

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

ISSN 0321-1339

Չ Ե Կ Ո Ւ Յ Յ Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы
R E P O R T S

2002

Երևան

Երևան

Yerevan

Նվաճողովել է 1944 թ.: Լույս է տեսնում քառրին 4 անգամ

Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Ա. Ա. ՆԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ Գ.Ա. ԱՐՉՈՒՄՅԱՆ (պար. քարտուղար), ակադեմիկոս Է.Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ե. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԲՐՈՒՏՅԱՆ, ակադեմիկոս Է.Ս. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԳԱՂՈՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Վ. ԴՈՎԼԱԹՅԱՆ (գլխ. խմբագրի տեղակալ), ակադեմիկոս Ա.Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Ն. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Կ.Գ. ՂԱՐԱԳՅԱՆ, ակադեմիկոս Յու.Ն. ՇՈՒԿՈՒՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Ֆ.Տ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, ակադեմիկոս Դ.Մ. ՍԵԴՐԱԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Բ. ՖԱՆԱՐԺՅԱՆ:

Главный редактор академик С. А. АМБАРЦУМЯН

Редакционная коллегия: Г.А. АРЗУМАНЯН (отв. секретарь), академик Э.Г. АФ—РИКЯН, академик Г.Е. БАГДАСАРИАН, академик Г.А. БРУТЯН, академик Э.С. ГАБРИЕЛЯН, академик Г.А. ГАЛОЯН, академик В.В. ДОВЛАТЯН (зам. главного редактора), академик В.О. КАЗАРЯН, академик К.Г. КАРАГЕЗЯН, академик Ф.Т. САРКИСЯН, академик Д.М. СЕДРАКЯН, академик А.А. ТАЛАЛЯН, академик В.В. ФАНАРДЖЯН, академик Ю.Г. ШУКУРЯН.

Editor-in-chief academician S. A. AMBARTSUMIAN

Editorial Board: academician G.E. AFRIKIAN, G.A. ARZUMANYAN (executive secretary), academician G.E. BAGDASARIAN, academician G.A. BRUTIAN, academician V.V. DOVLATIAN (vice-editor-in-chief), academician V.V. FANARDJIAN, academician E.S. GABRIELIAN, academician G.A. GALOYAN, academician K.G. KARAGEUZYAN, academician V.H. KAZARIAN, academician F.T. SARGSSIAN, academician D.M. SEDRAKIAN, academician Yu.H. SHOUKOURIAN, academician A.A. TALALIAN.

Խմբագրության հասցեն 375019 Երևան 19, Մարշալ Բաղրամյանի պող. 24գ

Ներ. 52-44-61

Խմբագրության վարիչ Գ. Ա. Աբրահամյան

Адрес редакции: 375019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

Тел. 52-44-61

Зав. редакцией Г. А. Абрамян

Communication links: address – 24g Marshal Bagramian Ave., Yerevan, 375019, Armenia

Phone-(3741) 52-44-61



ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՍԱԹԵՍԱՏԻԿԱ

- Վ. Լ. Ավետիսյան – Կոտորակային ինտեգրողիֆերենցման մասին խառը նորմով հարմոնիկ ֆունկցիաների դասերի համար կիսատարածությունում..... 5
- Ս. Գ. Բաղդասարյան – Նիկոլսկի - Բետովի տիպի ընդհանրացված տարածությունների մասին..... 11

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՍԱԹԵՍԱՏԻԿԱ

- Վ. Վ. Շահբազյան, Յու. Հ. Շուրուրյան – Հոսքային պատահարային կառուցվածքների հաշվարկների լեզուների տրամաբանական ներկայացումը..... 16

ՍԵՆՍՆԻԿԱ

- Ս. Գ. Բազդոն, Ա. Վ. Շեկոյան – Ոչ գծային ձայնային փնջերի տարածումը եռաֆազ ամպային միջավայրում..... 23

ԱՌԱՋԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

- Վ. Ն. Հակոբյան – Խառը խնդիր ճաքերի պարբերական համակարգով թուլացված բաղադրյալ հարթության համար..... 29
- Դ. Խ. Բարձոկաս – Կոմպլեքս փոփոխականի ֆունկցիաների և սինգուլյար ինտեգրալ հավասարումների տեսության մեթոդները ճաք պարունակող ուժեղացված անիզոտրոպ սալերի խնդիրներում..... 35

ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ

- Վ. Բ. Ներսիսյան – Շարժվող ոչ ֆեռոմագնիսական հաղորդիչ թիթեղում հոսանքների որոշումը ցանցերի մեթոդով..... 42

ՋՐԱՅԻՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐ

- Ա. Յա. Մարգարյան – Կենտրոնախույս պոմպի գլխավոր բնութագրի հավասարումը..... 48

ԱՆԱԼԻՏԻԿ ՔԻՄԻԱ

- Ն. Օ. Գյոկչյան, Ա. Ա. Եղիազարյան, Ջ. Ա. Միքայելյան, Հ. Գ. Խաչատրյան – Օսմիումի (IV) միկրոգրամային քանակների որոշումը տրիֆենիլմեթանային շարքի ներկանյութ ֆուրսինով էքստրակցիոն-արտրոբցիոնետրական եղանակով 52

ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

- Վ. Վ. Դովլաբյան, Ֆ. Վ. Ավետիսյան, Տ. Ջ. Պապոյան, Թ. Լ. Ջավանշիրյան – Արիօքսիթիլիմիդազոլիդին (թիազոլին) թիոններ..... 57

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

- Մ. Ա. Դավթյան, Լ. Հ. Նավասարդյան, Ս. Վ. Մարության, Ա. Ջ. Փեփոյան – Candida guilliermondii НП-4 խմորասնկային քիչքանակի կենսունակության որոշ առանձնահատկությունները..... 62

ՍՈԼԵԿՈՒԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Ա. Ջ. Փեփոյան, Ն. Ս. Միրզոյան, Մ. Օ. Մահակյան, Լ. Հ. Կիրակոսյան, Կ. Գ. Ղարազոյան – Escherichia coli G35 բակտերիալ շտամների հակաօքսիդացիոն համակարգի որոշ առանձնահատկությունները..... 70

ՄԻՋԱՏԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Մ. Յո. Քալաշյան – Բզեզների (Insecta, Coleoptera) նոր տեսակներ Հայաստանից և Ղազախստանից..... 76

ԿԱԶՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Ն. Ն. Մելքոնյան, Ի. Բ. Մելիքսեբյան, Ն. Վ. Մարգարյան, Օ. Ա. Նազարյան – Կատվի ուղեղի մազանոթների ռեակցիան կավինտոնի ազդեցության ներքո..... 84

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

- Զ. Վ. Ղազարյան, Վ. Յ. Վանցյան, Ա. Ս. Տիրայան, Ռ. Ռ. Հակոբյան – Ծովախոզուկի միզածորանի տարբեր հատվածների ռիթմածին հատկությունների համեմատական վերլուծություն..... 88
- Զ. Ռ. Հարությունյան, Ս. Շ. Մարտիրոսյան – Կիտտորֆինի ազդեցությունը դեսիմպատիզացված առնետների ջերմային հոմեոստազի կարգավորման վրա..... 93

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

К.Л. Аветисян — О дробном интегродифференцировании в классах гармонических функций на полупространстве со смешанной нормой..... 5

А.Г. Багдасарян — Об обобщенных пространствах типа Никольского — Бесова с неограниченной точностью..... 11

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

К.В. Шахбазян, Ю.Г. Шукурян — Представление языков вычислений в одном классе событийных структур в логических языках..... 16

МЕХАНИКА

А.Г. Багдоев, А.В. Шекоян — Распространение нелинейных звуковых пучков в трехфазной облачной среде..... 23

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

В.Н. Акоюн — Смешанная задача для составной плоскости, ослабленной периодической системой трещин..... 29

Д.И. Бардзокас — Методы теории функций комплексного переменного и сингулярных интегральных уравнений в задачах усиленных анизотропных пластин с трещиной..... 35

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

В.Б. Нерсисян — Расчет токов в проводящем немагнитном листе при его движении методом сеток 42

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

А.Я. Маркарян — Уравнение главной характеристики центробежного насоса..... 48

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н.О. Геохчян, А.А. Егиазарян, Дж.А. Микаелян, А.Г. Хачатрян — Экстракционно-абсорбциометрическое определение микрограммовых количеств осмия (IV) основным красителем фуксином..... 52

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В.В. Довлатян, Ф.В. Аветисян, Т.З. Папоян, Т.Л. Джаванширян — Арилоксиэтиламидазолидин (тиазолин) тионы..... 57

БИОХИМИЯ

М.А. Давтян, Л.А. Навасардян, С.В. Марутян, А.З. Пепоян — Некоторые особенности выживаемости дрожжей *Candida guilliermondii* НП-4..... 62

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

А.З. Пепоян, Н.С. Мирзоян, М.О. Саакян, Л.А. Киракосян, К.Г. Карагезян — Некоторые особенности антиокислительной системы бактериальных штаммов *Escherichia coli* G35..... 70

ЭНТОМОЛОГИЯ

М.Ю. Калашян — Новые виды жуков (Insecta, Coleoptera) из Армении и Казахстана..... 76

МОРФОЛОГИЯ

Н.Н. Мелконян, И.Б. Меликсетян, Н.В. Маркарян, О.А. Назарян — Реакция капилляров мозга кошки на воздействие кавинтона..... 84

