольным здоровым мышам после декапитации в брюшную полость шприцем вводили 3-5 мл 20 мМ HEPES буфера pH 7.4, далее с помощью шприца собирали суспензию перитонеальных клеток, которую центрифугировали при 1000 об/мин 10 мин. Осадок ресуспендировали в среде DMEM (жидкая среда (1x) с Na₂CO₃, без глутамин) и культивировали в термостате при 37°C в течение 24 ч, после чего клетки осаждали центрифугированием при 1000 об/мин 10 мин. Из брюшной полости опытных групп мышей с АКЭ вытягивали асцитную жидкость, из которой клетки осаждали центрифугированием при 1000 об/мин 10 мин. Осажденные клетки, полученные от контрольных и/или опытных животных, разводили в 20 мМ HEPES буфере pH 7.4 и выделяли субпопуляции перитонеальных лейкоцитов.

Определение стабильных метаболитов оксида азота. В пробах осаждали белки 0.5 N NaOH и 10% ZnSO₄ (в пропорции 1:1:1 по объему) и после центрифугирования при 15000 об/мин 3 мин при комнатной температуре в супернатантах реакцией диазотирования с использованием свежеприготовленного реактива Грисса–Илосвая определяли содержание стабильных метаболитов оксида азота (NO₂⁻, NO₃⁻, N₂O₄, N₂O₃), которое выражали в нмоль (NO₂⁻) мг⁻¹ белка [7].

Определение содержания L-цитруллина осуществляли модифицированным методом Мора и Кауфмана [8]. После осаждения белков 10%-ной трихлоруксусной кислотой пробы центрифугировали при 15000 об/мин 3 мин при комнатной температуре. К супернатантам добавляли в пропорции 1:2 (по объему) реактивную смесь: 9.6% H₂SO₄ и реагент (5 мМ диацетилмоноксим, 0.9 мМ тиосемикарбазид и 0.025 мМ FeCl₃), смешанные в соотношении 1:1 (по объему), нагревали 10 мин в кипящей водяной бане и после охлаждения содержание L-цитруллина, которое выражали в

нмоль L-цитруллина мг^{-1} белка, определяли спектрофотометрически при длине волны 490 нм.

Определение общей активности NO синтазы осуществляли долговременной инкубацией исследуемых проб (22 ч, 37°C) в реакционной смеси: 20 мМ HEPES буфер, содержащий 2 мМ дитиотреитол, 3 мМ $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pH 7.4 с добавлением 0.2 мМ NADPH и 1.7 мМ CaCl_2 , реакцию запускали введением 5.3 мМ L-аргинина. В параллельных контрольных экспериментах пробы инкубировали в присутствии 5 мМ N^ω-монометил-L-аргинина, конкурентного природного ингибитора всех изоформ NOS. Активность NOS определяли по аккумуляции стабильных метаболитов NO и выражали в нмоль (NO_2^-) мг^{-1} белка 22 ч⁻¹.

Содержание белка определяли методом Лоури с использованием бычьего сывороточного альбумина в качестве стандарта [9].

Статистика. Достоверность различий оценивали на основе параметрического однофакторного дисперсионного анализа (one-way Anova) и постдисперсионного анализа Холм–Сидака с помощью пакета программ SigmaStat 3.5 for Windows. Анализ корреляций проводили по коэффициенту линейной корреляции Пирсона (r). В качестве критерия достоверности принимали $p < 0.05$.

Результаты и обсуждение. Результаты изучения аргининзависимой продукции NO в брюшной полости и головном мозге мышей на 11-й день развития АКЭ представлены на рис. 1. В гомогенатах и цитоплазме тканей мозга активность NO синтазы возрастает в 2 и 4 раза, соответственно, по

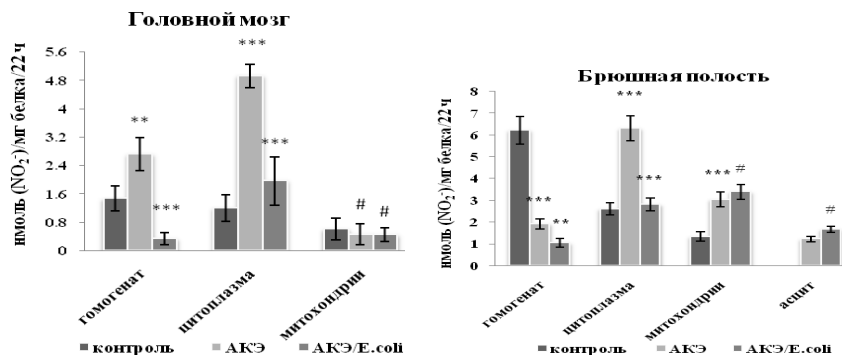


Рис. 1. Активность синтазы оксида азота в головном мозге и брюшной полости мышей при АКЭ и *E. coli*-терапии. Результаты представлены в виде $M \pm \text{SEM}$, $n=18$. Здесь и далее достоверность параметров (p), оцениваемых при АКЭ, определялась по сравнению с контрольными значениями, а после *E. coli*-терапии — по сравнению с данными, полученными одновременно в отношении нелеченых животных с АКЭ. Достоверность на графиках представлена следующими обозначениями: # $p > 0.05$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

сравнению с контрольными животными, тогда как в митохондриях изменений не обнаружено. В то же время и в цитоплазме, и в митохондриях перитонеальных лейкоцитов детектируется повышение NO синтазной актив-

ности в 2.4 и 2.3 раза, соответственно. Интересно, что одновременно в гомогенатах лейкоцитов наблюдается падение активности фермента втрое. Не исключено, что это связано с проникновением NO в клеточную мембрану и активным метаболизированием с уменьшением его биодоступности. Липофильность и малые размеры позволяют NO свободно диффундировать через клеточные мембраны и компоненты межклеточного вещества, причем взаимодействие NO с кислородом происходит в 300 раз быстрее в гидрофобных областях мембраны, чем в окружающей водной среде [10]. Благодаря наличию неспаренного электрона на внешней π -орбитали NO активно взаимодействует с металлами, металлсодержащими пептидами и белками, активными формами кислорода и пр. [11]. Такое активное взаимодействие, по-видимому, происходит в активированных перитонеальных лейкоцитах при АКЭ, в отличие от клеток мозга.

В органах и тканях млекопитающих и человека функционируют разные изоформы NOS: конститутивные, нейрональная и эндотелиальная которые в центральной и периферической нервной системе участвуют в нейротрансмиссии, разных сигнальных путях и регуляции мозгового кровообращения, и индуцибельная изоформа, iNOS, функционирующая в рамках врожденной иммунной системы [12]. Недавно открыта митохондриальная NOS, представленная в основном конститутивными изоформами NOS [13]. Тем не менее позитивный иммуоблотинг подтвердил конститутивную экспрессию iNOS в митохондриях и субмитохондриальных мембранах мотонейронов и клеток Шванна мышей [14, 15]. Нами конститутивное функционирование iNOS выявлено в митохондриях префронтального кортекса и подкорковых структур лимбической системы мозга крыс [16]. Таким образом, проявление активности NOS, определяемой в цитоплазме и митохондриях, зависит от функционирования вышеперечисленных форм, и их вклад при АКЭ еще предстоит выяснить.

Следует отметить, что iNOS – единственная изоформа, способная продуцировать NO в течение нескольких дней и стойко повышать уровень активных форм азота (АФА) [17]. Экспрессия iNOS усиливается при иммунном и воспалительном ответе, в том числе и в мозге [18]. И возможно, именно iNOS вносит больший вклад в повышение содержания АФА в гомогенатах и субклеточных фракциях клеток мозга при АКЭ. Более того, устойчивое повышение концентрации аргинина, которое также выявлено нами в клеточных компартментах мозга при АКЭ [6], по-видимому, вносит свой вклад в стимулирование общей активности NOS. L-аргинин способствует самосборке мономеров NOS в активные димеры с последующей стабилизацией их структуры, и особенно iNOS, которая является высокопроизводительной формой фермента и поэтому в большей степени зависит от концентрации L-аргинина в среде и активируется при его повышении [14, 19], что может быть связано также со стимулированием транспорта аминокислоты. Транспорт циркулирующего аргинина через клеточную мембрану осуществляется в большинстве типов клеток млекопитающих, в том числе и опухолевых, Na^+ -независимой системой транспорта катионных аминокислот [20]. Цитокины (интерферон-гамма, фактор некроза опу-

холи – альфа) и ЛПС влияют на активность транспортера аргинина, который под их воздействием коиндуцируется с NOS, поставляя для последней субстрат [21]. В [29] показано, что NOS и транспортер аргинина колокализованы в плазматической мембране, что позволяет осуществлять избирательное снабжение аминокислоты для NO синтазы [22].

Изучение субклеточного содержания продуктов реакции NOS, цитруллина и стабильных продуктов окисления оксида азота, так называемых активных форм азота (АФА) показало, что при АКЭ в головном мозге во всех исследуемых фракциях возрастает содержание АФА и цитруллина (рис. 2). Уровень АФА повышается в 3, 1.8 и 3.6 раза, а цитруллина – в 2.6, 2.2 и 2.2 раза в гомогенатах, цитоплазме и митохондриях, соответственно.

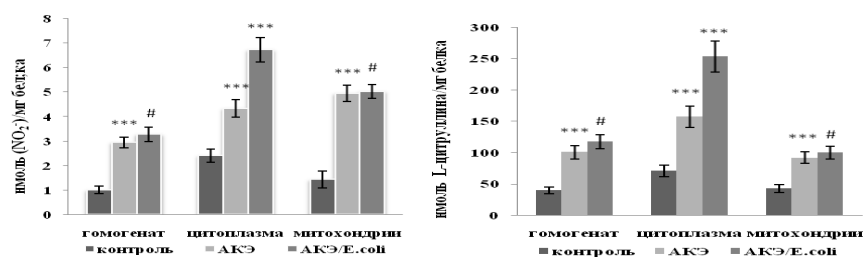


Рис. 2. Субклеточные сдвиги содержания стабильных метаболитов оксида азота и L-цитруллина в головном мозге мышей при асцитной карциноме Эрлиха (АКЭ) и *E. coli*-терапии. Результаты представлены в виде $M \pm SEM$, $n=18$.

Оксид азота, а также стабильные продукты его окисления, нитриты/нитраты являются хаотропными агентами, которые влияют на свойства клеточных мембран и могут в зависимости от концентрации вызывать внутриклеточное перераспределение белков из растворимого в мембраносвязанное состояние. Так, NO-генерирующие соединения в концентрации более 10^{-5} M приводят к локальному нарушению целостности мембран клеток крови, а NO-индуцированная гиперполяризация плазматической мембраны уменьшает микровязкость аксолеммы, влияя на частоту их ритмической активности [23]. Отметим, что NO принадлежит к новому семейству сигнальных молекул со свойствами нейротрансмиттера и регулирует секрецию дофамина, норадреналина, серотонина, ацетилхолина и прочих нейромедиаторов, включаясь в процессы синаптической нейротрансмиссии [19, 24].

Противоопухолевое действие *E. coli*-терапии сопровождается повышением уровня АФА и цитруллина в цитоплазме клеток мозга, тогда как в гомогенате и цитоплазме изменения незначительны и недостоверны. Наблюдается высокая степень достоверной положительной корреляции между содержанием АФА и L-цитруллина в гомогенатах ($r=0.98$, $p<0.0001$), цитоплазме ($r=0.87$, $p<0.0001$) и митохондриях ($r=0.86$, $p<0.0001$), что подтверждает их метаболическую связь и активирование системы NOS/NO. Примечательно, что NO проявляет эффективное антимикробное действие не только в отношении ряда внутриклеточных бактерий и паразитов, но и

таких экстрацеллюлярных бактерий, как *E. coli* [25], которая, по-видимому, стимулирует ферментативную систему продукции NO в головном мозге мышей с АКЭ при *E. coli*-терапии. В то же время показано, что стресс-гормоны способствуют росту непатогенных штаммов *E. coli* через взаимодействие с такими катехоламинами хозяина, как адреналин и норадреналин [26], на уровень которых также влияет система NOS/NO. Отметим, что увеличение уровня биодоступного NO, вызванное обработкой *E. coli*, может подавлять iNOS. Так, 18-кратное повышение экспрессии iNOS цитокин-стимулированными гепатоцитами крыс подавляется донорами NO (S-нитрозо-N-ацетил-D,L-пенициламин и V-PYRRO/NO) и восстанавливается его скавенджерами (эритроциты) [27]. Подобный эффект проявляется в наших экспериментах в виде снижения общей активности NOS в цитоплазме клеток мозга и имеет защитное значение, поскольку длительная генерация NO в результате функционирования iNOS сопровождается гиперпродукцией активных форм азота, оказывающих повреждающее действие в клетках и тканях [28].