ФИЗИОЛОГИЯ

К.В. Казарян, В.Ц. Ванцян, А.С. Тираян, Р.Р. Акоюн — Сравнительный анализ ритмогенных свойств различных областей мочеоточника морской свинки..... 88

К.Р. Арутюнян, С.Ш. Мартиросян — Действие киоторфина на регуляцию температурного гомеостаза у десимпатизированных крыс..... 93

CONTENTS

MATHEMATICS

- K. L. Avetisyan* – On fractional integro-differentiation in harmonic mixed norm classes on a half-space..... 5
- A.G. Baghdasaryan* – On generalised spaces of Nikolskii – Besov type..... 11

APPLIED MATHEMATICS

- K.V. Shahbazyan, Yu.H. Shoukourian* – Logically definable languages of computations in one class of flow event structures..... 16

MECHANICS

- A.G. Bagdov, A.V. Shekoyan* – The propagation of non-linear sonic beams in three phases cloud medium..... 23

THEORY OF ELASTICITY

- V.N. Hakobyan* – Mixed problem for a compound plane, weakened by a periodical system of cracks..... 29
- D.I. Bardzokas* – Methods of the theory complex functions and singular integral equations in problems of reinforcement of cracked anisotropic plates..... 35

ELECTROTECHNICS

- V.B. Nersisyan* – Definition of currents in non-conducting ferromagnetic sheet using networks method..... 42

WATER RESOURCES

- A.Ya. Margaryan* – The equation of characteristic of a centrifugal pump..... 48

ANALYTIC CHEMISTRY

- N.O. Geokchyan, A.A. Eghiazaryan, J.A. Mikaelyan, H.G. Khachatryan* – Extraction-absorbtiometric determination of Os (IV) microgram amounts using fucsin row dye..... 52

ORGANIC CHEMISTRY

- V.V. Dovlatyan, F.V. Avetisyan, T.Z. Papoyan, T.L. Djavanshiryen* – Aryloxyethylimidazolidin (thiazolin) thiones..... 57

BIOCHEMISTRY

- M.A. Davtian, L.H. Navasardyan, S.V. Marutyen, A.Z. Pepoyan* – Peculiarities of survival of yeasts *Candida guilliermondii* NP-4..... 62

MOLECULAR BIOLOGY

- A.Z. Pepoyan, N.S. Mirzoyan, M.O. Sahakian, L.H. Kirakosyan, K.G. Karageuzian* – Several peculiarities of antioxidative sistems of *Escherichia coli* G35 strains..... 70

ENTHOMOLOGY

- M.Yu. Kalashian* – New species of beetles (Insecta, Coleoptera) from Armenia and Kazakhstan..... 76

MORPHOLOGY

- N.N. Melkonyan, I.B. Meliksetyan, N.V. Margaryan, O.A. Nazaryan* – Cat brain capillary reaction to the action of cavinton..... 84

PHYSIOLOGY

- K.V. Kazarian, V.Ts. Vantsian, A.S. Tirayan, R.R. Hakobian* – Comparative analysis of rhythmogenic properties of ureter's different areas in guinea pigs..... 88

- K.R. Harutyunyan, S.Sh. Martirosyan* – Kiotorphin actions on temperature homeostasis regulation in desimphatezined rats..... 93

К. Л. Аветисян

О дробном интегродифференцировании в классах гармонических функций на полупространстве со смешанной нормой

(Представлено академиком Н.У. Аракелянном 30/VIII 2001)

1. Пусть \mathbf{R}^n - n -мерное евклидово пространство, и пусть $x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathbf{R}^n$, $|x|^2 = x_1^2 + \dots + x_n^2$, $dx = dx_1 \dots dx_n$. Обозначим через \mathbf{R}_+^{n+1} верхнее полупространство пространства \mathbf{R}^{n+1} , т.е. $\mathbf{R}_+^{n+1} = \mathbf{R}^n \times (0, \infty)$. Точки этого полупространства будем представлять как $(x, y) = (x_1, \dots, x_n, y)$, $x \in \mathbf{R}^n$, $y > 0$. Иногда удобно будет обозначать $x_0 = y$.

Для измеримой в \mathbf{R}_+^{n+1} функции $f(x, y)$ положим

$$M_p(f; y) = \|f\|_{L^p(\mathbf{R}^n, dx)}, \quad y > 0, \quad 0 < p \leq \infty.$$

Пространство Харди $h^p(\mathbf{R}_+^{n+1})$ в верхнем полупространстве \mathbf{R}_+^{n+1} состоит из всех (комплекснозначных) гармонических функций $u(x, y)$ в \mathbf{R}_+^{n+1} , для которых

$$\|u\|_{h^p} = \sup_{y > 0} M_p(u; y) < +\infty.$$

Введем в рассмотрение следующее квазинормированное пространство $L(p, q, \alpha)$ ($0 < p, q \leq \infty$, $\alpha > 0$) со смешанной нормой, состоящее из тех измеримых в \mathbf{R}_+^{n+1} функций $f(x, y)$, для которых конечна квазинорма (норма при $1 \leq p, q \leq \infty$)

$$\|f\|_{p, q, \alpha} = \begin{cases} \left(\int_0^{+\infty} y^{\alpha q - 1} M_p^q(f; y) dy \right)^{1/q}, & 0 < q < \infty, \\ \operatorname{ess\,sup}_{y > 0} y^\alpha M_p(f; y), & q = \infty. \end{cases}$$

Через $h(p, q, \alpha)$ обозначим гармоническое подпространство в $L(p, q, \alpha)$. Вопрос о дробном интегродифференцировании в пространствах со смешанной нормой был поднят Харди и Литтлвудом [1], [2] и может быть сформулирован следующим образом: как ограниченно действует оператор дробного интегродифференцирования в пространствах $h(p, q, \alpha)$? Этот вопрос детально изучался Флеттом [3], [4], особенно для голоморфных функций в единичном круге (см. также работу автора [5], в которой были дополнены результаты Флетта). В полупространстве \mathbf{R}_+^{n+1} тема дробного интегродифференцирования изучалась в гораздо

меньшей степени. Отметим работы М. Тейблсона [6], Т. Флетта [7], Буй Хюи Ки [8], А. Э. Джрбашяна [9].

2. Для функции $f(x,y)$, измеримой и комплекснозначной в \mathbf{R}_+^{n+1} , введем в рассмотрение оператор дробного интегриродифференцирования Римана-Лиувилля (называемый также потенциалом Рисса):

$$D^{-\alpha}f(x,y) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{+\infty} \sigma^{\alpha-1} f(x,y + \sigma) d\sigma,$$

$$D^0 f = f, \quad D^\alpha f(x,y) = (-1)^m D^{-(m-\alpha)} \frac{\partial^m}{\partial y^m} f(x,y),$$

где $\alpha > 0$, а m - целое, $m - 1 < \alpha \leq m$. Если T - ограниченный оператор, отображающий пространство X в Y , т.е. $\|Tf\|_Y \leq C\|f\|_X, \forall f \in X$, то будем писать $T : X \rightarrow Y$. Нижеследующая теорема описывает действие оператора дробного дифференцирования в классах Харди h^p . Ее доказательство следует из одного неравенства типа Литтлвуда-Пэли (см. [10]).

Теорема 1. Пусть $\alpha > 0, 2 \leq q \leq \infty$ и $1 < p \leq q \leq \infty$. Тогда

$$D^\alpha : h^p \rightarrow h(p,q,\alpha),$$

$$D^\alpha : h^p \rightarrow h(p_0,q,\alpha + n/p - n/p_0), \quad 1 < p < p_0 \leq \infty.$$

Действие дробного оператора $D^{-\alpha}$ в пространствах $h(p,q,\alpha)$ описано в следующей таблице.

Теорема 2. Пусть $0 < p,q \leq \infty, \alpha > 0$ - произвольные числа. Тогда

$$D^{-\beta} : h(p,q,\alpha) \rightarrow h(p,q,\alpha - \beta), \quad -\infty < \beta < \alpha, \quad 0 < p,q \leq \infty,$$

$$D^{-\beta} : h(p,q,\alpha) \rightarrow h^p, \quad \beta = \alpha, \quad 0 < p < \infty, \quad 0 < q \leq \min \{2,p\},$$

$$D^{-\beta} : h(p,q,\alpha) \rightarrow h^{p_0}, \quad \alpha < \beta < \alpha + n/p, \quad 0 < p < \infty, \quad q \leq p_0,$$

$$D^{-\beta} : h(p,q,\alpha) \rightarrow h(p_0,q_0), \quad \alpha < \beta < \alpha + n/p, \quad 1 \leq p < \infty,$$

$$0 < q \leq q_0 \leq \infty, \quad 1 < q_0 \leq \infty,$$

$$D^{-\beta} : h(p,q,\alpha) \rightarrow \mathbf{B}, \quad \beta = \alpha + n/p, \quad p = \infty, \quad 0 < q \leq \infty,$$

$$D^{-\beta} : h(p,q,\alpha) \rightarrow \mathbf{BMOh}, \quad \beta = \alpha + n/p, \quad 0 < p < \infty, \quad 0 < q \leq \infty,$$

$$D^{-\beta} : h(p,q,\alpha) \rightarrow h^\infty, \quad \beta = \alpha + n/p, \quad 0 < p \leq \infty, \quad 0 < q \leq 1,$$

где $p_0 = [n/(\alpha + n/p - \beta)]$; $h(p,q)$ обозначает гармоническое пространство Лоренца (см. [11],

[8]); \mathbf{B} - гармоническое пространство Блоха; \mathbf{BMOh} - пространство гармонических в \mathbf{R}_+^{n+1} функций с граничными значениями из $\mathbf{BMO}(\mathbf{R}^n)$.