В клеточной линии мышинных макрофагоподобных RAW264.7 клеток митоген-активируемая протеинкиназа (MAPK) опосредует ЛПС-индуцированную экспрессию iNOS, в то время как MAPK фосфатаза-1 переключает метаболизм аргинина с продукции NO на образование орнитина [29]. В то же время авторы отмечают, что сверхэкспрессия MAPK фосфатазы-1, равно как ее дефицит, не оказывает существенного влияния на экспрессию изоформ аргиназы, но влияет на экспрессию iNOS. Эти данные при дальнейшем исследовании могут пролить свет на процессы, влияющие на альтернативные пути превращения аргинина при АКЭ и после *E. coli*-терапии.

Таким образом, развитие асцитной карциномы Эрлиха сопровождается нарушениями интрацеллюлярного обмена аргинина в головном мозге, и более полное понимание механизмов, вовлеченных в патогенез рака, требует изучения и исследования системной роли и регуляции многих ферментов и путей, участвующих в метаболической судьбе аргинина.

Институт биохимии
им. Г.Х. Бунятяна НАН РА

О. Х. Авагян, Н. Х. Алчуджян, Н. О. Мовсесян, А. А. Агабабова

Метаболический профиль L-аргинина в головном мозге мышей при асцитной карциноме Эрлиха и влияние противоопухолевой терапии авирулентными штаммами *Escherichia coli*: синтаза оксида азота.

Сообщение 2

Обнаружено активирование синтазы оксида азота в цитоплазме головного мозга и цитоплазме и митохондриях лейкоцитов брюшной полости мышей и ассоциированное повышение содержания L-цитруллина и стабильных метаболитов оксида азота в исследуемых клеточных компартментах при асцитной карциноме Эрлиха. При противоопухолевом лечении клиническими авирулентными штам-

мами *Escherichia coli* нормализуется активность синтазы оксида азота в клетках головного мозга так же, как и в цитоплазме перитонеальных лейкоцитов.

Հ. Խ. Ավագյան, Ն. Խ. Ալխույան, Ն. Հ. Մովսեսյան, Ա.Ա. Աղաբաբովա

**L-արգինինի նյութափոխանակության պատկերը մկների գլխուղեղում Էրլիխի
ասցիտային կարցինոմայի ժամանակ և հակառուռոցքային բուժման
ազդեցությունը *Escherichia coli*-ի ոչ ախտածին շտամների օգտագործմամբ.
ազոտի օքսիդի սինթազ: Հաղորդում 2**

Առաջին անգամ ազոտի օքսիդի սինթազի խթանումը բացահայտվել է գլխուղեղի
հյուսվածքների բջջապլազմայում և որովայնի լեյկոցիտների բջջապլազմայում և միտո-
քոնդրիումներում, ինչպես նաև L-ցիտրուլինի ու ազոտի օքսիդի նյութափոխանակու-
թյան կայուն միացությունների մակարդակի աճը հետազոտվող բջջային բաղադրա-
մասերում մկների Էրլիխի ասցիտային կարցինոմայի ժամանակ: *E. coli*-ի ոչ ախտածին
կլինիկական շտամների հակառուռոցքային բուժումն ուղեկցվում է կարգավորիչ
ազդեցությամբ ազոտի օքսիդի սինթազի ակտիվության վրա գլխուղեղի և որովայնի
լեյկոցիտների բջջապլազմայում:

H. Kh. Avagyan, N. Kh. Alchujyan, N. H. Movsesyan, A. A. Aghababova

**L-arginine Metabolic Profile in the Mice Brain at Ehrlich Ascites
Carcinoma and Effects of Anticancer Therapy with Avirulent Strains of
Escherichia coli: Nitric Oxide Synthase. Report 2**

Up-regulation of the nitric oxide synthase (NOS) in cytoplasm of the brain tissues
and in cytoplasm and mitochondria of the peritoneal leucocytes in mice, as well as the
associated increase in the level of L-citrulline and nitric oxide stable metabolites in the
studied cellular compartments are observed at Ehrlich ascites carcinoma. The NOS
activity is normalized in cytoplasm of brain tissues and peritoneal leucocyte during
cancer therapy with avirulent clinical strains of *Escherichia coli*.

Литература

1. Mori M. - J. Nutr. 2007. V. 137. P. 1616S–1620S.
2. Burke A. J., Sullivan F. J., Giles F. J., Glynn S. A. - Carcinogenesis. 2013. V. 34. № 3. P. 503–512.
3. Աვაգյան Օ. Խ., Ալխույան Ն. Խ., Մովսեսյան Ն. Օ., Աղաբաբովա Ա. Ա., Մովսեսյան Օ. Ա., Օգաննիսյան Մ. Ք., Բարսեղյան Կ. Ա., Դեգորյան Դ. Ա. - Мед. наука Армении. 2013. Т. 53. № 2. С. 22-33.
4. Salimuddin A., Nagasaki A., Gotoh T., Isobe H., Mori M. - Am. J. Physiol. 1999. V. 277. E110–E117.
5. Яковлев М. Ю. - Физиол. человека. 2003. Т. 29. № 4. С. 98–109.
6. Авагян Օ. Խ., Ալխույան Ն. Խ., Մովսեսյան Ն. Օ., Մինասյան Դ. Դ. - Доклады НАН РА. 2013. Т. 113. № 3. С. 295-302.

7. *Schmidt H. H. H.W., Kelm M.* Determination of nitrite and nitrate by the Griess reaction. In: Feelisch M., Stamler J.S., eds. *Methods in Nitric Oxide Research*. Wiley, Chichester. 1996. P. 491–497.
8. *Moore R. B., Kauffman N. J.* - *Anal. Biochem.* 1970. V. 33. № 2. P. 263–272.
9. *Lowry O. H., Rosebrough N.J., Farr A. L., Randall R. J.* - *J. Biol. Chem.* 1951. V. 193. P. 265–275.
10. *Pfeiffer S., Mayer B.* In: *Nitric oxide* (Eds. R.J. Gryglewski, P. Minuz) IOS Press. 2001. P. 35–44.
11. *Bruckdorfer R.* - *Mol. Aspects Med.* 2005. V. 26. P. 3–31.
12. *Alderton W. K., Cooper C. E., Knowles R. G.* - *Biochem. J.* 2001. V. 357. P. 593–615.
13. *Parihar M. S., Parihar A., Villamena F. A., Vaccaro P.S., Ghafourifar P.* - *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2008. V. 367. № 4. P. 761–767.
14. *Chen K., Northington F. J., Martin L.* - *J. Brain Struct. Funct.* 2010. V. 214. № 2-3. P. 219–234.
15. *Jankord R., Solomon M. B., Alibert J., Flak J. N., Zhang R., Herman J. P.* - *Endocrinology.* 2011. V. 152. № 2. P. 629–638.
16. *Barseghyan K.A., Alchujyan N. Kh., Aghababova A. A., Movsesyan N. H., Avagyan H. Kh., Movsesyan H.A., Melkonyan L. H., Hayrapetyan H. L., Guevorkyan A. G., Kevorkian G. A.* - *Eur. Chem. Bull.* 2013. V. 2. № 6. P. 373–382.
17. *Lowenstein C. J., Padalko E.* - *J. Cell Sci.* 2004. V. 117. P. 2865–2867.
18. *Carpentier P.A., Begolka W.S., Olson J.K., Elhofy A., Karpus W.J., Miller S.D.* - *Glia.* 2005. V. 49. № 3. P. 360–374.
19. *Серая И. П., Нарциссов Я. П.* - *Успехи совр. биол.* 2002. Т. 122. № 3. С. 249–258.
20. *Cendan J.C., Souba W.W., Copeland E.M., Lind D.S.* - *Ann. Surg. Oncol.* 1995. V. 2. P. 257–265.
21. *Cendan J. C., Topping D. L., Pruitt J., Snowdy S., Copeland E. M., Lind D. S.* - *J. Surg. Res.* 1996. V. 60. P. 284–288.
22. *Verrey F., Closs E.I., Wagner C.A., Palacin M., Endou H., Kanai Y.* - *Pflugers Arch.* 2004. V. 447. P. 532–542.
23. *Ульянова Н. А., Максимов Г. В., Чурин А. А., Рубин А. Б.* - *Биофизика.* 2005. Т. 50. № 2. С. 289–296.
24. *Orlando G. F., Wolf G., Engelmann M.* - *Amino Acids.* 2008. V. 35. №1. P. 17–27.
25. *Chakravorty D., Hensel M.* - *Microb. Infect.* 2003. V. 5. P. 621–627.
26. *Freestone P.P., Williams P. H., Haigh R.D., Maggs A. F., Neal C.P., Lyte M.* - *Shock.* 2002. V. 18. P. 465–470.
27. *Chang K., Lee S.J., Cheong I., Billiar T. R., Chang H.T.* - *Exp. Mol. Med.* 2004. V. 36. № 4. P. 311–324.
28. *Gutowski M., Kowalczyk S.* - *ActaBiochim. Pol.* 2013. V. 60. P. 2–16.
29. *Nelin L.D., Wang X., Zhao Q., Chicoine L.G., Young T.L., Hatch D.M., English B.K., Liu Y.* - *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 2007. V. 293. № 2. C632–C640.

Рециклизацией хлорида 2,2-пентаметилен-4-гидроксиметил-6-метилизиндолина в условиях водно-щелочного расщепления получен N-8-метил [1,3-дигидронафто [1,2-с] фуран-4-илметил]пиперидин [4].

Взаимодействием полученного амина с газообразным хлористым водородом в среде абс. эфира получен хлоргидрат N-8-метил [1,3-дигидронафто [1,2-с]фуран-4-илметил] пиперидина AL-3 [4].

Катализируемой основанием циклизацией бромида 1-[пропаргил (3-фенилпропаргил)]-4-п-фторфенилпиперазиния получен бромид Спиро [бенз [f] изоиндолин-4'-п-фторфенил2,4'-пиперазиния] –AL-26 [5].

Стивенсовской перегруппировкой хлорида металлил(4-гидроксипутин-2-ил) морфолина получен (4-металлил-2,5-дигидро-2-фурил) морфолин [6]. Взаимодействием полученного амина с газообразным хлористым водородом в среде абс. эфира получен хлоргидрат(4-металлил-2,5-дигидро-2-фурил)морфолина –AG-182.

Катализируемой основанием внутримолекулярной циклизацией п-бис [3-пентаметилен(2-пропинил)аммоний-1-пропинил]бензолдибромида получен бензо[а,с-5,6:5',6'] ди (2, 2-пентаметиленизоиндолиний) дибромид – (Эл-1) [7].

Катализируемой основанием внутримолекулярной циклизацией бромида (пропаргил-3-α-нафтилпропаргил)пиперидиния получен бромид 2,2-пентаметилен-нафт[f]изоиндолина (Эл-2) [8].

ЛД₅₀ исследуемых соединений и аспирина. При двухнедельном наблюдении ЛД₅₀ соединения Эл-1 составляет 86 мг/кг, соединения Эл-2 – 58, а эталона аспирина – 333 мг/кг.

На основании данных биологических исследований, проведенных ранее [7], выявлено, что соединения Эл-1 и Эл-2 обладают сильной гипотензивной активностью. Активность защищена авторскими свидетельствами СССР [9, 10].

Исследования проводили на белых беспородных крысах-самцах массой 200-220 г. Препараты в основном были водорастворимыми (Эл-1; AL-1; AL-2; AL-26 и AG-182). Только два препарата не растворялись в воде, их растворили в этаноле, учитывая контроль на этанол.

Каждый препарат вводили трем крысам внутрибрюшинно по 0.6 мг на весь вес крысы. Кровь брали из яремной вены через час после введения. Плазма получалась всегда негемолизированной, так как антикоагулянты получали к аппарату в специальных запаянных пробирках. Все эксперименты были повторены по три раза, чтобы убедиться в постоянстве полученного эффекта. Исследовали следующие параметры системы свертывания крови:

- 1) ПВ – протромбиновое время;
- 2) ТВ – тромбиновое время;
- 3) ПТВ – парциальное тромбопластиновое время;
- 4) ФГ – количество фибриногена.

Исследования проводили на аппарате фирмы Diagnostica Stago „Start-4”.

Результаты опытов при введении бромсодержащих препаратов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Действие хлорсодержащих препаратов на свертывание крови

Эл-1							
ПВ		ТВ		ПТВ		ФГ	
к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.
16.7''	17.1''	14.7''	14.5''	30.0''	32.5''	325.0	323.0
Эл- 2							
ПВ		ТВ		ПТВ		ФГ	
к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.
16.7''	18.0''	14.7''	17.0''	30.0''	33.0''	325.0	326.0
AL-26							
к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.
16.7''	19.3''	14.7''	16.7''	30.0''	33.5''	325.0	326.5

В опытах с препаратом под кодовым названием Эл-1 мы наблюдаем падение активности парциального тромбопластинового времени от 30" (контроль – к.) до 32.5" (опыт – оп.). Остальные параметры почти не изменяются.