Для функции $u(x,y)$, гармонической в \mathbf{R}_+^{n+1} и удовлетворяющей условию

$$u(x,y) = O \left(\frac{1}{y^\delta} \right), \quad y \rightarrow +\infty, \quad \delta > 0,$$

преобразования Рисса определяются как

$$u_j(x,y) = (R_j u)(x,y) = - \int_y^{+\infty} \frac{\partial u(x,\eta)}{\partial x_j} d\eta, \quad 1 \leq j \leq n.$$

Вектор-функция $F = (u_0, u_1, \dots, u_n)$, $u = u_0$, является системой Рисса сопряженных гармонических функций (см., например, [11]), т.е. функции u_j удовлетворяют обобщенным уравнениям Коши-Римана [11]

$$\sum_{j=0}^n \frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0, \quad \frac{\partial u_j}{\partial x_k} = \frac{\partial u_k}{\partial x_j}, \quad 0 \leq j, k \leq n. \quad (1)$$

Эти уравнения равносильны существованию гармонической в \mathbf{R}_+^{n+1} функции f такой, что $F = \nabla f$. Заметим, что в случае $n = 1$ уравнения (1) переходят в обычные уравнения Коши-Римана. При этом функция $F = u_0 + iu_1$ голоморфна относительно переменной $z = x_1 + ix_0$.

В следующей теореме устанавливается ограниченность оператора гармонического сопряжения (т.е. преобразований Рисса R_j) в пространствах $h(p,q,\alpha)$ при всех допустимых $0 < p, q \leq \infty$, и, тем самым, обобщаются аналогичные утверждения из [9], [12].

Теорема 3. Пусть $0 < p, q \leq \infty$, $\alpha > 0$, $u \equiv u_0 \in h(p,q,\alpha)$. Если $F = (u_0, u_1, \dots, u_n)$ является системой сопряженных гармонических функций, то

(i) $\|F\|_{p,q,\alpha} \leq C \|u\|_{p,q,\alpha}$.

(ii) Условие $y^\alpha M_p(u;y) = o(1)$ при $y \rightarrow +0$ ($y \rightarrow +\infty$) равносильно условию

$$y^\alpha M_p(F;y) = o(1) \quad \text{при} \quad y \rightarrow +0 \quad (\text{соотв.} \quad y \rightarrow +\infty).$$

В качестве следствия получаем, что преобразования Рисса ограничены также в пространствах Блоха \mathbf{B} .

3. Основная сложность при доказательстве теорем 2 и 3 возникает при малых p . Это объясняется тем, что при $p < (n-1)/n$ функция $|\nabla f|^p$ (где f гармонична) не обязана быть субгармонической, а функция $M_p(f;y)$ - монотонной по $y > 0$. Применяя известное разложение

Уитни в \mathbf{R}_+^{n+1} , мы доказываем для $h(p,p,\alpha)$, $0 < p < \infty$ максимальную теорему типа Харди-Литтлвуда, которая позволяет преодолеть указанные трудности.

Теорема 4. Пусть $0 < p < \infty$, $\alpha > 0$, $u(x,y) \in h(p,p,\alpha)$. Тогда максимальная функция

$$u^*(x,y) = \sup \left\{ |u(\xi,\eta)|; |\xi - x|^2 + (\eta - y)^2 \leq y^2/4 \right\}, \quad x \in \mathbf{R}^n, y > 0$$

удовлетворяет неравенству

$$\|u^*\|_{p,p,\alpha} \leq C(\alpha,p,n) \|u\|_{p,p,\alpha}.$$

4. В качестве приложений к теоремам 1-3 дадим характеристику классов $h(p,q,\alpha)$ через интегральные представления с использованием пространств Бесова $\Lambda_{\alpha}^{p,q}$ на \mathbf{R}^n . Пусть $1 \leq p, q \leq \infty$, $\alpha > 0$ и $f(x)$ - измеримая функция на \mathbf{R}^n . Полунорма Бесова определяется как

$$\|f\|_{\Lambda_{\alpha}^{p,q}} = \begin{cases} \left(\int_{\mathbf{R}^n} |t|^{-n-\alpha q} \|\Delta_t^k f(x)\|_{L^p(dx)}^q dt \right)^{1/q}, & 1 \leq q < \infty, \\ \sup_{|t| > 0} |t|^{-\alpha} \|\Delta_t^k f(x)\|_{L^p(dx)}, & q = \infty, \end{cases}$$

где $\Delta_t^1 f(x) = f(x+t) - f(x)$ и $\Delta_t^k f(x) = \Delta_t^1 \Delta_t^{k-1} f(x)$; k - целое число, $k > \alpha$. Существует пригодное для всех q , $0 < q \leq \infty$ эквивалентное определение (см. [6])

$$\|f\|_{\Lambda_{\alpha}^{p,q}} = \|D^k v\|_{p,q,k-\alpha},$$

где $v = v(x,y)$ - интеграл Пуассона функции f на \mathbf{R}_+^{n+1} .

Теорема 5. Пусть заданы любые числа $1 \leq p < \infty$, $0 < q \leq \infty$, $\alpha > 0$. Тогда:

(i) Пространство $h(p,q,\alpha)$ совпадает с множеством функций $u(x,y)$, представимых в виде

$$u(x,y) = \int_{\mathbf{R}^n} D^{\beta} P(x-t,y) \varphi(t) dt, \quad x \in \mathbf{R}^n, y > 0, \quad (2)$$

где β ($\alpha < \beta < \alpha + n/p$) - произвольное, и

$$\varphi(t) \in \Lambda_{\beta-\alpha}^{p,q} \cap L^1 \left(\frac{dt}{1+|t|^n} \right). \quad (3)$$

Вместе с тем, нормы $\|u\|_{p,q,\alpha}$ и $\|\varphi\|_{\Lambda_{\beta-\alpha}^{p,q}}$ эквивалентны.

(ii) Функция φ из (2)-(3) выражается через следующую формулу обращения

$$\varphi(x) = \lim_{y \rightarrow +0} D^{-\beta} u(x,y), \quad \text{п. в. } x \in \mathbf{R}^n. \quad (4)$$

(iii) Пространство $h(p,q,\alpha)$ совпадает с множеством функций $u(x,y)$, представимых в виде (2), где β ($\alpha < \beta \leq \alpha + n/p$) - произвольное, и

$$\varphi(t) \in \Lambda_{\beta-\alpha}^{p,q} \cap \left(\bigcap_{0 < \gamma < 1} L^1 \left(\frac{dt}{1+|t|^{n+\gamma}} \right) \right).$$

Вместе с тем, нормы $\|u\|_{p,q,\alpha}$ и $\|\varphi\|_{\Lambda_{\beta-\alpha}^{p,q}}$ эквивалентны, и имеет место формула обращения (4).

Аналогичные представления в случае единичного круга установлены в [5].

Замечание. Связь между пространствами Бесова и весовыми классами A_{α}^* Неванлинны-Джрбашяна [13], [14] функций, голоморфных в единичном круге, установлена Ф. Шамояном [15], [16].

В заключение приведем более простое интегральное представление для пространства h

(2,2, α).

Теорема 6. Пространство $h(2,2,\alpha)$ ($\alpha > 0$) совпадает с множеством функций $u(x,y)$, представимых в виде

$$u(x,y) = \int_{\mathbf{R}^n} D^\alpha P(x-t,y) \varphi(t) dt, \quad x \in \mathbf{R}^n, \quad y > 0,$$

где $\varphi(t) \in L^2(\mathbf{R}^n)$. Кроме того, функция φ может быть выведена из следующей формулы обращения

$$\varphi(x) = \lim_{y \rightarrow +0} D^{-\alpha} u(x,y), \quad \text{п. в. } x \in \mathbf{R}^n.$$

Доказательство следует из равенства $h(2,2,\alpha) = D^\alpha(h^2)$ (см. теоремы 1 и 2).

Соответствующее представление для функций, голоморфных в единичном круге, было установлено М.М. Джрбашяном [14].

Ереванский государственный университет
Институт математики НАН РА

Литература

1. Hardy G. H., Littlewood J. E. - Math. Zeit. 1932. V. 34, p. 403-439.
2. Hardy G. H., Littlewood J. E. - Quart. J. Math. (Oxford). 1941. V. 12. p. 221-256.
3. Flett T. M. - Proc. London Math. Soc. 1970. V. 20. p. 249-275.
4. Flett T. M. - J. Math. Anal. Appl. 1972. V. 39. p. 125-158.
5. Аветисян К. Л. - ДНАН Армении. 1999. Т. 99. N. 4. с. 301-305.
6. Taibleson M. - J. Math. Mech. 1964. V. 13. p. 407-479.
7. Flett T. M. - Proc. London Math. Soc. 1970. V. 20. p. 749-768.
8. Vui Нуу Qui - Hiroshima Math. J. 1979. V. 9. p. 245-295.
9. Джрбашян А. Э. - Изв. АН Арм. ССР. Математика. 1987. Т. 22. N. 4. С. 386-398.
10. Аветисян К. Л. - ДНАН Армении. 2001. Т. 101. N. 1. С. 20-23.
11. Стейн И., Вейс Г. Введение в гармонический анализ на евклидовых пространствах, Мир, М. 1973.
12. Аветисян К. Л. - ДНАН Армении. 2001. Т. 101. N. 3. С. 211-215.
13. Джрбашян М. М. - ДАН АрмССР. 1945. Т. 3. N. 1. С. 3-9.
14. Джрбашян М. М. - Сообщ. Ин-та математики и механики АН Арм ССР. 1948. Вып. 2. С. 3-40.
15. Шамоян Ф. А. - ДАН АрмССР. 1990. Т. 90. N. 3. С. 99-103.
16. Шамоян Ф. А. - Мат. заметки. 1992. Т. 52. N. 1. С. 128-140.