Под действием препарата Эл-2 через час после введения наблюдаем падение активности ПВ, ТВ и ПТВ. Количество фибриногена остается без изменений. Почти те же самые изменения происходили под влиянием препарата AL-26.

В следующей серии исследований изучали влияние хлорсодержащих препаратов на некоторые стороны системы свертывания крови. Под действием препаратов AL-2 и AL-3 ни один из исследуемых параметров системы свертывания крови не подвергается изменениям. Препарат AL-1 в незначительной степени (5-7%) активизирует ПВ, ТВ и ПТВ. Количество фибриногена остается без изменений. AG-182 не действует на ТВ, ПТВ и количество ФГ, но незначительно (на 5%) активизирует ПВ. Результаты этих опытов отражены в табл. 2.

Под действием препаратов AL-2 и AL-3 ни один из исследуемых параметров системы свертывания крови не подвергается изменениям. Препарат AL-1 в незначительной степени (5-7%) активизирует ПВ, ТВ и ПТВ. Количество фибриногена остается без изменений. AG-182 не действует на ТВ, ПТВ и количество ФГ, но незначительно (на 5%) активизирует ПВ.

Исходя из результатов проведенных исследований можно прийти к выводу, что бромсодержащие препараты Эл-1, Эл-2 и AL-26 в основном проявляют слабо выраженный гипокоагуляционный эффект. На количество фибриногена они не влияют. А хлорсодержащие препараты, кроме AL-1, не оказывают влияния на исследуемые параметры системы свертывания крови. Препарат AL-1, кроме количества фибриногена, которое остается

без изменений, на остальные исследуемые параметры оказывает слабо выраженный гиперкоагуляционный эффект.

Таблица 2

Бромсодержащие препараты и их действие на некоторые параметры системы свертывания крови

AL – 1							
ПВ		ТВ		ПТВ		ФГ	
к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.
16.7	15,6	14.7	13,6	30.0	28,0	325.0	324.0
AL – 2							
ПВ		ТВ		ПТВ		ФГ	
к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.
16.7	16,3	14.7	15.0	30.0	31.0	325.0	329.0
AL – 3							
ПВ		ТВ		ПТВ		ФГ	
к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.
16.7	16.5	14.7	15.3	30.0	31.0	325.0	326.0
AG – 182							
ПВ		ТВ		ПТВ		ФГ	
к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.	к.	оп.
16.7	15.9	14.7	14.7	30.0	30.3	325.0	325.7

Таким образом, исследуемые препараты по предварительным данным оказывают слабо выраженную антикоагуляционную, антиопухолевую и анальгетическую активность по сравнению с другими известными препаратами аналогичного действия. Они более безопасны и приемлемы для использования в медицинской практике.

Научно-технологический центр органической
и фармацевтической химии НАН РА

**С. С. Овакимян, О.М. Амирханян,
академик К. Г. Карагезян, Э. О. Чухаджян**

Влияние вновь синтезированных соединений на некоторые параметры системы свертывания крови

Показано, что вновь синтезированные хлор- и бромсодержащие препараты, которые обладают антиопухолевой и анальгетической активностью, оказывают слабо выраженный антикоагуляционный эффект и, следовательно, безопасны для применения в медицинской практике.

Ս. Ս. Հովակիմյան, Հ. Մ. Ամիրխանյան,
ակադեմիկոս Կ. Գ. Ղարազյուզյան, Է. Հ. Չուխաջյան

Նոր սինթեզված միացությունների ազդեցությունն արյան
մակարդելիության մի քանի պարամետրերի վրա

Ցույց է տրված, որ անալգետիկ և հակառակոցքային ազդեցություններ ունեցող նոր սինթեզված՝ քլոր և բրոմ պարունակող նյութերը ունեն թույլ արտահայտված հակամակարդող հատկություններ և հետևաբար անվտանգ են բժշկական պրակտիկայում օգտագործվելու համար:

S. S. Hovakimyan, H. M. Amirkhanyan,
academician K.G. Karageuzyan, E. H. Chukhajyan

Effect of Newly Synthesized Compounds on Some Parameters of
the Coagulation System

It is shown that the newly synthesized chloride- and bromine-containing drugs having analgesic and antitumor activity, have weak anticoagulant effect. Therefore they are safe for use in medical practice.

Литература

1. Mosesson M.W. – Thromb Haemost. 2005. V. 3. № 8. P. 1894-1904.
2. Goodnight S. H., Jr, Hathaway W. E. In: Disorders of Hemostasis and Thrombosis. 2nd ed. New York, NY: McGraw-Hill. 2001. P.3-19.
3. Hoffman M. – J. Thromb Thrombolysis. 2003. V. 16. № 1-2. P.17-20.
4. Чухаджян Э. О., Айрапетян Л. В., Чухаджян Эл. О., Паносян Г. А. – ХГС. 2010. № 2. С. 187-194.
5. Геворкян А. Р. – Арм. хим. ж. 2004. Т. 57 № 3. С. 50-55.
6. Чухаджян Э.О., Габриелян А.С., Чухаджян Эл. О., Шахатуни К. Г., Паносян Г.А. – ХГС. 2009. № 11. С. 1622-1628.
7. Чухаджян Э. О., Габриелян Г. Л., Бабаян А. Т. – ЖОрХ. 1978. Т. 14. Вып. 12. С. 2502-2504.
8. Чухаджян Э. О., Чухаджян Эл. О., Шахатуни К. Г., Бабаян А. Т. - ХГС.1991.№ 6. С. 759-762.
9. А.С. №1045590 (СССР) “Бромистый бензо(а.с.-5,6:6')ди(2,2-пентаметиленизоиндолиний), обладающий гипотензивной активностью” (А.Т. Бабаян, Э.О. Чухаджян, Д.Н. Лазарева, Р.Н. Абдуллина, Ф.С. Зарудий) – приоритет изобретения 12 января 1982 г.
10. А.С. №1372883 (СССР) “Бромистый 2,2-пентаметиленафт[f]изоиндолиний, обладающий кардиотоническим действием” (А.Т. Бабаян, Э.О. Чухаджян, Эл.О. Чухаджян, К.Г. Шахатуни, В.М. Самжелян, Ев.Г. Джанполадян, Ел.Л. Хоецян, Н.Р. Геворкян) – приоритет изобретения 11 июня 1986 г.

УДК 577.352.5:577.112.3:599.323.4

И. А. Бадалян, А. С. Дилбарян, академик М. А. Давтян

**Амидированность белков головного мозга крыс
при гипоксии**

(Представлено 28/VI 2013)

Ключевые слова: гипоксия, сумма амидных групп белков, легко- и трудногидролизующие амидные группы, инкубирование гомогенатов, аммиакообразование.

Процессы дезамидирования и амидирования белков головного мозга играют определенную роль в механизмах аммиакообразования и обезвреживания аммиака. Наиболее труднообъяснимым представляется механизм интенсивного аммиакообразования при инкубации гомогенатов тканей. Предполагалось, что в этом процессе в качестве источника аммиака участвуют амидные группы белков. Однако нами было показано, что аммиакообразование, наблюдаемое при инкубации гомогенатов головного мозга, не сопровождается уменьшением суммарного содержания амидных групп белков промытого липорастворителями ТХУ-осадка гомогената, хотя при этом происходит некоторое перераспределение между легко- и трудногидролизующими амидными группами, на основании чего было сделано заключение, что амидные группы белков не причастны к происходящему при инкубации гомогенатов аммиакообразованию [1]. Нашими исследованиями также было показано, что при инкубировании гомогенатов в присутствии L-аминокислот наблюдаемый прирост аммиака не сопровождается уменьшением суммарного количества амидных групп белков, следовательно, они не участвуют в механизмах аммиакообразования и в случае инкубации гомогенатов с аминокислотами [2].

Однако многочисленными исследованиями показано изменение амидированности белков мозга в зависимости от функционального состояния организма и его реакций на действие экстремальных факторов внешней среды. Установлено, что при преобладании процессов возбуждения в мозге животных происходит дезамидирование белков. В частности, при кратковременном электрическом возбуждении [3], при гипероксии [4,5], в результате введения в организм инсулина [6], окиси углерода, нитро- и трихлорбензола [7], камфоры [8], при острой и хронической алкогольной интоксикации [9] параллельно интенсивному расходу энергии энергетичес-

ких субстратов расщепляются и амидные группы белков головного мозга. И наоборот, при развитии тормозных процессов в мозге, в частности, во время естественного сна, зимней спячки [10], при акклиматизации животных к холоду [11], при медикаментозном сне, вызванном введением нембутала [8] и мексала [12] происходит амидирование белков головного мозга. Показано также увеличение амидированности белков мозга при действии вибрации на организм [13].

Целью настоящей работы явилось исследование амидированности белков мозга крыс и динамики амидных групп при инкубировании гомогенатов мозга крыс, подвергнутых гипоксии.

Материал и методика. Объектом исследования служили белые крысы массой 150-200 г. Подопытные животные были разделены на 2 группы: 1) интактные; 2) подвергнутые гипоксии в барокамере, где создавалось давление 335 мм рт. ст., соответствующее высоте 6 км над ур. м. Животных обеих групп подвергали декапитации, извлекали мозг и гомогенизировали в гомогенизаторе типа Поттер-Эльведжема в 0.05 М K^+ -фосфатном буфере, pH 7.4. До и после 3-часовой инкубации гомогенатов в предварительно очищенных от азотсодержащих соединений и липидов ТХУ-осадках гомогената мозга определяли белковый амидазот. Очистку проводили следующим образом: ТХУ-осадок трижды промывали 5%-ной ТХУ по 15 мин, последнюю проводили на водяной бане при 90°C в течение 30 мин; затем осадок обрабатывали последовательно органическими растворителями: смесью этанола с хлороформом (2:1) 5 мл, 15 мин; этанолом 5 мл, 15 мин; смесью этанола с эфиром (2:1) 5 мл, 15 мин (обрабатывали дважды, вторую обработку проводили при t 70°C); эфиром трижды 5 мл, 10 мин.

Амидные группы белков определяли по количеству аммиака, выделившегося при гидролизе очищенного осадка в 1N H_2SO_4 при 100°C [4]. При определении суммы амидных групп (САГ) осадки подвергали гидролизу в течение 180 мин, при определении легкогидролизуемых амидных групп (ЛАГ), принадлежащих аспарагину, – 30 мин. Трудногидролизуемые амидные группы (ТАГ), принадлежащие глутамину, определяли по разности САГ и ЛАГ [14]. Содержание аммиака в предварительно нейтрализованном гидролизате определяли микродиффузионным методом Зелингсона в модификации Силаковой [15]. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием коэффициента Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Данные, полученные при исследовании амидированности белков мозга интактных и подвергнутых гипоксии крыс, приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Содержание амидного азота белков головного мозга крыс до и после 3-часовой инкубации гомогенатов (мкМ/г свежей ткани, n=8, p<0.001)

Условие опыта	САГ	ЛАГ	ТАГ
До инкубации	25.45±0.4	12.50±0.26	12.95±0.51
После инкубации	25.57±0.31	15.90±0.31	9.67±0.41
Разница	0.12	3.40	3.28

Как видно из табл. 1, при 3-часовой инкубации гомогенатов САГ белков мозга в интактной группе животных не меняется и составляет 25.45 и 25.57 мкМ/г до и после инкубации соответственно. Таким образом, нами подтверждается сделанное ранее заключение о непричастности амидных групп белков мозга к аммиакообразованию, происходящему при инкубации гомогенатов [1]. В течение инкубации происходит лишь некоторое перераспределение амидного азота между ЛАГ (12.5 мкМ/г до и 15.9 мкМ/г после инкубации) и ТАГ (12.95 мкМ/г до и 9.67 мкМ/г после инкубации). На перераспределение между фракциями амидных групп белков при различных функциональных состояниях мозга в результате трансконформационных изменений последних указывал и ряд других авторов [16, 17].

Результаты исследований амидированности белков мозга крыс, подвергнутых гипоксии, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание амидного азота белков головного мозга крыс, подвергнутых гипоксии, до и после 3-часовой инкубации гомогенатов (мкМ/г свежей ткани, n=8, p<0.001)

Условие опыта	САГ	ЛАГ	ТАГ
До инкубации	30.96±0.25	16.88±0.18	14.08±0.13
После инкубации	25.95±0.24	13.02±0.21	12.93±0.28
Разница	5.01	3.86	1.15

Как видно из полученных данных, под воздействием гипоксии происходят определенные изменения в содержании амидных групп белков мозга. Так, САГ при гипоксии увеличивается и составляет 30.96 мкМ/г, что превосходит суммарное содержание амидных групп у интактных животных на 5.51 мкМ/г. Очевидно, под воздействием гипоксии происходит амидирование белков мозга, что имеет место при развитии тормозных процессов.

При инкубации гомогенатов мозга крыс, подвергнутых гипоксии, наблюдается иная картина, нежели у интактных животных. В экспериментах с гипоксией происходит уменьшение САГ белков мозга в процессе 3-часовой инкубации. Если до инкубации САГ белков составляет 30.96 мкМ/г, то после инкубации амидированность белков снижается до 25.95 мкМ/г, что свидетельствует о дезамидировании амидных групп белков мозга на 5.01 мкМ/г в процессе инкубации.

Содержание ЛАГ и ТАГ в белках мозга крыс под действием гипоксии также увеличивается по сравнению с интактными животными. При этом более значительное увеличение амидных групп происходит в ЛАГ. Их содержание составляет 16.88 мкМ/г, т.е. происходит амидирование белков этой фракции на 4.38 мкМ/г. Количество ТАГ увеличилось на 1.13 мкМ/г и составило 14.08 мкМ/г. В процессе инкубации гомогенатов мозга наблюдается дезамидирование обеих фракций, причем во фракции ЛАГ

снижение амидированности значительно (на 3.86 мкМ/г), чем в ТАГ (на 1.15 мкМ/г).

На основании приведенных данных можем заключить, что под действием гипоксии происходит амидирование белков мозга крыс, имеющее место при развитии тормозных процессов в мозге. При инкубировании же гомогенатов мозга крыс происходит дезамидирование белков мозга, что свидетельствует об их участии в аммиакообразовании, происходящем в процессе инкубации гомогенатов мозга крыс, подвергнутых гипоксии.

Существенно, что наблюдаемое при гипоксии амидирование белков мозга, как и их дезамидирование в процессе инкубации гомогенатов происходит за счет ЛАГ, принадлежащих аспарагину.

Ереванский государственный университет

И. А. Бадалян, А. С. Дилбарян, академик М. А. Давтян

**Амидированность белков головного мозга крыс
при гипоксии**

Исследовались амидированность белков головного мозга крыс, подвергнутых гипоксии, и изменение содержания амидных групп белков при инкубировании гомогенатов мозга. Показано, что в условиях гипоксии происходит амидирование белков мозга, присущее процессам торможения. В течение 3-часовой инкубации наблюдалось дезамидирование в суммарной, легко- и трудногидролизуемых фракциях амидных групп белков мозга, что позволяет предположить, что амидные группы белков головного мозга крыс, подвергнутых гипоксии, причастны к аммиакообразованию, наблюдаемому при инкубации гомогенатов мозга.

**Ի.Ա. Բադալյան, Ա.Ս. Դիլբարյան,
ակադեմիկոս Մ. Ա. Դավթյան**

**Առնետների գլխուղեղի սպիտակուցների ամիդացումը
հիպոքսիայի պայմաններում**

Հետազոտվել է հիպոքսիայի ենթարկված առնետների գլխուղեղի սպիտակուցների ամիդացումը, ինչպես նաև սպիտակուցների ամիդային խմբերի պարունակության փոփոխությունը ուղեղի հոմոգենատները ինկուբացնելիս: Ցույց է տրված, որ հիպոքսիայի պայմաններում տեղի է ունենում ուղեղի սպիտակուցների ամիդացում, արգելակման պրոցեսներին բնորոշ: Երեքժամյա ինկուբացիայի ընթացքում դիտվում է դեգամիդացում գլխուղեղի, հեշտ և դժվար հիդրոլիզվող ամիդային խմբերի ֆրակցիաներում, ինչը թույլ է տալիս ենթադրել, որ հիպոքսիայի ենթարկված առնետների գլխուղեղի սպիտակուցների ամիդային խմբերը մասնակցում են ամոնիակառաջացմանը, որը դիտվում է գլխուղեղի հոմոգենատները ինկուբացնելիս:

I. A. Badalyan, A. S. Dilbaryan, academician M. A. Davtyan

Amidation of Rats Brain Proteins during Hypoxia

Amidation of rats brain proteins, as well as some changes in the content of amide groups during the incubation of brain homogenates, have been studied. It is shown, that amidation of brain proteins typical for inhibition processes takes place under hypoxia. During the 3 hour incubation it was observed the desamidation in the fractions of total, easy, and hard hydrolysable amide groups of rat proteins. It allows to assume, that amide groups of rats brain proteins in hypoxia take part in ammonia formation processes, which observed during the incubation of brain homogenates.

Литература

1. Бадалян И.А., Давтян М.А. – Нейрохимия. 1986. Т. 5. № 4. С. 384-390.
2. Бадалян И.А., Григорян А.Л. – Учен. зап. ЕГУ. 2005. № 3. С. 151-153.
3. Кометиани П.А., Клейн Е.Э., Иорданишвили Г.С., Гвалия Н.В., Чикваидзе В.Н. В кн.: Вопросы биохимии нервной и мышечной систем. Тбилиси. Мецниереба. 1965. С. 41-63.
4. Гершеневич З.С., Кричевская А.А. – Биохимия. 1960. Т. 25. № 2. С. 310-317.
5. Новикова Е.И. – Ростовский ун-т. 1980. Деп. в ВИНТИ 12 августа 1980 г. № 3555-80.
6. Тяхепылд Л.Я. - ДАН СССР. 1962. Т. 147. № 4. С. 964-966.
7. Френкель С.Р., Гордиенко Э.А. В кн.: III Всесоюзн. конф. по биохимии нервной системы. Ереван. Изд-во АН АрмССР. 1963. С. 223-235.
8. Кометиани П.А. - Биохимия. 1970. Т. 35. № 2. С. 394-403.
9. Векслер И.Я., Магомедова К.М. - Укр. биохим. ж. 1981. Т. 53. С. 7-12.
10. Владимирова Е.А. В кн.: Биохимия нервной системы. Киев. Изд-во АН УССР. 1954. С. 47-62.
11. Готлобер И.В. В кн.: Материалы III Сев.-Кав. биохим. конф. Ростов-на-Дону. Изд-во РГУ. 1976. С. 94-95.
12. Тяхепылд Л.Я. – Вопр. мед. химии. 1962. Т. 8. № 3. С. 264-270.
13. Симонян Л.П., Папаян К. М., Бадалян И.А. В кн.: Материалы республиканской молодежной научн. конф. «Экологическая наука в Армении». 2001. С. 146-153.
14. Кричевская А.А., Лукаш А.И., Пушкина Н.В., Херувимова В.А. - Эволюц. биохим. и физиол. 1973. Т. 2. С. 206-208.
15. Силакова А.И., Труш Г.П., Являкова А. - Вопр. мед. химии. 1962. Т. 8. № 5. С. 538-544.
16. Гаевская М.С., Носова Е.А., Слез Л.М. - Укр. биохим. ж. 1965. Т. 37. № 5. С. 691-696.
17. Папаян А.А. - Журн. exper. и клинич. медицины. 1974. Т. 14. № 5. С. 28-32.

М. Э. Ширинян

**Влияние функциональных параметров механизма барорефлекса
на характеристики математической модели регуляции
равновесия в системе артериальной барорецепции**

(Представлено чл.-кор. НАН РА А.А. Трчуняном 6/V 2013)

Ключевые слова: *артериальный барорецепторный рефлекс, моделирование равновесных систем, гибридный автомат, математическая модель.*

Введение. Поддержание стабильности оптимального уровня артериального давления и уменьшение его вариабельности в различных ситуациях является жизненно важным свойством деятельности сердечно-сосудистой системы [1]. Ввиду необходимости четкого мониторинга данных параметров, в организме задействовано множество регуляторных систем, среди которых особое место занимают механизмы, опосредуемые вегетативной нервной системой, функциональное значение которой, в том числе, заключается в поддержании стабильного уровня артериального давления [2]. Регуляторная функция симпатической нервной системы в отношении поддержания сердечно-сосудистого гомеостаза реализуется, в частности, через артериальный барорецепторный рефлекс, который является одним из главных механизмов кратковременной (секунды) регуляции артериального давления. Работая по принципу отрицательной обратной связи, артериальная барорецепторная система противостоит как повышению, так и понижению артериального давления, выполняя при этом функцию буфера путем регулирования уровня среднего артериального давления и сердечно-сосудистой симпатической активности [2].

Графически деятельность артериальной барорецепторной системы можно изобразить с помощью функциональных кривых f_1 и f_2 , где функция f_1 отображает зависимость уровня активности сердечно-сосудистых симпатических нервов (ССН) от величины артериального давления (АД), а функция f_2 – изменение величины АД от активности ССН (рис. 1). Если по каким-либо причинам в организме имеет место отклонение АД от своего нормального уровня (P_n), то при этом происходит изменение активности ССН в соответствии с функцией f_1 при последующем сдвиге величины АД согласно функции f_2 и т.д. Факт взаимного влияния на указанные показатели пре-

кратится только в том случае, когда текущие значения АД и уровня активности ССН станут равными P_n и C_n соответственно. В системе барорецепторного рефлекса равновесие достигается в точке пересечения функциональных кривых f_1 и f_2 , значение которой соответствует уровню нормального АД (P_n на оси y) при оптимальной активности ССН (C_n на оси x) [1].

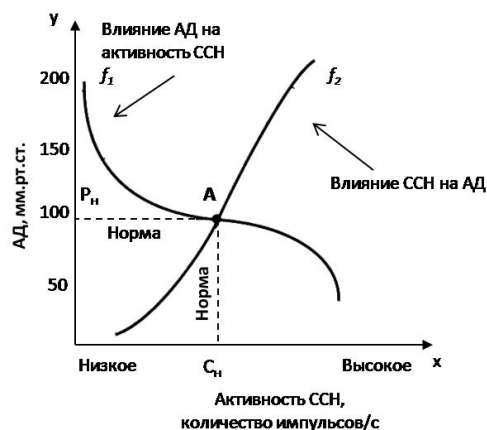


Рис. 1. Равновесное состояние регуляторной артериальной барорецепторной системы [1].

Объектом настоящего исследования является реализованная на основе гибридных автоматов математическая модель регуляции равновесия в системе артериального барорецепторного рефлекса, описывающая событийно-управляемый процесс принятия равновесного состояния. В работе рассматривается вопрос о влиянии угла наклона функциональных кривых взаимозависимостей АД и ССН на временные характеристики модели.

Краткое описание гибридной модели регуляции равновесия артериальной барорецепторной системы. Непрерывно-дискретные системы, или гибридные автоматы, представляют собой последовательность сменяющих друг друга непрерывных и событийно-зависимых дискретных поведений и позволяют описать как пребывание модели в длительных состояниях при заданных условиях, так и смену режимов с наступлением определенных изменений [3].

Барорецепторная регуляция артериального давления представляет собой событийно-управляемую динамическую систему, где изменения (события) возникают по принятию переменных величин (АД и ССН) значений, отвечающих определенным требованиям (условиям). В гибридной модели артериальной барорецепторной регуляции (рис. 2) пребывание системы в соответствующих состояниях определяют процессы, направленные на изменение модуля значений АД и ССН, условия переходов системы из одного состояния в другое обеспечивают характер (вектор) изменения значений АД и ССН. В этой связи смена состояния модели происходит при сдвигах (наступление события) в системе, связанных с принятием АД и ССН значений,

удовлетворяющих определенным условиям смены режима состояния системы [4].

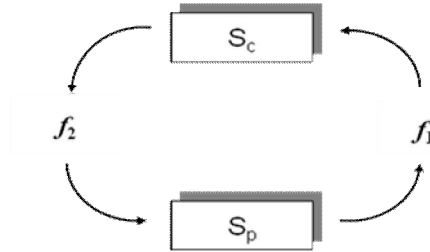


Рис. 2. Применение гибридного автомата к системе барорецепторной регуляции АД. S_c – гибридный автомат, отображающий систему генерации симпатического импульса от нейрональной части барорецепторного рефлекса, S_p – гибридный автомат, отображающий ответную реакцию сердечно-сосудистой системы в виде изменения значения АД. Функции f_1 и f_2 представляют собой зависимости соответственно уровня активности ССН от величины АД и изменения величины АД от активности ССН.

В непрерывно-дискретной модели регуляции равновесия артериальной барорецепторной системы [5] в качестве гибридного автомата определен набор $S = (A, Q, Z, B, \varphi, \omega, \psi, q, z)$ с выделенными начальными параметрами $q \in Q, z \in Z$, где A, Z, B – конечные множества натуральных чисел, которые являются соответственно входным алфавитом, алфавитом состояния и выходным алфавитом автомата S , $Q = \{1, -1, 0\}$ – алфавит режима автомата S , φ – функция перехода автомата S , определенная на множестве $A \times Z$ и принимающая значение из множества Q , ω – функция внутреннего состояния автомата S , определенная на множестве $Z \times Q$ и принимающая значение из множества Z , ψ – функция выхода автомата S , определенная на множестве Z и принимающая значение из множества B .