Կ. Լ. Ավետիսյան

Կոտորակային ինտեգրողիֆերենցման մասին խառը նորմով հարմոնիկ ֆունկցիաների դասերի համար կիսատարածությունում

Հոդվածում բացահայտված է, թե ինչպես է գործում Ռիման-Լիուվիլի կոտորակային ինտեգրողիֆերենցման օպերատորը վերին կիսատարածությունում խառը նորմով հարմոնիկ ֆունկցիաների $h(p, q, \alpha)$ կշռային դասերում: Թեորեմ 2-ում բերված արդյունքների մի մասը ընդհանրացնում և լրացնում է Տ.Ֆլետտի հայտնի արդյունքները և տարածում է դրանք $0 < p < 1$ արժեքների վրա: Այդ նպատակով աշխատանքում ստացված է Հարդի-Լիթվուդի տիպի մաքսիմալ թեորեմ $h(p, q, \alpha)$, $0 < p < \infty$, դասերի համար: Որպես հետևանք հաստատված է հարմոնիկ համալուծման օպերատորի (Ռիսի ձևափոխության) սահմանափակությունը $h(p, q, \alpha)$ դասերում բոլոր $0 < p, q \leq \infty$ համար: Մյուս կողմից, կիրառելով թեորեմեր 1 և 2-ը, ստացված են հետազոտվող $h(p, q, \alpha)$ կշռային դասերի ինտեգրալ պարամետրական ներկայացումներ, որտեղ ինտեգրալը տարածված է տիրույթի եզրով և, բացի այդ, օգտագործված են Բետովի դասերը:

УДК 517.5

А.Г. Багдасарян

Об обобщенных пространствах типа Никольского - Бесова с неограниченной точностью

(Представлено чл.-кор. НАН РА Г.Г. Геворкяном 6/ХІІ 2001)

Хорошо известно, что, изучая пространства следов функций из H -пространств Соболева - Лиувилля, мы приходим к B -пространствам Никольского - Бесова (см. [1,2]). Эта же особенность возникает при исследовании интерполяционных свойств пар H -пространств методом "вещественной" интерполяции (см. [3,4]).

Исследуя отмеченные свойства H -пространств, порожденных полными многогранниками, мы ввели (см. [5]) соответствующие пространства $B_{p,q}^s(\mu)$ типа Никольского - Бесова, с функцией $\mu(\xi)$, отвечающей заданному многограннику.

Во всех указанных случаях функция $\mu(\xi)$ стремится к бесконечности при $|\xi| \rightarrow \infty$, что позволяет при определении B -пространств применять метод покрытия R_n (см. [3-5]).

В настоящей заметке мы определяем B -пространства посредством "вещественной" интерполяции соответствующих пар H -пространств. Этот подход дает возможность

определения пространств $B_{p,q}^s(\mu)$ типа Никольского - Бесова и для функций $\mu(\xi)$, не стремящихся к бесконечности при $|\xi| \rightarrow \infty$.

Будем пользоваться следующими обозначениями: R_n - n -мерное евклидово пространство, S - класс Шварца, F - оператор преобразования Фурье, C - пространство непрерывных функций, $(A_0, A_1)_{\theta,q}$, $[A_0, A_1]_{\theta}$ - интерполяционные пространства, полученные методами "вещественной" и "комплексной" интерполяции для заданной пары $\{A_0, A_1\}$ (см. [3,4]).

Обозначим через G^+ множество положительных функций $\mu \in C^\infty(R_n)$ таких, что для любого мультииндекса α с компонентами из множества $\{0;1\}$

$$|\xi^\alpha D^\alpha \mu(\xi)| \leq c\mu(\xi), \quad c > 0, \quad \xi \in R_n, \quad \prod_{i=1}^n \xi_i \neq 0. \quad (1)$$

Определение 1. Пусть $1 < p < \infty$, $-\infty < s < \infty$, $\mu \in G^+$. Положим

$$H_p^s(\mu; R_n) \equiv H_p^s(\mu) = \{f \in S'; \|f\|_H = \|F^{-1}\{\mu^s F f\}\|_{L_p(R_n)} < \infty\}.$$

Для функций $\mu(\xi)$, непрерывных в R_n , бесконечно дифференцируемых вне координатных осей и удовлетворяющих оценке (1), H -пространства понимаются как пополнение S в определенной выше норме.

Рассмотрим оператор типа "лифтинга":

$$I_\lambda = F^{-1}\{\lambda F\}, \quad \lambda \in G^+.$$

Определение 2. Пусть $1 < p < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$, $-\infty < s < \infty$, $\mu \in G^+$. Положим

$$B_{p,q}^0(\mu) = (H_p^1(\mu), H_p^{-1}(\mu))_{[1/2],q}$$

$$B_{p,q}^s(\mu) = I_{\mu,s} B_{p,q}^0(\mu) = \{ f \in S'; I_{\mu,s} f \in B_{p,q}^0(\mu) \}.$$

Следующая теорема дает описание интерполяционного пространства, фигурирующего в определении 1.

Теорема 1. Пусть $1 < p < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$, $0 < \theta < 1$, $\mu \in G^+$. Тогда

$$B_{p,q}^0(\mu) = \left\{ f \in S'; \|f\|_B = \left(\int_0^\infty \left\| F^{-1} \left\{ \frac{t^{1-\theta} \mu^\theta}{\mu+t} F f \right\} \right\|_{L_p}^q \frac{dt}{t} \right)^{1/q} < \infty \right\}$$

(с обычными видоизменениями при $q = \infty$).

Для введенных H и B -пространств доказываются интерполяционные формулы "вещественной" и "комплексной" интерполяции.

Теорема 2.

а) Пусть $\mu \in G^+$, $-\infty < s_0 \neq s_1 < \infty$, $1 < p < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$, $0 < \theta < 1$, $s = s_0(1-\theta) + s_1\theta$. Тогда

$$B_{p,q}^s(\mu) = \left(H_p^{s_0}(\mu), H_p^{s_1}(\mu) \right)_{\theta,q}.$$

б) Пусть $\mu \in G^+$, $-\infty < s_0 \neq s_1 < \infty$, $1 < p < \infty$, $1 \leq q, q_0, q_1 \leq \infty$, $s = (1-\theta)s_0 + \theta s_1$, $0 < \theta < 1$. Тогда

$$B_{p,q}^s(\mu) = \left(B_{p,q_0}^{s_0}(\mu), B_{p,q_1}^{s_1}(\mu) \right)_{\theta,q}.$$

в) Пусть $\mu \in G^+$, $-\infty < s < \infty$, $1 < p < \infty$, $1 \leq q_0, q_1 \leq \infty$, $0 < \theta < 1$, $[1/(q^*)] = [((1-\theta))/(q_0)] + [(\theta)/(q_1)]$. Тогда

$$B_{p,q^*}^s(\mu) = \left(B_{p,q_0}^s(\mu), B_{p,q_1}^s(\mu) \right)_{\theta,q^*}.$$

г) Пусть $\mu \in G^+$, $-\infty < s_0, s_1 < \infty$, $1 \leq q_0, q_1 \leq \infty$, $1 < p_0, p_1 < \infty$, $0 < \theta < 1$, $s = (1-\theta)s_0 + \theta s_1$, $[1/(p^*)] = [((1-\theta))/(p_0)] + [(\theta)/(p_1)]$, $[1/(q^*)] = [((1-\theta))/(q_0)] + [(\theta)/(q_1)]$. Тогда

$$B_{p^*,q^*}^s(\mu) = \left[B_{p_0,q_0}^{s_0}(\mu), B_{p_1,q_1}^{s_1}(\mu) \right]_{\theta}.$$

д) Пусть $\mu \in G^+$, $-\infty < s_0 \neq s_1 < \infty$, $1 < p < \infty$, $1 \leq q_0, q \leq \infty$, $0 < \theta < 1$, $s = (1-\theta)s_0 + \theta s_1$. Тогда

$$B_{p,q}^s(\mu) = \left(B_{p,q_0}^{s_0}(\mu), H_p^{s_1}(\mu) \right)_{\theta,q}.$$

Следующие теоремы дают описание B -пространств с точки зрения теорем вложения разных метрик.