При условии, что f_1 – строго убывающая функция, значения которой составляют конечное множество $C = \{c_1, \dots, c_n\}$ возможных входных значений гибридного автомата $S_c = (C, B, Q, Z, \varphi, \omega, \psi, 0, c_k)$, где $c_k \in C$, описывающего изменение уровня активности ССН в ответ на изменения величины АД, а f_2 – строго возрастающая функция, значения которой составляют конечное множество $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ возможных входных значений гибридного автомата $S_p = (P, B, Q, Z, \varphi, \omega, \psi, 0, p_k)$, где $p_k \in P$, описывающего характер изменения величины АД в ответ на изменение уровня активности ССН, на плоскости $[C \times P]$, где $C \in [0; c_{\max}]$, $P \in [0; p_{\max}]$ ($c_{\max}$ и $p_{\max}$ – максимально допустимые значения АД и уровня активности ССН в системе барорецепторного рефлекса), гибридные автоматы S_c и S_p при любых отклонениях величин АД и уровня активности ССН приводят систему барорецепторного рефлекса в равновесное состояние [5].

Если на плоскости $[C \times P]$ обозначить точкой $A \in (f_1, f_2)$ с координатами (c_0, p_0) , где $c_0 \in f_1, p_0 \in f_2$ – точку пересечения функциональных кривых f_1 и f_2 , точкой $K \in [C \times P]$ – произвольную точку с координатами (c_k, p_k) , отображающую состояние системы при ее отклонении от нормального равновесного состояния (рис. 3), тогда гибридные автоматы S_c и S_p приводят

точку K в точку A , соответственно изменяя координаты c_k и p_k таким образом, что $c_k \rightarrow c_0$ и $p_k \rightarrow p_0$ [5].

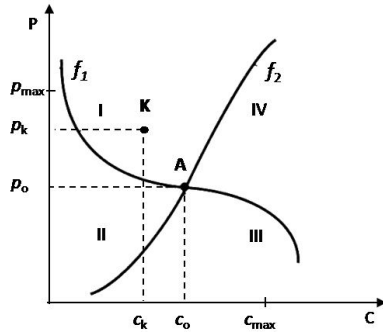


Рис. 3 Расположение точки $K(c_k, p_k)$ на плоскости $[C \times P]$ в области деятельности барорецепторного рефлекса с точкой $A(c_0, p_0)$ в состоянии равновесия.

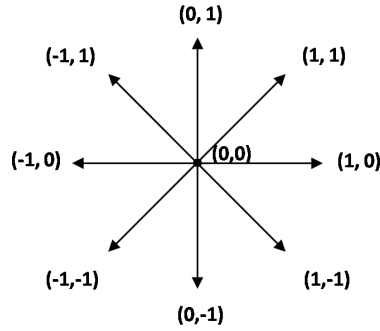


Рис. 4 Направления движения точки K при определенных значениях (q_c, q_p) режима модели. Паре $(0,0)$ соответствует нулевое направление.

Определение траектории движения точки K в зависимости от углов наклона функциональных кривых f_1 и f_2 . В результате работы автоматов S_c и S_p точка K может двигаться в следующих 9 направлениях (рис. 4), которые определяются парой (q_c, q_p) , где q_c и q_p значения режима q_t автоматов S_c и S_p соответственно в момент времени τ [5]. Значение пары (q_c, q_p) по сути является режимом модели и в целом отражает ее поведение (движение точки K) в конкретный момент времени. При $(q_c, q_p) = \{(0, 1), (0, -1)\}$ и $(q_c, q_p) = \{(1, 0), (-1, 0)\}$ точка K располагается соответственно на функциональных кривых f_1 и f_2 , и направление ее движения является параллельным осям C и P соответственно; при $(q_c, q_p) = \{(-1, 1), (-1, -1), (1, -1), (1, 1)\}$ точка K находится в областях I, II, III, IV соответственно, которые условно образуются функциональными кривыми f_1 и f_2 (рис. 3), и направление ее движения составляет 45° относительно осей C и P .

Большинство артериальных барорецепторов имеет повышенную чувствительность при значениях АД от 70 до 140 мм рт. ст., и функции f_1 и f_2 при колебаниях величины АД в этом диапазоне имеют почти линейную зависимость [6]. Для упрощения допустим, что в зоне наибольшей активности артериальных барорецепторов f_1 — монотонно убывающая и f_2 — монотонно возрастающая линейные функции (рис. 5). Расположим точку K в области I и обозначим через α_1, α_2 и β , где $\alpha_1 \in]0^\circ; 90^\circ[$, $\alpha_2 \in]90^\circ; 180^\circ[$, $\beta \in]0^\circ; 180^\circ[$, $\alpha_1 \leq \beta < \alpha_2$ — углы наклона относительно оси C соответственно функциональных прямых f_2, f_1 и отрезка KA , длина которого представляет собой модуль полного перемещения точки $K(c_k, p_k)$ в точку $A(c_0, p_0)$, причем $|KA| > 0$ (рис. 5). Поскольку $c_0 \in f_1$, $p_0 \in f_2$ и $c_k \rightarrow c_0, p_k \rightarrow p_0$, следовательно $c_k \rightarrow f_1, p_k \rightarrow f_2$, т. е. в результате движения точка K в зависимости от своего расположения в области I (значение угла β) либо достигнет прямой f_1 или f_2 , либо попадет в точку A , где $c_k \in f_1$ и $p_k \in f_2$.

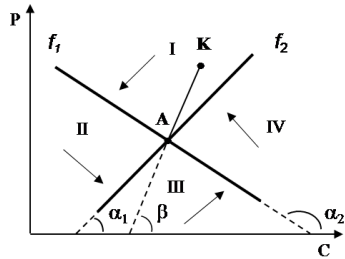


Рис.5. Замена функциональных кривых f_1 и f_2 одноименными линейными функциями на плоскости [PxС] с точкой K в области I. Стрелками указан вектор перемещения точки K в каждой области. α_1 , α_2 , и β – углы наклона функциональных прямых f_1 , f_2 и отрезка KA соответственно.

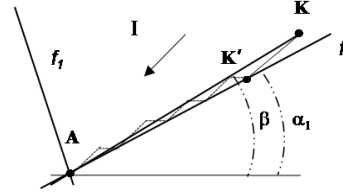


Рис.6 Траектория движения точки K в области I при $\alpha_l < 45^\circ$, $\beta < 45^\circ$. Замена ломаной линии с начальной точкой K' и конечной точкой A на отрезок K'A.

Движение точки K в области I осуществляется в соответствии с режимом модели* в данной области. При $\alpha_l < \beta < 45^{0**}$ (рис. 6) условие $p_k \in f_2$ выполнится раньше условия $c_k \in f_1$, что повлечет за собой изменение режима на (-1,0), в результате чего точка K вернется обратно в область I с соответствующим данной области режимом (-1,-1) и т. д. Чередование режимов продлится до тех пор, пока $c_k = c_0$ и $p_k = p_0$.

Траектория движения точки K в данном случае представляет собой ломаную линию, каждая вторая вершина которой располагается на прямой f_2 . Если пренебречь однократными переключениями режима (-1,0) на (-1,-1), то траектория точки K при ее перемещении в точку A представит собой ломаную линию, состоящую из двух отрезков KK' и K'A (рис. 6). В частном случае, при $\alpha_l = \beta \leq 45^\circ$ (рис.7), т.е. когда точка K располагается непосредственно на прямой f_2 , за путь точки K в точку A принимается отрезок KA.

При $\alpha_l < 45^\circ$ и $\beta > 45^\circ$ (рис. 8) условие $c_k \in f_1$ выполнится раньше условия $p_k \in f_2$, и точка K покинет I область, не достигнув точки A, после чего попадет во II область плоскости [C x P], где траектория ее движения будет определяться по схожим правилам согласно режиму (1,-1) и соответствующему вектору перемещения, который составляет 135° относительно оси C.

Вышесказанное позволяет заключить, что поведение точки K в области своего исходного расположения (в данном случае область I) зависит от величины угла β (значение которого в свою очередь ограничено величинами углов α_l и α_2), а именно: при $\beta \leq 45^\circ$ точка K попадает в точку A, не покидая пределы области I; при $\beta > 45^\circ$ точка K не попадает в точку A в области I и переходит в область II.

* Далее режим.

** Условие $\alpha_l \leq \beta < \alpha_2$ для области I подразумевается во всех описанных случаях.

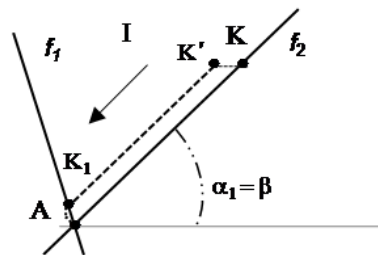


Рис. 7 Траектория движения точки K при ее расположении на прямой f_2 при $\alpha_1 = \beta = 45^\circ$. Ввиду малой длины отрезка KK' допускаем, что отрезок $K'K_1$ находится на отрезке KA , который и принимается за длину пути точки K в точку A .*

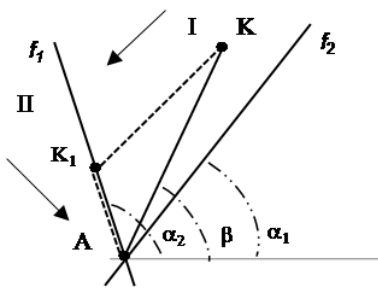


Рис. 8 Траектория точки K при $\alpha_1 < 45^\circ$, $\beta > 45^\circ$, $\alpha_2 \leq 135^\circ$. Точка K попадает в точку A в области II. Отрезок K_1A заменяет ломаную линию с начальной и конечной точками K_1 и A соответственно (рис.6). За длину пути принимается сумма отрезков $KK_1 + K_1A$.

В пределах области II поведение точки K становится зависимым от значения α_2 – угла наклона функции f_1 . При $\alpha_2 \leq 135^\circ$ (рис. 8) траекторию движения точки K в области II можно представить в виде отрезка K_1A , и полный путь в точку A будет состоять из суммы отрезков KK_1 и K_1A .

При условии $\alpha_2 > 135^\circ$ (рис. 9) точка K не достигает точки A в области II и, пересекая функции f_2 в точке K_2 с режимом (1,0), переходит в область III, которой соответствует режим (1,1). Далее, согласно свойству равенства вертикальных углов [7], поведение точки K в области III и IV будут определять значения α_1 и α_2 – углы наклона прямых f_2 и f_1 соответственно (рис. 10).

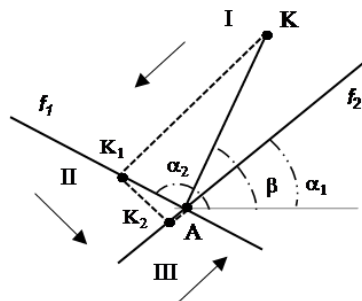


Рис. 9 Траектория точки K при $\alpha_1 < 45^\circ$, $\beta > 45^\circ$, $\alpha_2 > 135^\circ$. Длина пути точки K в точку A равна сумме отрезков $KK_1 + K_1K_2 + K_2A$.

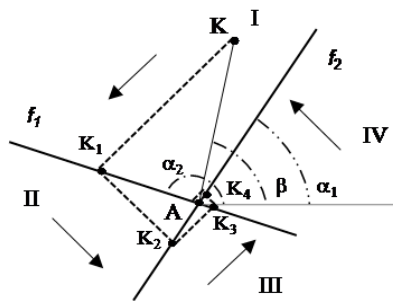


Рис. 10 Траектория точки K при $\alpha_1 > 45^\circ$, $\beta > 45^\circ$, $\alpha_2 > 135^\circ$. Длина пути точки K в точку A равна сумме отрезков, пройденных точкой K в каждой области: $KK_1 + K_1K_2 + \dots + K_{n-1}K_n + K_nA$.

Если точка K не совпала с точкой A в области IV, то она перейдет в область I и продолжит движение с соответствующими данной области

*Здесь и в последующих случаях подобное допущение возможно, если $KK' \ll K'K_1$

режимом и вектором перемещения, при этом ее траектория будет зависеть от значения α_1 угла наклона прямой f_2 .

Рассуждения относительно траектории движения точки K при ее начальном расположении в областях II, III и IV с соответствующим каждой области соотношением углов α_1 , α_2 и β те же, что и в области I.

Исходя из вышесказанного можно утверждать о прямом влиянии углов наклона α_1 и α_2 прямых f_1 и f_2 относительно оси C на длину пути точки K при ее перемещении в точку A . Поскольку длину пути точки K можно принять за время, в течение которого происходит ее перемещение в точку A , то за время возврата гибридной системы в состояние равновесия можно принять длину пути точки K , пройденного для ее совпадения с точкой A . При этом длина пути будет равна сумме пройденных в каждой области отрезков $KK_1 + K_1K_2 + \dots + K_{n-1}K_n + K_nA$, где $K_1, K_2, \dots, K_n$ являются вершинами ломаной прямой, которые образуются при попадании точки K на функциональные прямые f_1 и f_2 , в результате чего имеет место изменение направления движения (режима) точки K . За минимальное время возврата точки K в равновесное состояние можно принять длину пути, равную модулю перемещения точки K в точку A (длина отрезка KA), что возможно, когда точка $K(c_k, p_k) \in f_2$ при $\alpha_1 = 45^\circ$ или $K(c_k, p_k) \in f_1$ при $\alpha_2 = 135^\circ$ (рис. 7). Наиболее длинный путь при том же начальном расположении точки K наблюдается при условии одновременного принятия углами наклона функциональных прямых f_1 и f_2 значений $\alpha_1 > 45^\circ$ и $\alpha_2 > 135^\circ$ (рис. 10). В этом случае траектория точки K аналогична спирали, которая вращается вокруг точки A с конечным числом витков. При $c_{k(t)} \approx c_o$ и $p_{k(t)} \approx p_o$ принимается, что условие $c_k = c_o$ и $p_k = p_o$ выполнено, т.е. точка K совпала с точкой A .

Итак, можно заключить, что углы наклона функциональных кривых зависимостей величины АД от уровня активности ССН и изменения уровня активности ССН от значения АД, непосредственно влияют на поведение и, как следствие, на время возврата в равновесное состояние модели регуляции равновесия в системе артериального барорецепторного рефлекса.

Автор благодарен академику К. Г. Карагезяну за внимание к работе.

Институт тонкой органической химии им. А. Мнджояна
НТЦ ОФХ НАН РА

М. Э. Ширинян

Влияние функциональных параметров механизма барорефлекса на характеристики математической модели регуляции равновесия в системе артериальной барорецепции

Рассматривается математическая модель регуляции равновесного состояния в системе артериального барорецепторного рефлекса в состоянии покоя на основе гибридного автомата. Описано влияние угла наклона функциональных кривых взаимозависимостей величин артериального давления и уровня сердечно-сосудистой

симпатической активности на поведение модели и время ее возврата в состояние равновесия.

Մ. Է. Շիրինյան

**Բարոռեցեպտոր ռեֆլեքսի մեխանիզմի ֆունկցիոնալ պարամետրերի
ազդեցությունը զարկերակային բարոռեֆլեքսի համակարգում
հավասարակշռության կարգավորման մաթեմատիկական մոդելի
բնութագրերի վրա**

Ուսումնասիրված է զարկերակային բարոռեֆլեքսի համակարգում՝ հանգիստ վիճակում հավասարակշռության կարգավորման մաթեմատիկական մոդելը՝ հիմնված հիբրիդ ավտոմատների գործունեության սկզբունքների վրա: Նկարագրված է իրարից կախման մեջ գտնվող զարկերակային ճնշման և սիրտ-անոթային սիստոլիկ ակտիվության ցուցանիշների ֆունկցիոնալ կորերի թեքության անկյան ազդեցությունը մոդելի բնութագրերի նրա վարքի և հավասարակշիռ վիճակին վերադարձալու ժամանակի վրա:

M. E. Shirinyan

**The Influence of the Functional Parameters of Arterial Baroreflex
Mechanism on the Characteristics of the Mathematical Model of
Equilibrium Regulation in the Arterial Baroreceptor System**

The hybrid automata based mathematical model of equilibrium regulation in the arterial baroreflex system in the state of quiescence is considered. The influence of the inclination angle of the functional curves of the interrelationship between arterial pressure and cardio-vascular sympathetic activity on model behavior and time of return into the state of equilibrium has been described.

Литература

1. *Морман Д., Хеллер Л.* Физиология сердечно-сосудистой системы. СПб. Питер. 2000. 256 с.
2. *Фундаментальная и клиническая физиология.* Под ред. А.Г. Камкина, А.А. Каменского. М. Изд. центр «Академия». 2004. 1072 с.
3. *Сениченков Ю.Б.* Основы теории и средства моделирования гибридных систем. Автореф. докт. дис. СПб. 2005.
4. *Сениченков Ю.Б.* Численное моделирование гибридных систем. СПб. Изд-во Политехн. ун-та. 2004. 206 с.
5. *Ширинян М.Э.* – Доклады НАН Армении. 2013. Т. 113, № 1. С. 99-108.
6. *Кошелев В.Б., Мухин С.И., Соснин Н.В., Фаворский А.П.* Математические модели квази-одномерной гемодинамики. Метод. пособие. М. МАКС Пресс. 2010. 114 с.
7. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике. Для инженеров и учащихся втузов. М. Наука. 1981. 723 с.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ 113-րդ ՀԱՏՈՐԻ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

<i>Արմինե Ա. Չուբարյան, Ա. Ս. Ճիտոյան</i> – «Գծային հավասարումների ռեգուլացիա» արտածումների համակարգի որոշ ընդհանրացում	7
<i>Ս. Ս. Սայադյան, Անահիտ Ա. Չուբարյան</i> – Ինտուիցիոնիստական և մինիմալ ասույթային տրամաբանությունների որոշ արտածման համակարգերի վերաբերյալ	13
<i>Վ. Ս. Զաքարյան, Ա. Ս. Զրբաշյան, Ռ. Վ. Դալլաքյան</i> – Շրջանում անալիտիկ ֆունկցիաների ω -բնութագրիչների մասին	22
<i>Վ. Կ. Ոսկանյան</i> – Որոշ գնահատականներ ընդհանրացված ստացիոնար միջին դաշտի խաղերի համար	30
<i>Հ. Ս. Հայրապետյան, Լ. Վ. Պողոսյան</i> – Ռիման-Հիլբերտի եզրային խնդիրը Բիցաձեի հավասարման համար, երբ եզրային պայմանները պատկանում են չափերի տարածությանը	127
<i>Ա. Վ. Պողոսյան</i> – Եռանկյունաչափական ինտերպոլացիայի զուգամիտության արագացման մասին	133
<i>Ռ. Վ. Դալլաքյան</i> – Միավոր շրջանում անալիտիկ ֆունկցիաների ω -բնութագրիչների C -աճի մասին	142
<i>Լ. Զ. Գևորգյան</i> – Սպեկտրալիդ և նորմալիդ օպերատորների բնութագրումը	231
<i>Լ. Դ. Պողոսյան</i> – Քվադի-պարբերական ինտերպոլացիայի L_2 -զուգամիտության մասին	240
<i>Ա. Հ. Բաբայան, Ա. Ա. Զաքարյան</i> – Դիրիլյեի խնդիրը չորրորդ կարգի մեկ ոչ ճըշգրիտ էլիպսական հավասարման համար	248
<i>Գ.Գ. Գևորգյան, Կ.Ա. Քեոյան</i> – R^1 -ի վրա Ֆրանկլինի ընդհանուր համակարգի մասին	331
<i>Ի. Վ. Հովհաննիսյան</i> – $N_\alpha (-1 < \alpha < 0)$ դասերի մի ներկայացման մասին	337

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

<i>Վ. Գ. Մինասյան</i> – Երկկողմանի գրաֆի բոլոր մաքսիմալ անկախ բազմությունների բազմության մասին	37
<i>Մ. Գ. Էվոյան</i> – Վերջավոր դաշտերի վրա տեղափոխությունների մի դասի մասին	48
<i>Ս. Ս. Վարդանյան</i> – Երկտարր բազմությունների դասում n -ճանաչող մինիմալ համակարգերի բոլոր հնարավոր կառուցվածքների մասին	343

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

<i>Լ. Հ. Ասլանյան, Հ. Բ. Դանոյան</i> – Էլիասի ալգորիթմի բարդությունը Հեմմինգի և ընդլայնված Հեմմինգի կոդերով սահմանված հաշ-ֆունկցիաների համար	150
<i>Հ. Վ. Ասցատրյան, Վ. Գ. Սահակյան, Յու. Հ. Շուրուրյան</i> – Հայաստանում գիտության Ե-ենթակառուցվածքների վերջին զարգացումները	352

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

<i>Շ. Ի. Ալվաջյան, Լ. Մ. Մարգարյան, Ս. Հ. Սարգսյան</i> – Միկրոպոլյար օրթոտրոպ առաձգական բարակ ձողերի ստատիկ և դինամիկ կայունությունը	158
<i>Ս. Ս. Հովհաննիսյան</i> – Համասեռ կոնսոլային ձողի լայնական տատանումների ժամանակ մաքուր ծոման և ծոման առաձգական ալիքների տարածման խնդրի դրվածքը	259
<i>Ք. Ա. Ժամակոչյան</i> – Աստիճանային շարքերի մեթոդի կիրառումը միկրոպոլյար առաձգական բարակ հեծանների մաթեմատիկական մոդելի կառուցման համար	268
<i>Լ. Ա. Մովսիսյան</i> – Պիեզոէլեկտրիկից զլանային պանելի ոչ գծային տատանումների մասին	359
<i>Մ. Վ. Բելուբեկյան, Վ.Գ. Գարակո՛վ</i> – Ուղիղ ընկնող սափքի էլեկտրամագնիսաառաձգական ալիքի անդրադարձումը երկու պիեզոակտիվ միջավայրերը բաժանող հարթ եզրից	364
<i>Ս. Ա. Համբարձումյան</i> – Տարամոդուլ նյութից պատրաստված անմոմենտ թաղանթների միկրոպոլյար տեսություն	369

ՖԻԶԻԿԱ

Ռ. Ա. Ալանանյան – Երկու անգամ լիցքավորված բոզոնների ծնումը ֆոտոնի հետ 276

ԱՍՏՂԱՖԻԶԻԿԱ

Մ. Ա. Հովհաննիսյան, Ռ. Ռ. Անդրեասյան, Գ. Մ. Պարոնյան, Հ. Վ. Աբրահամյան – Կոմպակտ $z > 1$ ռադիոաղբյուրների ուսումնասիրություն. հեռավոր քվադրանտների թեկնածուներ 281

ԿԵՆՍՖԻԶԻԿԱ

Պ. Հ. Վարդանյան, Ա. Պ. Անտոնյան, Մ. Ա. Շահինյան, Լ. Ա. Համբարձումյան – ԴՆԹ-ի հետ մեթիլեն կապույտի կապման ուսումնասիրությունը սպեկտրոսկոպիկ մեթոդներով . 180

ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Գ. Հ. Դանազուլյան, Ա. Կ. Թումանյան, Ա. Փ. Բոյախյան – C-մեթիլ խմբերի պրոտոնների ընտրողական դեյտերափոխանակումը ազինային (մոնո- և բիցիկլիկ պիրիմիդինալին) համակարգերում..... 167

ԱՆԱԼԻՏԻԿ ՔԻՄԻԱ

Ն. Օ. Գրիկչյան – Ռոդիումի որոշումը ոսկերչական ֆաբրիկայի արտադրական թափոնաջրերում էքստրակցիոն-սպեկտրոֆոտոչափական եղանակով..... 53

Ն. Օ. Գրիկչյան – Դիագինային ներկանյութ սաֆրանին “S” որպես նոր ռեագենտ օսմիում(IV)-ի որոշման համար էքստրակցիոն-սպեկտրոֆոտոմետրիական եղանակով ... 174

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

Ռ. Գ. Քամալյան, Ա. Գ. Վարդանյան, Ն. Խ. Խաչատրյան, Հ. Մ. Գրիգորյան – Երկկարբոն ամինաթթուների նյութափոխանակության որոշ յուրահատկություններ առնետի ուղեղում 59

Հ. Մ. Ամիրխանյան, Մ. Ս. Հովակիմյան, Գ. Ա. Գյուլբուրդյան, Կ. Գ. Ղարազյուզյան – Դոդամի սերմերի ջրային հանուկների ազդեցությունը լիպիդների գերօքսիդացման գործընթացի վրա ուղեղում և լյարդում *in vitro* փորձի պայմաններում 65

Տ. Ս. Խաչատրյան, Վ. Օ. Թովուզյան – Քոլինի էսթեր N-(մեթոքսիբենզոիլ)-Օ-իզոպրոպիլ- α , β -դեհիդրոթիրոզինի դերը հիփոֆիզի թիրոիդ հորմոնի և վահանագեղձի հորմոնների բաղադրության փոփոխման մեջ տասներկու ամսական առնետների արյան մեջ փորձարարական հիփոթիրեոզի ժամանակ 69

Գ. Ա. Հարությունովա, Մ. Ա. Հարությունովա, Ա. Զ. Փեփոյան, Ա. Գ. Գրիգորյան – Հայաստանում հավաքած *Anopheles* տեսակի մծեղների աղիքային մանրէների մեկուսացումը և բնութագրիրը..... 74