Теорема 3. Пусть $\mu, \nu \in G^+$, $1 < p < \infty$. Тогда

$$B_{p,1}^0(\mu) \subset L_p \subset B_{p,\infty}^0(\nu).$$

Теорема 4. Пусть $\mu, \nu \in G^+$, $1 < p < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$. Для того чтобы имело место вложение

$B_{p,q}^1(\mu) \subset B_{p,q}^1(\nu)$, необходимо и достаточно, чтобы

$$\nu(\xi) \leq c\mu(\xi), \quad c > 0, \quad \xi \in \mathbb{R}_n.$$

Теорема 5. Пусть $1 < p < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$, $\mu \in G^+$, $[1/p] + [1/(p')] = [1/q] + [1/(q')] = 1$. Для того чтобы имело место вложение $B_{p,q}^1(\mu) \subset C$, необходимо и достаточно, чтобы

$$F^{-1} \frac{1}{\mu} \in B_{p',q'}^0(\mu).$$

В заключение приведем теорему о следах для H -пространств, порожденных вполне правильным многогранником.

Определение 3. *Непустой многогранник N , с вершинами из первого координатного угла называется полным, если начало координат является вершиной N и N имеет вершины на каждой оси координат, отличные от начала координат.*

Полный многогранник N называется вполне правильным, если внешние нормали $(n - 1)$ -мерных некоординатных граней N имеют только положительные координаты.

Пусть задан вполне правильный многогранник N с вершинами $\alpha^0, \alpha^1, \dots, \alpha^M$. Сопоставим многограннику N функцию

$$\mu(\xi) = \left(\sum_{j=0}^M \xi^{2\alpha^j} \right)^{[1/2]}.$$

Пусть далее вершины многогранника N имеют следующие n -тые координаты: $0, m_1, \dots, m_N$, причем $0 < m_1 < \dots < m_N$. Тогда функцию $\mu(\xi)$ можно представить в эквивалентной форме

$$\mu(\xi) \sim \left(\mu_0^2(\xi') + \sum_{j=1}^N \xi_n^{2m_j} \mu_j^2(\xi') \right)^{[1/2]}, \quad \xi' = (\xi_1, \dots, \xi_{n-1}),$$

где функция $\mu_0(\xi')$ отвечает проекции многогранника N на R_{n-1} , а функции $\mu_j(\xi')$ - проекциям на R_{n-1} сечений многогранника N гиперплоскостями $\{x \in R_n; x_n = m_j\}, j = 1, \dots, N$.

Рассмотрим следующий оператор следа:

$$(T_\Gamma f)(\xi') = f(\xi', 0), \quad f \in S(R_n).$$

Теорема 6. *Пусть N - вполне правильный многогранник с функцией $\mu(\xi)$. Пусть далее $1 < p < \infty, m_1 > [1/p], \lambda = \mu_0^{1-[1/(pm_1)]} \cdot \mu_1^{[1/(pm_1)]}$. Тогда оператор следа есть ретракция $H_p^1(\mu; R_n)$ на*

$$I_\lambda B_{p,p}^0([\mu_0]/[\mu_1]; R_{n-1}).$$

Это означает (см. [3,4]), что оператор следа - линейный ограниченный оператор, для которого существует линейный ограниченный оператор продолжения σ такой, что $T_\Gamma \sigma = E$.

Ереванский государственный университет

Литература

1. *Никольский С.М.* Приближение функций многих переменных и теоремы вложения. М. Наука. 1977. 455 с.
2. *Бесов О.В., Ильин В.П., Никольский С.М.* Интегральные представления функций и теоремы вложения. М. Наука. 1975.
3. *Трибель Х.* Теория интерполяции. Функциональные пространства. Дифференциальные операторы. М. Мир. 1980. 664 с.
4. *Берг Й., Лефстрем Й.* Интерполяционные пространства. Введение. М. Мир. 1980. 264 с.
5. *Багдасарян А.Г.* - Изв. АН АрмССР. Математика. 1988. Т.23. N 4. С. 353-365.

Ա.Գ. Բաղդասարյան

Նիկոլոսի - Բեսովի տիպի ընդհանրացված տարածությունների մասին

Հոդվածում մտցվում և հետազոտվում են բազմանդամային աճ ունեցող $\mu(\xi)$ ֆունկցիայով ծնված Նիկոլոսի - Բեսովի տիպի $B_{p,q}^\mu(\mu)$ տարածությունները: Ընդ որում $\mu(\xi)$ ֆունկցիան կարող է չձգտել անվերջության, երբ $|\xi| \rightarrow \infty$: Դա նշանակում է, որ դիտարկվող B -տարածությունները չեն բնութագրվում ծածկույթների մեթոդի միջոցով (ի տարբերություն դասական դեպքին):

B -տարածությունների սահմանման համար մենք օգտագործում ենք «իրական» ինտերպոլյացիայի մեթոդը Սոբոլև - Լիուվիլի H -տարածությունների համապատասխան գույգերի համար:

Ապացուցվում են ինտերպոլյացիոն պնդումներ, տարբեր մետրիկաների ներդրման թեորեմներ և թեորեմ Սոբոլև - Լիուվիլի տիպի տարածությունների ֆունկցիաների հետքերի մասին:

K.V. Shahbazyan, academician Yu.H. Shoukourian

**Logically Definable Languages of Computations
in one Class of Flow Event Structures¹**

(Submitted 5/III 2002)

1. Introduction. Our paper is concerned with one model for concurrency, sometimes qualified as "true concurrency" model, because it takes of events and causality as fundamental [1,2,3]. Our goal is to investigate languages of infinite concurrent processes in one class of flow event structures - infinite homogenous flow event structures.

In this paper we are interested in two known formalisms of describing the behaviour of flow event structures: configurations (i.e., sets of partial ordered events), and proving sequences (i.e., sequences of events).

First, we prove that the language of infinite configurations of homogenous flow event structure is ω -regular. There exists an algorithm that constructs a Büchi [4] automaton representing ω -language of configurations for any homogenous flow event structure. Thus the language of infinite configurations may be represented in monadic second-order logic.

Then we investigate languages of proving sequences in homogenous flow event structures. These languages can be represented by a class of sentences of Presburger logic complemented with a finite set of monadic predicates. There exists algorithm recognizing the emptiness of these languages. There exists an algorithm that for each sentence of mentioned class constructs a homogenous flow event structure representing the language defined by the sentence.

2. Languages of infinite configurations. In this section, we give basic definitions regarding flow event structures (FES) and then study languages of configurations.

Definition 1 (*flow-event structure*) [3]. A flow event structure (FES) is $S = (E, \#, \prec)$, where

- E is a denumerable set of events,
- $\# \subseteq E \times E$ is a symmetric *conflict* relation,
- $\prec \subseteq E \times E$ is an irreflexive *flow* relation. \diamond

Definition 2 (*configuration*) [3]. A configuration of flow event structure $S = (E, \#, \prec)$ is a subset $X \subseteq E$ such that

- X is conflict-free,
- X does not contain a causality cycle, i.e., the relation $\leq_X \stackrel{\text{def}}{=} \prec_X^*$ is an ordering (\prec^* stands for the transitive closure),
- For all $e \in X$ the set $\{e' | e' \in X \wedge e' \leq_X e\}$ is finite,
- Each $e \in X$ is *saturated* in X , i.e., if $e' \prec e$ and $e' \notin X$ then there exists $e'' \in X$ such that $e'' \prec e$ and $e' \# e''$. \diamond

We present below the definition of a class of infinite flow event structures. We call these FES - homogenous FES (HFES). This class will be the object of our study.

Let $S = (E, \#, \prec)$ be an arbitrary finite FES. Consider infinite sequence of FES's:

$$S_1 = (E_1, \#_1, \prec_1), S_2 = (E_2, \#_2, \prec_2), \dots, \text{ where for } i = 1, 2, \dots \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
E_i &= \{e_i \mid e \in E, \}, \\
\#_i &= \{(e_i, e'_i) \mid (e, e') \in \#\}, \\
\prec_i &= \{(e_i, e'_i) \mid (e, e') \in \prec\},
\end{aligned}$$

that is each S_i is isomorphic to S .

We assume that events of these FES are connected by conflict and causality relations in a regular way. More precisely, let L, R, P be three finite sets of binary relations on E :

$$\begin{aligned}
L &= \{L^1, \dots, L^\rho\}, \quad L^1 \subseteq E \times E, \\
R &= \{R^1, \dots, R^\rho\}, \quad R^1 \subseteq E \times E, \\
P &= \{P^1, \dots, P^\rho\}, \quad P^1 \subseteq E \times E,
\end{aligned}$$

where $0 < 1 \leq \rho$.

By means of these relations we construct three infinite relation's families that connect the events from different FES's of sequence (1). The construction of these families is as follows.

Set for $L^1 \in L$ and $i = 1, 2, \dots$

$$L_i^1 = \begin{cases} \{(e_{i-1}, e'_i) \mid (e, e') \in L^1\} & \text{if } 1 < i, \\ \emptyset & \text{if } 1 \geq i. \end{cases}$$

Each relation L_i^1 will play the role of causal relation between the events of S_i and S_{i-1} , i.e., if $(e_{i-1}, e'_i) \in L_i^1$ then the event $e_{i-1} \in E_{i-1}$ will be one of the causes of the event $e'_i \in E_i$.

Set for $R^1 \in R$ and $i = 1, 2, \dots$

$$R_i^1 = \{(e_{i+1}, e'_i) \mid (e, e') \in R^1\}.$$

Each relation R_i^1 will play the role of causal relation between the events of S_i and S_{i+1} , i.e., if $(e_{i+1}, e'_i) \in R_i^1$ then the event $e_{i+1} \in E_{i+1}$ is one of the causes of the event $e'_i \in E_i$.

Set for $P^1 \in P$ and $i = 1, 2, \dots$

$$P_i^1 = \begin{cases} \{(e_{i-1}, e'_i), (e'_i, e_{i-1}) \mid (e, e') \in P^1\} & \text{if } 1 < i, \\ \emptyset & \text{if } 1 \geq i. \end{cases}$$

Each relation P_i^1 will play the role of conflict relation between the events of S_i and S_{i-1} , i.e., if $(e_{i-1}, e'_i) \in P_i^1$ then the events $e_{i-1} \in E_{i-1}$ and $e'_i \in E_i$ are in conflict.

Definition 3 (*homogenous flow-event structure*). An infinite FES $S_\infty = (E_\infty, \#_\infty, \prec_\infty)$ is called homogenous flow-event structure (HFES) if it is generated by the quadruple (S, L, R, P) , where $S = (E, \#, \prec)$ is an arbitrary finite FES, L, R, P are finite sets of binary relations over E , and

$$\begin{aligned}
E_\infty &= \bigcup_{i=1}^{\infty} E_i, \\
\prec_\infty &= \bigcup_{i=1}^{\infty} \left(\prec_i \cup \bigcup_{l=1}^{\rho} L_i^l \cup \bigcup_{l=1}^{\rho} R_i^l \right), \\
\#_\infty &= \bigcup_{i=1}^{\infty} \left(\#_i \cup \bigcup_{l=1}^{\rho} P_i^l \right). \diamond
\end{aligned}$$

Notations to be used throughout the paper are as follows.

Let $Q \subseteq E$ be an arbitrary subset of E . We denote by Q_i the corresponding subset of E_i , i.e., $Q_i = \{e_i | e \in Q\}$.

Further we shall be concerned about languages of configurations of HFES. Let a quadruple $(S = (E, \#, \prec), L, R, P)$ be given and HFES $S_\infty = (E_\infty, \#_\infty, \prec_\infty)$ is generated by the quadruple.

We consider the alphabet 2^E and words over 2^E , i.e., finite sequences of sets

$$Q^1, Q^2, \dots, Q^n, \quad (2)$$

where $Q^i \subseteq E$ and the corresponding sequence (3):

$$Q_1^1, Q_2^2, \dots, Q_n^n, \quad (3)$$

where $Q_i^1 = \{e_i | e \in Q^1\} \subseteq E_i$. Remark that $\bigcup_{i=1}^n Q_i^i \subseteq E_\infty$ and each finite configuration of S_∞ can be

uniquely represented as $\bigcup_{i=1}^n Q_i^i$. In this case, we say that the word $Q^1 Q^2 \dots Q^n$ defines a configuration

$$\bigcup_{i=1}^n Q_i^i \text{ of } S_\infty.$$

We say that a set $C(S_\infty)$ of finite words over the alphabet 2^E is a language of finite configurations of HFES S_∞ if $C(S_\infty) = \{Q^1 Q^2 \dots Q^n | Q^1 Q^2 \dots Q^n \text{ defines the configuration of } S_\infty\}$.

Theorem 1. *For each HFES S_∞ there exists a finite state automaton over alphabet 2^E accepting a word $Q^1 \dots Q^n$ iff it defines a configuration of S_∞ .*

We denote by $C^\omega(S_\infty)$ the ω -language Büchi-recognizable by automaton $\mathbf{B}(S_\infty) = (\Sigma, \Delta, F, \langle \emptyset, \emptyset \rangle)$ over 2^E .

Evidently, ω -word over 2^E belongs to the ω -language $C^\omega(S_\infty)$ iff for each $n > 0$ exists a $n_0 > n$ such that $Q^1 \dots Q^{n_0}$ defines a configuration of S_∞ . This gives us the Theorem 2.

Theorem 2. *The language $C^\omega(S_\infty)$ of all infinite configurations of any HFES S_∞ is ω -regular.*

There exists an algorithm that constructs for any S_∞ a Büchi automaton $\mathbf{B}(S_\infty)$ representing the ω -language $C^\omega(S_\infty)$ of configurations. So the ω -language $C^\omega(S_\infty)$ can be represented in monadic second-order logic.

3. Languages of proving sequences. In this section, we study the languages of proving sequences, i.e., linearizations of configurations.

Definition 4 (*proving sequence for S_∞*) [3]. Given S_∞ , a proving sequence in S_∞ is a (finite or infinite) sequence $\alpha = \alpha(1)\alpha(2) \dots$ of distinct nonconflicting events $\alpha(i) \in E_\infty$ (i.e., $i \neq j \Rightarrow \alpha(i) \neq \alpha(j)$ and $\neg(\alpha(i) \#_\infty \alpha(j))$) for all i, j) satisfying

$$\forall n \forall e: e \prec_\infty \alpha(n) \Rightarrow \exists m < n: (\alpha(m) = e) \quad \vee \quad (e \#_\infty \alpha(m)) \wedge (\alpha(m) \prec_\infty \alpha(n)). \diamond$$

We denote by $\mathbf{P}(S_\infty)$ a language of all infinite proving sequences in S_∞ . We shall say that the language $\mathbf{P}(S_\infty)$ is represented by S_∞ . It is known that $\mathbf{P}(S_\infty)$ can not be accepted by finite automaton [6].

We present below a logic \mathbf{L} and a class of well-defined sentences of \mathbf{L} which describes the languages $\mathbf{P}(S_\infty)$ of proving sequences for arbitrary HFES S_∞ .

Given HFES S_∞ , consider the alphabet $E_\infty = \{e_j \mid e \in E, j > 0\}$. We shall represent an ω -word $\alpha = \alpha(0)\alpha(1)\dots$, where $\alpha(i) \in E_\infty$ by the structure $\alpha = (\omega, 0, +1, <, \{q_e\}_{e \in E}, \psi)$. Here $(\omega, 0, +1, <)$ is the structure of natural numbers with zero, successor function and the natural ordering and q_e is monadic predicate such as

$q_e = \mathbf{T}$ if $i \in \omega$ and $\alpha(i) = e_j$ for some j , and

$\psi(i)$ is one-place function defined on ω , i.e., $\psi(i) = j$ if $\alpha(i) = e_j$ for some $e \in E$, i.e., $\psi(i)$ is the *index* of event which stands in i -th position in $\underline{\alpha}$.

We allow also variables i, j for natural numbers, i.e., for positions of ω -words and for indexes of events. Terms are constructed from the constant 0, variables i, j by application of "+1" (successor function) and ψ (index function). Atomic formulas are of the form $q_e(i), t = t', t < t', \psi(i) = t$, where t, t' are terms. **L**-formulas are constructed from atomic formulas using the connectives $\vee, \wedge, \neg, \rightarrow$ and quantifiers \exists, \forall acting on variables. Formulas without free variables are called *sentences*.

Consider two predicate families $\{q_e(i, j)\}_{e \in E}$ and $\{u_e(i, j)\}_{e \in E}$. They can be expressed by fundamental notions of **L** as follows.

$$\begin{aligned} q_e(i, j) &\stackrel{\text{def}}{=} q_e(i) \wedge (\psi(i) = j), \\ u_e(i, j) &\stackrel{\text{def}}{=} \exists i' < i \wedge q_e(i') \wedge (\psi(i') = j). \end{aligned} \quad (4)$$

The predicate $q_e(i, j)$ denotes the statement " $\alpha(i) = e_j$ ". The predicate $u_e(i, j)$ denotes the statement "there exists $i' < i$ such that $\alpha(i') = e_j$ ".

Now we consider one class of propositional formulas. Each formula of this class generates a sentence of **L** that determines an ω -language representable in a HFES.

Let us consider a formula $\Theta(i, j)$ without quantification constructed from elementary statements of the set

$$\{q_e(i, j) \mid e \in E\} \cup \{u_e(i, j + t) \mid e \in E, t = 1, 2, \dots\}$$

using the connectives $\vee, \wedge, \neg, \rightarrow$ and let $\Theta^*(i, j)$ be its disjunctive normal form.

Formula $\Theta(i, j)$ is *well-defined* if its disjunctive normal form $\Theta^*(i, j)$ satisfies the following conditions:

- For each summand of formula $\Theta^*(i, j)$ there exists unique $e \in E$ such that elementary statement $q_e(i, j)$ is contained in the summand without negation. A summand of $\Theta^*(i, j)$ is called a *e-summand* if it contains $q_e(i, j)$.
- If $\Theta^*(i, j)$ contains $u_e(i, j + t)$ or $\neg u_e(i, j + t)$ then $\Theta^*(i, j)$ contains *e-summand* too.
- If a *e-summand* contains $\neg u_{e'}(i, j + t)$ then each *e-summand* contains $\neg u_{e'}(i, j + t)$ and *e'-summand* contains $\neg u_e(i, j - t)$.
- If $\Theta^*(i, j)$ contains two *e-summands* θ_1 and θ_2 then for each $u_{e'}(i, j + t) \in \theta_1 \setminus \theta_2$ there is a $u_{e''}(i, j + t') \in \theta_2 \setminus \theta_1$ such that *e''-summand* contains $\neg u_{e'}(i, j - t' + t)$, and each *e'-summand* contains $\neg u_{e''}(i, j + t' - t)$.

Starting from arbitrary well-defined formula $\Theta(i, j)$, we construct now a correspondent sentence $\Theta_{\mathbf{L}}$ of logic **L**.