Հ. Հ. Ջաքարյան – Առնետների ուղեղում NF κ B տրանսկրիպցիոն գործոնի էքսպրեսիայի խթանումը հեմորֆինների կողմից ի պատասխան էնդոտոքսինով խթանված սթրեսի..... 80

Մ. Կ. Ղարազյուզյան – Գերօքսիդառաջացման գործընթացների խանգարումները սպիտակ առնետների ուղեղային ընդհանուր խառնվածքում գեարալենոնային թունավորումների ժամանակ և երկպարտության ՌՆԹ-ի գերցածր քանակների վերականգնիչ հատկությունը նշված պայմաններում 189

Տ. Ս. Խաչատրյան, Վ. Օ. Թովուզյան – Հիփոֆիզի թիրոիդ հորմոնի և վահանագեղձի հորմոնների բաղադրության փոփոխման առանձնահատկությունները երկու ամսական առնետների արյան մեջ հիփոթիրեոզի ժամանակ, քոլինի էսթեր N-(2-մեթոքսիբենզոիլ)-Օ-իզոպրոպիլ- α , β -դեհիդրոթիրոզինի ազդեցությունից առաջ և հետո 290

Հ. Խ. Ավագյան, Ն. Խ. Ալչուջյան, Ն. Հ. Մովսեսյան, Գ. Գ. Մինասյան – Լ-արգինինի նյութափոխանակության պատկերը մկների գլխուղեղում Էրլիխի ասցիտային կարցինոմայի ժամանակ և հակաուռուցքային բուժման ազդեցությունը *Escherichia coli*-ի ոչ ախտածին շտամների օգտագործմամբ. Արգինազ: Հաղորդում 1..... 295

Ս. Ա. Աղաբաբովա, Ն. Օ. Մովսիսյան, Ա. Մ. Հակոբյան, Օ. Ա. Ավագյան – Էրլիխի ասցիտային կարցինոմայի ժամանակ մորֆոհիստոքիմիական փոփոխություններ աղիքային 303

ցուպիկի ազդեցության ներքո	
Հ. Խ. Ավագյան, Ն. Խ. Ալշուջյան, Ն. Հ. Մովսեսյան, Ա.Ա. Աղաբաբովա – Լ-արգինինի նյութափոխանակության պատկերը մկների գլխուղեղում Էրլիխի ասցիտային կարցինոմայի ժամանակ և հակառուրացային բուժման ազդեցությունը <i>Escherichia coli</i> -ի ոչ ախտածին շտամների օգտագործմամբ. ազոտի օքսիդի սինթազ: Հաղորդում 2	378
Ս. Ս. Հովակիմյան, Հ. Մ. Ամիրխանյան, Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Է. Հ. Չուխաջյան – Նոր սինթեզված միացությունների ազդեցությունն արյան մակարդելիության մի քանի պարամետրերի վրա	386
Ի. Ա. Բադալյան, Ա. Ս. Դիրբարյան, Մ. Ա. Դավթյան – Առնետների գլխուղեղի սպիտակուցների ամփոփումը հիպօքսիայի պայմաններում	391

ՄԱՆՐԷԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ն. Ա. Հարությունյան – Պրոբիոտիկների ազդեցությունը պարբերական հիվանդությամբ հիվանդների աղիքային միկրոֆլորայի <i>E. coli</i> անջատուկների հակաբիոտիկականությունության վրա	311
---	-----

ԿԵՆՍԱՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ

Ս. Ս. Դադբաշյան, Պ. Ա. Ղազարյան, Մ. Մ. Գինովյան – Մարդու շիճուկային ալբումինի արտադրության կենսատեխնոլոգիական եղանակները և հեռանկարները	85
Պ. Վեյզել, Ֆ. Մարկ, Հ. Ա. Ազանյան, Վ. Ա. Սաքանյան – <i>Geobacillus stearothermophilus</i> -ից կլոնավորված ջերմակայուն հիդանտոինազի բնութագրումը	92
Մ. Թ. Պետրոսյան, Ե. Ն. Շչերբակովա, Յու. Գ. Պոպով, Ա. Հ. Թոչունյան – Սրոհունդ երկարավունի (<i>Hypericum elongatum</i> Ledeb.) մեկուսացված կուլտուրան որպես կենսաբանորեն ակտիվ միացությունների աղբյուր	195

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Մ. Է. Շիրինյան – Հավասարակշռության կարգավորման մոդելավորումը զարկերակային բարոեցեպցիայի համակարգում հիբրիդ ավտոմատների կիրառմամբ	99
Մ. Հ. Դանիելյան, Վ. Ա. Չավուշյան – Իմոբիլիզացիոն սթրեսի մոդելի վրա հիպոթալամուսի կորիզի խթանման պայմաններում կենտրոնական նորադրենդրգիկ նեյրոնների սինապտիկ ակտիվության էլեկտրաֆիզիոլոգիական ուսումնասիրություն	203
Ա. Ա. Սավայան, Վ. Ա. Չավուշյան, Լ. Ռ. Գևորգյան, Ս. Ս. Աբրահամյան – Առնետի ուղեղի substantia nigra-ի նեյրոնների մորֆոհիստոքիմիական և էլեկտրաֆիզիոլոգիական ուսումնասիրությունը էթանոլային ինտոքսիկացիայի պայմաններում	209
Լ. Ռ. Մանվելյան, Ա. Մ. Նասոյան, Դ. Օ. Թերզյան – Գորտերի անդաստակային կորիզային համակարգ անդաստակային աֆֆերենտ մուտքերի սինապտիկ կազմակերպումը	217
Մ. Է. Շիրինյան – Բարոեցեպտոր ռեֆլեքսի մեխանիզմի ֆունկցիոնալ պարամետրերի ազդեցությունը զարկերակային բարոեֆլեքսի համակարգում հավասարակշռության կարգավորման մաթեմատիկական մոդելի բնութագրերի վրա	396

ԲՈՒՅՄԵՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ժ. Հ. Վարդանյան, Վ. Վ. Ղազարյան, Զ. Մ. Պառավյան – Բողբոջների էներգետիկ մակարդակը և դրանց ձմեռային պահպանվածությունը որպես ծառային ինտրոդուցենտների հարմարվողականության ցուցանիշ	316
---	-----

ՊԱՏՄՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ա. Սահակյան – Մաշտոցապատումը Ղազար Փարպեցու «Հայոց պատմության» մեջ	109
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ 113-го ТОМА

МАТЕМАТИКА

<i>Армине А. Чубарян, А. С. Читоян</i> – Некоторое обобщение системы доказательств “Резолюции над линейными равенствами”	7
<i>С. М. Саядян, Анаит А. Чубарян</i> – О некоторых системах доказательств для интуиционистской и минимальной пропозициональных логик	13
<i>В. С. Захарян, А. М. Джрбабян, Р. В. Даллакян</i> – Об ω -характеристиках аналитических в единичном круге функций	22
<i>В. К. Восканян</i> – Некоторые оценки для обобщенных игр среднего поля	30
<i>Г. М. Айрапетян, Л. В. Погосян</i> – Граничная задача Римана – Гильберта для уравнения Бицадзе с граничными условиями из пространств мер	127
<i>А. В. Погосян</i> – Об ускорении сходимости тригонометрической интерполяции	133
<i>Р. В. Даллакян</i> – О C -росте ω -характеристик аналитических в единичном круге функций	142
<i>Л. З. Геворгян</i> – Характеристика спектралоидных и нормалоидных операторов	231
<i>Л. Д. Погосян</i> – Об L_2 -сходимости квазипериодической интерполяции	240
<i>А. О. Бабаян, А. А. Закарян</i> – Задача Дирихле для одного неправильно эллиптического уравнения четвертого порядка	248
<i>Г. Г. Геворкян, К. А. Керян</i> – Об общей системе Франклина на R^1	331
<i>И. В. Оганисян</i> – Об одном представлении классов $N_\alpha (-1 < \alpha < 0)$	337

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

<i>В. Г. Минасян</i> – О множестве всех максимальных независимых множеств двудольного графа	37
<i>М. Г. Эвоян</i> – О типе перестановок на конечных полях	48
<i>С. М. Варданян</i> – О любых возможных структурах минимальных n -распознающих систем в классе двухэлементных подмножеств относительно операций пересечения и дополнения	343

ИНФОРМАТИКА

<i>Л. А. Асланян, А. Э. Даноян</i> – Сложность алгоритма Элиаса для хеш-функций, определенных кодами Хемминга и расширенными кодами Хемминга	150
<i>Г. В. Асцатрян, В. Г. Саакян, Ю. Г. Шукурян</i> – Развитие e -инфраструктуры науки в Армении за последние годы	352

МЕХАНИКА

<i>Ш. И. Алваджян, Л. М. Маргарян, С. О. Саркисян</i> – Статическая и динамическая устойчивость микрополярных ортотропных упругих тонких стержней	158
<i>С. М. Оганесян</i> – Постановка задач о распространении упругих волн чистого изгиба и изгиба при поперечных колебаниях однородного консольного стержня	259
<i>К. А. Жамакочян</i> – Применение метода степенных рядов для построения математической модели микрополярных упругих тонких балок	268
<i>Л. А. Мовсисян</i> – К нелинейным колебаниям цилиндрической панели из пьезоэлектрика	359
<i>М. В. Белубекян, В. Г. Гараков</i> – Отражение нормально падающей сдвиговой электроупругой волны от плоской границы раздела двух пьезоактивных сред	364
<i>С. А. Амбарцумян</i> – Мембранная микрополярная теория оболочек, изготовленных из разномодульного материала	369

ФИЗИКА

<i>Р. А. Алаканян</i> – Рождение дважды заряженных бозонов с фотоном	276
--	-----

АСТРОФИЗИКА

<i>М. А. Оганисян, Р. Р. Андреасян, Г. М. Паронян, А. В. Абрамян</i> – Исследование компактных радиоисточников с $z > 1$ – кандидатов в далекие квазары	281
---	-----

БИОФИЗИКА

- П. О. Вардеванян, А. П. Антонян, М. А. Шагинян, Л. А. Амбарцумян – Исследование связывания метиленового синего с ДНК спектроскопическими методами 180

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Г. Г. Данагулян, А. К. Туманян, А. П. Бояхчян – Избирательный дейтерообмен протонов С-метиловых групп в азиновых (моно- и бициклических пиримидиновых) системах 167

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Н. О. Геокчян – Определение родия в промстоčných водах ювелирной фабрики экстракционно-спектрофотометрическим методом 53
Н. О. Геокчян – Диазиновый краситель сафранин “Т” как новый реагент для определения осмия (IV) экстракционно-спектрофотометрическим методом 174

БИОХИМИЯ

- Р. Г. Камалян, А. Г. Варданян, Н. Х. Хачатрян, А. Г. Григорян – Некоторые особенности обмена дикарбоновых аминокислот в мозге крысы 59
О. М. Амирханян, С. С. Овакимян, Г. А. Гюльбудагян, К. Г. Карагезян – Действие водного экстракта семян тыквы на процесс липидной пероксидации в гомогенатах мозга и печени белых крыс в опытах in vitro 65
Т. С. Хачатрян, В. О. Топузян – Роль холинового эфира N-(2-метоксибензоил)-О-изопропил- α , β -дегидротирозина в изменении концентрации тиреотропного гормона гипофиза и тиреоидных гормонов в крови двенадцатимесячных крыс при экспериментальном гипотиреозе 69
К. А. Арутюнова, М. А. Арутюнова, А. З. Пепоян, А. Г. Григорян – Выделение и характеристика кишечных бактерий комаров рода *Anopheles*, собранных в Армении 74
Э. А. Закарян – Стимуляция геморфинами экспрессии NF κ B транскрипционного фактора в мозге крыс в ответ на эндотоксин-индуцируемый стресс 80
М. К. Карагезян – Динамика нарушений процессов перекисеобразования в общем мозговом гомогенате белых крыс при зеараленоновой интоксикации и корректирующее действие сверхнизких концентраций двуспиральной РНК на этом фоне 189
Т. С. Хачатрян, В. О. Топузян – Особенности изменения концентрации тиреотропного гормона гипофиза и тиреоидных гормонов в крови двухмесячных крыс при гипотиреозе до и после действия холинового эфира N-(2-метоксибензоил)-О-изопропил- α , β -дегидротирозина 290
О. Х. Авагян, Н. Х. Алчуджян, Н. О. Мовсесян, Г. Г. Минасян – Метаболический профиль L-аргинина в головном мозге мышей при асцитной карциноме Эрлиха и влияние противоопухолевой терапии авирулентными штаммами *Escherichia coli*: аргиназа. Сообщение 1 295
А. А. Агабабова, Н. О. Мовсесян, А. М. Акопян, О. А. Авакян – Морфогистохимические изменения при асцитной карциноме Эрлиха на фоне воздействия кишечной палочки 303
О. Х. Авагян, Н. Х. Алчуджян, Н. О. Мовсесян, А. А. Агабабова – Метаболический профиль L-аргинина в головном мозге мышей при асцитной карциноме Эрлиха и влияние противоопухолевой терапии авирулентными штаммами *Escherichia coli*: синтаза оксида азота. Сообщение 2 378
С. С. Овакимян, О. М. Амирханян, К. Г. Карагезян, Э. О. Чухаджян – Влияние вновь синтезированных соединений на некоторые параметры системы свертывания крови 386
И. А. Бадалян, А. С. Дилбарян, М. А. Давтян – Амидированность белков головного мозга крыс при гипоксии 391