Let a well-defined formula $\Theta(i, j)$ be given and $\rho = \max \{t \mid \text{such that } u(i, j + t) \text{ enters } \Theta(i, j)\}$.

Consider the formula $\Theta'(i) = \Theta'(i, 1) \vee \Theta'(i, 2) \vee \dots \vee \Theta'(i, \rho)$, where $\Theta'(i, k)$ is obtained from $\Theta^*(i, k)$ by substitution of value **T** instead of all occurrences of $u(i, k - t)$ and $\neg u(i, k - t)$ for $k \leq t$. Then we

get formulas $\Theta''(i)$ and $\Theta''(i, j)$ from the formulas $\Theta'(i)$ and $\Theta(i, j)$ by replacing all occurrences of $q(i, j)$, $u(i, j + t)$ by correspondent expressions (4). Finally, we construct the following sentence $\Theta_{\mathbf{L}}$ of logic \mathbf{L} :

$$\Theta_{\mathbf{L}} \stackrel{\text{def}}{=} \forall i \left(\Theta''(i) \vee \exists_{j>p} \Theta''(i, j) \right)$$

Thus to each well-defined formula $\Theta(i, j)$ we associate a sentence $\Theta_{\mathbf{L}}$ of logic \mathbf{L} . We call it *sentence of \mathbf{L} generated by $\Theta(i, j)$* .

Theorem 3. *Suppose \mathcal{L} is an ω -language over infinite alphabeth $E_{\infty} = \{e_i \mid e \in E, i \in \mathbb{N}\}$, where E is a finite set. Then the following conditions are equivalent:*

- 1) \mathcal{L} is definable by a sentence $\Theta_{\mathbf{L}}$ generated by well-defined formula.
- 2) $\mathcal{L} = \mathbf{P}(S_{\infty})$ for some HFES S_{∞} .

Corollary 1. *The emptiness problem of ω -language $\mathbf{P}(S_{\infty})$ is decidable.*

Consider logic \mathbf{L}_+ which differs from \mathbf{L} by the following items:

- A finite alphabet $E \cup \{\}$ is considered instead of infinite E_{∞} ;
- A predicate $q_{|}$ is added such that $q_{|}(i) = \mathbf{T}$ iff $\alpha(i) = |$ in the word $\alpha = \alpha(1)\alpha(2) \dots$;
- The function ψ is excluded. It is replaced by operation of addition of arbitrary natural numbers.

Thus \mathbf{L}_+ is the Presburger logic with additional monadic predicates $\{q_e\}_{e \in E} \cup \{q_{|}\}$. Evidently, the function ψ can be computed in \mathbf{L}_+ .

Theorem 4. *The ω -language $\mathbf{P}(S_{\infty})$ of proving sequences for arbitrary FES S_{∞} can be represented by a sentence of Presburger logic extended by a finite number of monadic predicates.*

Corollary 2. *The emptiness problem is decidable for each sentence $\Theta_{\mathbf{L}_+}$ generated by well-defined formula.*

Acknowledgment. Prof. I.D.Zaslavsky has given very helpful comments on a draft version of this paper.

Institute for Informatics and Automation Problems
National Academy of Sciences of Armenia

References

1. *Winskel G. and Nielsen M.* - In Handbook of Logic in Computer Science, Oxford Univ. Press. 1995. V 4.
2. *Winskel G.* - LNCS. 1988. V. 354.
3. *Boudol G.* - LNCS. 1990. V. 469.
4. *Büchi J.R.* - Z. math. logic und Grundlag. Math. 1960. V. 6. N1.
5. *Thomas W.* - In Handbook of Theoretical Computer Science, Elsevier Sci. Publ. B.V. 1990.
6. *Shakhbazyan K.V., Shoukourian Yu.H.* - Journal of Math. Sci. 1999. V. 101. N4.

Կ.Վ. Շահբազյան, ակադեմիկոս Յու.Հ. Շուքուրյան

**Հոսքային պատահարային կառուցվածքների հաշվարկների լեզուների
տրամաբանական ներկայացումը**

Դիտարկվում են բախշված համակարգերի մոդելներից մեկի՝ համասեռ պատահարային կառուցվածքների, հաշվարկների լեզուները և նրանց տրամաբանական ներկայացումը:

Ապացուցվում է, որ անվերջ կոնֆիգուրացիաների լեզուները ներկայացվում են մեկտեղանի երկրորդ կարգի պրեդիկատների տրամաբանության մեջ:

Ապացուցող հաջորդականությունների լեզուները ներկայացվում են վերջավոր մեկտեղանի պրեդիկատներով ընդլայնված Պրեսբուրգերի տրամաբանությունում:

К.В. Шахбазян, академик Ю.Г. Шукурян

**Представление языков вычислений в одном классе событийных структур в
логических языках**

Рассматриваются языки вычислений в одном классе моделей распределенных вычислений - однородных событийных структур - и их представимость в логических языках.

Языки бесконечных конфигураций представимы в логике одноместных предикатов второго порядка.

Языки доказывающих последовательностей представимы в логике Пресбургера, дополненной конечным множеством одноместных предикатов.

УДК 539.1

Член-корреспондент НАН РА А.Г. Багдоев, А.В. Шекоян

**Распространение нелинейных звуковых пучков
в трехфазной облачной среде**

(Представлено 25/VI 2001)

Рассматривается задача определения параметров движения трехфазной среды, состоящей из газа, пара и очагов его конденсации - сферических капель, при прохождении через нее мощного акустического пучка. Предположено, что возмущения фонового постоянного состояния малы и скорости всех фаз v одинаковы. Капли распределены равномерно с начальной концентрацией n_0 и радиусом r_1 . Считается, что эффективная плотность среды приближенно равна плотности газа ρ . Уравнение движения имеет вид

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} + \nabla P = 0, \quad (1)$$

где P суммарное давление газа и пара [1].

Для плотности газа ρ имеет место уравнение неразрывности

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \vec{v} = 0; \quad (2)$$

для концентрации капель -

$$\frac{dn}{dt} + n \operatorname{div} \vec{v} = 0; \quad (3)$$

для пара, конденсирующегося на каплях-

$$\frac{d\rho_V}{dt} + \rho_V \operatorname{div} \vec{v} = -4\pi n r_1 D(\rho_V - \rho^*) + q, \quad (4)$$

где D - коэффициент диффузии пара в газе [1], q - источник массы, $\rho^*(T)$ - плотность насыщения паров.

Уравнение энергии получается из второго начала термодинамики

$$T \frac{dS}{dt} = c_v \frac{dT}{dt} + P \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\rho} \right). \quad (5)$$

Уравнение (5), уравнение

$$T \frac{ds}{dt} = \operatorname{div} \vec{q}$$

и уравнение притока тепла [1] дают

$$\operatorname{div} \left(\vec{q} + \tau_0 \frac{d\vec{q}}{dt} \right) = \operatorname{div} \operatorname{grad} T + \frac{4\pi r_1 D L n}{m \rho} (\rho_v - \rho^*) - Q, \quad (6)$$

где T - температура, L - энергия, выделяющаяся при конденсации одной молекулы воды, m - масса одной капли, Q - источник тепла [1], τ_0 - коэффициент тепловой релаксации.

В стационарных условиях (без волны) все искомые величины снабжаются индексом 0, причем условия равновесия

$$q = 4\pi r_1 D n_0 (\rho_v^0 - \rho_0^*), \quad Q = 4\pi r_1 L (m \rho_0)^{-1} (\rho_v^0 - \rho_0^*). \quad (7)$$

Обозначим возмущения параметров тильдой. При этом из уравнения энергии (5), (6) получим

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} - a^2 \frac{d\rho}{dt} &= \frac{\varkappa}{c_v} (\Delta P - P_0 \rho^{-1} \Delta \rho) - \tau_0 \frac{\varkappa}{c_v} \frac{\partial}{\partial t} (\Delta P - P_0 \rho_0^{-1} \Delta \rho) + \\ &+ \left[\frac{\bar{n}}{n_0} (\rho_v^0 - \rho_0^*) + (\bar{\rho}_v - \rho^*) \right] 4\pi r_1 D R L n (c_v m)^{-1}, \end{aligned} \quad (8)$$

где взято уравнение идеального газа

$$P = R \rho T, \quad a^2 = \gamma P \rho^{-1}, \quad (9)$$

γ - показатель адиабаты, Δ - лапласиан.

Выберем ось x по нормали к невозмущенной плоской волне, оси y, z - в касательной к ней плоскости. Обозначим эйконал

$$\tau = \frac{x}{c_n} - t, \quad \frac{\partial}{\partial t} \Big|_x = \frac{\partial}{\partial t} \Big|_\tau - \frac{\partial}{\partial \tau}, \quad \frac{\partial}{\partial x} \Big|_t = \frac{1}{c_n} \frac{\partial}{\partial \tau}, \quad (10)$$

где c_n - скорость невозмущенной волны.