МИКРОБИОЛОГИЯ

- Н. А. Арутюнян – Влияние пробиотиков на антибиотикорезистентность комменсальных *E. coli* изолятов, выделенных из кишечной микрофлоры больных периодической болезнью 311

БИОТЕХНОЛОГИЯ

- С. С. Дагбашиян, П. А. Казарян, М. М. Гиновян – Биотехнологическое производство человеческого сывороточного альбумина и его перспективы 85
П. Вейгель, Ф. Марк, О. А. Аганянц, В. А. Саканян – Характеристика термостабильной гидантоиназы, клонированной из *Geobacillus stearothermophilus* 92
М. Т. Петросян, Е. Н. Щербакова, Ю. Г. Попов, А. А. Трчунян – Изолированная культура зверобоя вытянутого (*Hypericum elongatum* Ledeb.) как источник биологически активных соединений 195

ФИЗИОЛОГИЯ

<i>М. Э. Ширинян</i> – Моделирование регуляции равновесия в системе артериальной барорецепции на основе гибридного автомата.....	99
<i>М. А. Даниелян, В. А. Чавушян</i> – Электрофизиологическое исследование синаптической активности центральных норадренэргических нейронов при стимуляции гипоталамического ядра на модели иммобилизационного стресса	203
<i>А. А. Саваян, В. А. Чавушян, Л. Р. Геворгян, С. С. Абрамян</i> – Морфогистохимическое и электрофизиологическое исследование черной субстанции мозга крысы при этанольной интоксикации	209
<i>Л. Р. Манвелян, А. М. Насоян, Д. О. Терзян</i> – Синаптическая организация вестибулярных афферентных входов в вестибулярный ядерный комплекс лягушки	217
<i>М. Э. Ширинян</i> – Влияние функциональных параметров механизма барорефлекса на характеристики математической модели регуляции равновесия в системе артериальной барорецепции	396

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

<i>Ж. А. Варданян, В. В. Казарян, З. М. Паравян</i> – Энергетический уровень почек и их зимняя сохранность как показатель приспособления древесных интродуцентов	316
--	-----

ИСТОРИЯ

<i>А. А. Саакян</i> – Рассказ о Маштоце в «Истории Армении» Лазаря Парпеци.....	109
---	-----

CONTENTS of 113th VOLUME

MATHEMATICS

<i>Armine A. Chubaryan, S. Tchitoyan</i> – Some Generalization of Proof System “Resolution over Linear Equations”	7
<i>S. M. Sayadyan, Anahit A. Chubaryan</i> – On Some Proof Systems for Intuitionistic and Minimal Propositional Logics	13
<i>V. S. Zakaryan, A. M. Djrbashyan, R. V. Dallakyan</i> – On ω -characteristics of the Analytic Functions in the Unit Disk	22
<i>V. K. Voskanyan</i> – Some Estimates for Stationary Extended Mean Field Games	30
<i>H. M. Hayrapetyan, L. V. Poghosyan</i> – Riemann-Hilbert Problem for Bitsadze Equation with Boundary Conditions from Measure Space	127
<i>A. V. Poghosyan</i> – On Convergence Acceleration of Trigonometric Interpolation.....	133
<i>R. V. Dallakyan</i> – About $\bar{C}$ -Height of ω -Characteristics of Analytical in the Unit Circle Functions	142
<i>L. Z. Gevorgyan</i> – Characterization of Spectraloid and Normaloid Operators	231
<i>L. D. Poghosyan</i> – On L_2 -convergence of the quasi-periodic interpolation.....	240
<i>A. H. Babayan, A. A. Zaqaryan</i> – The Dirichlet Problem for the Fourth Order Improperly Elliptic Equation	248
<i>G. G. Gevorgyan, K. A. Keryan</i> – On a General Franklin Systems on R^1	331
<i>I. V. Hovhannisyan</i> – On a Representation of Classes N_α ($-1 < \alpha < 0$).....	337

APPLIED MATHEMATICS

<i>V. G. Minasyan</i> – On Set of All Maximum Independent Sets of Bipartite Graph.....	37
<i>M. G. Evoyan</i> – On a Class of Permutations on Finite Field	48
<i>S. M. Vardanyan</i> – On All Possible Structures of Minimal n -Recognizing Systems in the Class of Two-Element Subsets Concerning the Operations of Intersection and Complement	343

INFORMATICS

<i>L. H. Aslanyan, H. E. Danoyan</i> – Complexity of Elias Algorithm for Hash Functions Based on Hamming and Extended Hamming Codes	150
<i>H. V. Astsatryan, V. G. Sahakyan, Yu. H. Shoukourian</i> – Recent Developments of e-Science Infrastructures in Armenia	352

MECHANICS

<i>Sh. I. Alvajyan, L. M. Margaryan, S. H. Sargsyan</i> – Static and Dynamic Stability of Micropolar Orthotropic Elastic Thin Bars	158
<i>S. M. Hovhannisyan</i> – Formulation of the Problem of Propagation of Elastic Waves of a Pure to Bending and a Bending at Roll Oscillation of Homogeneous Cantilever Beam	259
<i>K. A. Zhamakochyan</i> – Application of the Method of Power Series for the Construction of the Mathematical Model of Micropolar Elastic Thin Bars	268
<i>L. A. Movsisyan</i> – About nonlinear vibrations of piezoelectric cylindrical panel	359
<i>M. V. Belubekyan, V. G. Garakov</i> – Reflection of the Normal Falling Shear Electroelastic Wave from the Plane Boundary of the Two Piezoactive Media	364
<i>S. A. Ambartsumian</i> - Membrane Micropolar Theory of Shells Made of Different Modulus Material..	369

PHYSICS

<i>R. A. Alanakyan</i> – On the Doubly Charged Bosons Production with Photon	276
--	-----

ASTROPHYSICS

<i>M. A. Hovhannisyan, R. R. Andreevyan, G. M. Paronyan, H. V. Abrahamyan</i> – The Investigation of Compact Radio Sources with $z > 1$: Candidates of Distant Quasars	281
---	-----

BIOPHYSICS

<i>P. O. Vardevanyan, A. P. Antonyan, M. A. Shahinyan, L. A. Hambarzumyan</i> – Investigation of Binding of Methylene Blue to DNA by Spectroscopic Methods	180
--	-----

ORGANIC CHEMISTRY

<i>G. G. Danagulyan, A. K. Tumanyan, A. P. Boyakhchyan</i> – Selective Deuterium Exchange of Protons of C-methyl Groups in Azine (Mono- and Bicyclic Pyrimidine) Systems	167
--	-----

ANALYTIC CHEMISTRY

<i>N. O. Geokchyan</i> – Determination of Rodium in Industrial Sewage of Jewelry Factory by the Extraction-Spectrophotometric Method	53
<i>N. O. Geokchyan</i> – Diazin Raw Safranin “T” as a New Reagent for Determination Osmium (IV) by Extractions-Spectrophotometric Method.....	174

BIOCHEMISTRY

<i>R. G. Kamalyan, A. G. Vardanyan, N. Kh. Khachatryan, H. S. Grygoryan</i> – Some Features of	59
--	----

Dicarboxylic Amino Acids Exchange in Rat Brain	
H. M. Amirkhanyan, S. S. Hovakimyan, G. A. Gyulbudaghyan, K. G. Karageuzyan – Effects of Water Extracts of Pumpkin Seeds on the Process of Lipid Peroxidation in the Brain and Liver Homogenates of Rats in Conditions of in vitro Experiments	65
T. S. Khachatryan, V. O. Topuzyan – Role of Choline Ester N-(2-methoxybenzoyl)-O-isopropyl- α , β -Dehydrothyroline in Changes of Concentration of Thyroid-Stimulating Hormone and Thyroid Hormones in the Blood of Twelve-Month Rats with Experimental Hypothyroidism.....	69
K. A. Harutyunova, M. A. Harutyunova, A. Z. Pepoyan, A. G. Grigoryan –Characterization of Enterobacteriaceae Isolated from Anopheles Mosquitoes in Armenia	74
H. H. Zakaryan – Hemorphins Stimulate the Expression Level of NF κ B Transcription Factor in Rats Brain in Response to Endotoxin-Induced Stress	80
M. K. Karageuzyan – Disorders of Peroxide Formation Processes Dynamics in Whole Brain Homogenate of White Rats under the Zearalenon Intoxication and Normalizing Action of Superlow Concentrations of Double-Stranded RNA on this Background	189
T. S. Khachatryan, V. O. Topuzyan – Features of Changes in Concentration of Pituitary Thyroid Hormone and Thyroid Hormones in the Blood of Two-Month Rats with Experimental Hypothyroidism before and after Operations with N-(2-methoxybenzoyl)-O-isopropyl- α , β -Dehydrothyroline Choline Ester.....	290
H. Kh. Avagyan, N. Kh. Alchujyan, N. H. Movsesyan, G. G. Minasyan – L-arginine metabolic profile in the mice brain at Ehrlich ascites carcinoma and effects of anticancer therapy with avirulent strains of <i>Escherichia coli</i> : arginase. Report 1	295
A. A. Agababova, N. O. Movsesyan, A. M. Hakopyan, O. A. Avakyan – Morphohistochemical Changes in Ehrlich Ascites Carcinoma Arising in the Background of the Impact of <i>E. coli</i>	303
H. Kh. Avagyan, N. Kh. Alchujyan, N. H. Movsesyan, A. A. Aghababova - L-arginine Metabolic Profile in the Mice Brain at Ehrlich Ascites Carcinoma and Effects of Anticancer Therapy with Avirulent Strains of <i>Escherichia coli</i> : Nitric Oxide Synthase Report 2	378
S. S. Hovakimyan, H. M. Amirkhanyan, K. G. Karageuzyan, E. H. Chukhajyan - Effect of Newly Synthesized Compounds on Some Parameters of the Coagulation System.....	386
I. A. Badalyan, A. S. Dilbaryan, M. A. Davtyan - Amidation of Rat Brain Proteins During Hypoxia .	391
BIOTECHNOLOGY	
S. S. Daghbashyan, P. A. Ghazaryan, M. M. Ginovyan – Production Human Serum Albumin by Biotechnological Methods and Perspectives	85
P. Weigel, F. Marc, H. A. Aganyants, V. A. Sakanyan – Characterization of Thermostable Hydantoinases Cloned from <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	92
M. T. Petrosyan, Y. N. Shcherbakova, Yu. G. Popov, A. H. Trehounian – Isolated Culture of St.-John's Wort Elongated (<i>Hypericum Elongatum</i> Ledeb.) as the Source of Biologically Active Compounds.....	195
MICROBIOLOGY	
N. A. Harutyunyan – Effects of Probiotics on Antibiotic Resistance of Commensal <i>E. coli</i> , Isolated from Intestinal Microflora of Periodic Disease Patients.....	31
PHYSIOLOGY	
M. E. Shirinyan – Modeling of Equilibrium Regulation in the Arterial Baroreceptor System on the Basis of Hybrid Automaton	99
M. H. Danielyan, V. A. Chavushyan – Electrophysiological Study of Synaptic Activity of Central Noradrenergic Neurons during Stimulation of Hypothalamic Nucleus in Model of Immobilization Stress	203
A. A. Savayan, V. A. Chavushyan, L. R. Gevorgyan, S. S. Abrahamyan – Morphohistochemical and Electrophysiological Studies of Rats Brain Substantia Nigra Neurons after Ethanol Intoxication	209
L. R. Manvelyan, A. M. Nasoyan, D. O. Terzyan – Synaptic Organization of the Vestibular Afferent Inputs in the Vestibular Nuclear Complex of Frogs.....	217
M. E. Shirinyan - The Influence of the Functional Parameters of Arterial Baroreflex Mechanism on the Characteristics of the Mathematical Model of Equilibrium Regulation in the Arterial Baroreceptor System	396
PLANT PHYSIOLOGY	
Zh. H. Vardanyan, V. V. Kazaryan, Z. M. Paravyan – Winter Persistence of Buds as an Indicator of Adaptation of Alien Tree Species	366
HISTORY	
A. A. Sahakyan – The Mashtots Story in Lazar Parpetsi's "History of Armenia"	109