Тогда, учитывая порядки малости возмущений

$$\bar{\rho} \sim \varepsilon, \tau \sim \varepsilon, y, z \sim \varepsilon^{1/2}, v_y, v_z \sim \varepsilon^{3/2}, v_x \sim \varepsilon, \quad (11)$$

а также то, что для скорости звука

$$a^2 \approx c^2 + 2(\gamma - 1)c^2 \bar{\rho} \rho_0^{-1},$$

где c - невозмущенная скорость звука, из (1)-(4) и (8) получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned}
 (\rho_0 + \bar{\rho}) \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} - \frac{\partial v_x}{\partial \tau} + \frac{v_x \partial v_x}{c_n \partial \tau} \right) &= -\frac{1}{c_n} \frac{\partial \bar{P}}{\partial \tau}, \\
 \rho_0 \frac{\partial v_y}{\partial t} &= -\frac{\partial \bar{P}}{\partial y}, \quad \rho_0 \frac{\partial v_z}{\partial t} = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial z}, \\
 \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} - \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial \tau} + \frac{v_x \partial \bar{\rho}}{C_n \partial \tau} + (\rho_0 + \bar{\rho}) \left(\frac{1}{C_n} \frac{\partial v_x}{\partial \tau} + \frac{\partial v_y}{\partial Y} + \frac{\partial v_z}{\partial Z} \right) &= 0, \\
 \frac{\partial \bar{\rho}_v}{\partial t} - \frac{\partial \bar{\rho}_v}{\partial \tau} - (\rho_v^0 + \rho_v)(\rho_0 + \bar{\rho})^{-1} \left(\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} - \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial \tau} \right) - \frac{v_x \partial \bar{\rho}_v}{c_n \partial \tau} + \rho_v^0 v_x \rho_0^{-1} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial \tau} &= \\
 = -4\pi r_1 D \left[n_0 \left(\bar{\rho}_v - \bar{T} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t_0} \right) + \bar{n}(\rho_v^0 - \rho_0^*), \quad c^2 \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial \tau} - \frac{\partial \bar{P}}{\partial \tau} + (\gamma - 1) c^2 \bar{\rho} \rho_0^{-1} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial \tau} \right. \\
 = \frac{\varkappa}{c_v c_n^2} \left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial \tau^2} - \frac{P_0}{\rho_0} \frac{\partial^2 \bar{\rho}}{\partial \tau^2} \right) + \tau_0 \frac{\varkappa}{c_v c_n^2} \frac{\partial^3}{\partial \tau^3} (\bar{P} - P_0 \rho_0^{-1} \bar{\rho}) + 4\pi m^{-1} r_1 D 4(\gamma - 1) \left[\bar{n}(\rho_v^0 - \rho_0^*) + \right. \\
 \left. + n_0 \left(\bar{\rho}_v - \frac{\partial \rho^*}{\partial T} \bar{T} \right) \right].
 \end{aligned} \tag{12}$$

Из уравнений (12) в порядке 0 (1), т.е. оставляя лишь линейные члены с $\frac{\partial}{\partial \tau}$, получим условия совместности

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_0}{c_n} v_x, \quad \bar{\rho}_v = \frac{\rho_v^0}{\rho_0} \bar{\rho}, \quad \bar{P} = c^2 \bar{\rho}, \quad \bar{T} = (\gamma - 1) \bar{\rho} \frac{T_0}{\rho_0}, \quad \bar{n} = \frac{n_0}{\rho_0} \bar{\rho}. \tag{13}$$

Учитывая (13) в основных порядках $\omega, \omega^{1/2}$, после исключения всех производных по τ , линейно входящих в (12), получим эволюционное уравнение для $\bar{\rho}$ следующего вида:

$$\begin{aligned}
 2 \frac{\partial^2 \bar{\rho}}{\partial t \partial \tau} + c^2 \left(\frac{\partial^2 \bar{\rho}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{\rho}}{\partial z^2} \right) + \frac{\gamma + 1}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial \tau} \left(\bar{\rho} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial \tau} \right) &= \\
 = \frac{\varkappa(\gamma - 1)}{c_v c^2 \gamma} \frac{\partial^3 \bar{\rho}}{\partial \tau^3} + \tau_0 \varkappa(\gamma - 1) c_v^{-1} c^{-2} \frac{\partial^4 \bar{\rho}}{\partial \tau^4} - 2\nu_0 \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial \tau},
 \end{aligned} \tag{14}$$

где

$$\nu_0 = 2\pi r_1 D \gamma_1 L n_0 (1 - \gamma) c^{-2} m^{-1}, \quad \nu_1 = \rho_0^{-1} (2\rho_v^0 - \rho_0) - T_0 \rho_0^{-1} (\gamma - 1) \frac{\partial \rho^*}{\partial T_0}.$$

Второе слагаемое в (14) дает дифракцию, третье - нелинейность, четвертое - тепловую диссипацию, пятое - дисперсию и шестое - линейное усиление или затухание волны, связанные с наличием пара и капель.

Оставляя только первое и последнее слагаемое, т.е. пренебрегая дифракцией, нелинейностью и теплопроводностью, можно получить значение

$\bar{\rho}$, откуда вытекает, что поскольку $L > 0$, условия усиления или затухания волны имеют вид

$$\rho_V^0 \gtrless \frac{1}{2}\rho_0^* + \frac{T_0(\gamma - 1)}{2} \frac{\partial \rho^*}{\partial T_0}. \quad (15)$$

Условие (15) другим методом получено в [1]. Исходя из верхнего знака в неравенстве (15) в [1,2] обсуждается механизм конденсации пара за счет звуковой волны. Исследование решений эволюционного уравнения (14) позволяет более детально изучить свойства решений за счет нелинейности, дифракции, дисперсии и диссипации. Отметим, что можно получить солитонные решения уравнения (14) [3] и изучить их устойчивость [4], причем в случае нижнего знака в (15) солитоны устойчивы, а верхнего - неустойчивы.

При наличии подаваемых на облако квазимонохроматических волн решение (14) ищем в виде

$$\bar{\rho} = \frac{1}{2} \left\{ A(t, \tau', y, z) \exp(i\alpha\tau - \nu\tau' - i\omega\tau') + B(t, \tau', y, z) \exp[2(i\alpha\tau - \nu\tau' - i\omega\tau')] + k.c. \right\}, \quad (16)$$

где α - основная частота невозмущенной волны, $\tau' = xc_n^{-1}$. Тогда, повторяя выкладки [3], [5], из (14) найдем нелинейное уравнение Шредингера

$$i\alpha \left(\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial A}{\partial \tau'} \right) + \frac{c^2}{2} \Delta_1 A = (\alpha\epsilon_1 + \alpha_2) |A|^2 A, \quad (17)$$

где

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= -3\omega\xi, \quad \alpha_2 = -\left(\nu - \frac{3}{2}\nu_0\right)\xi, \quad \omega = \alpha^3\tau_0(\gamma - 1)(c_V c^2 \gamma)^{-1}, \\ \xi &= \alpha^3(\gamma + 1)^2 \left\{ 32\rho_0^2 [9\omega^2 + \left(\nu + \frac{3}{2}\nu_0\right)^2] \right\}^{-1} \exp(-2\nu\tau'), \\ \nu &= \frac{1}{2}\alpha^2\alpha(\gamma - 1)(c_V c^2 \gamma)^{-1} + \nu_0, \end{aligned} \quad (18)$$

ω - модулированная частота, ν - линейная диссипация.

Отыскивая решение (17) в виде узких пучков [3], [5]

$$A = bf^{-1}(\tau') \exp\left(\frac{-r^2}{2r_0^2 f^2} + i\varphi\right), \quad \varphi = \sigma(\tau') + \frac{r^2}{2R(\tau')}, \quad (19)$$

где $r^2 = y^2 + z^2$, r_0 - начальный радиус осесимметричного пучка, b - постоянная амплитуда на входе в среду ($x = 0$), $f(\tau')$ - безразмерная ширина пучка, σ - набег фазы, $\alpha c_n^{-1} R(\tau')$ - радиус кривизны фронта пучка, из (17), с учетом (19), получим уравнение

$$\frac{d^2 f}{d\tau'^2} = \frac{M}{f^3} + \frac{2\alpha_2 \nu b^2}{\alpha f}, \quad (20)$$

где

$$M = \alpha^{-2} \left(\frac{c^4}{r_0^4} + 2\alpha_1 \frac{b^2 c^2}{r_0^2} - \alpha_2^2 b^4 \right), \quad (21)$$

причем начальные условия для f имеют вид

$$f(0) = 1, \quad \frac{df(0)}{d\tau'} = F, \quad F = \frac{2c^2}{\alpha R_0} - \frac{\varkappa_2 b^2}{\alpha}, \quad (22)$$

где R_0 есть $R(0)$ в начальном сечении пучка.

Можно численно решить (20), (22) и получить законы фокусирования пучка, а из (19) - амплитуду волны в облаке.

В случае, если $|\nu\tau'| \ll 1$, т.е. на небольших относительных участках с учетом малости диссипации, можно в (20) отбросить второе слагаемое правой части и проинтегрировать указанное уравнение. Оно будет иметь вид [3], [5]

$$f^2(\tau') = \frac{M}{F^2 + M} + (F^2 + M) \left[\tau' + F(F^2 + M)^{-1} \right]^2. \quad (23)$$

Интересно отметить, что $M > 0$ ($M < 0$) соответствует дефокусировке (фокусировке) пучка, причем слагаемое $\varkappa_2 b^4$ в (21) за счет нелинейной диссипации приводит к самофокусировке.

Можно также учесть, следуя [2], влияние переменного радиуса капель на пороговые значения частот или зависимость от него плотности водяного пара, что не отражается на развиваемой здесь методике.

Уравнения (17), (18) недостаточно точно учитывают роль дисперсии и коэффициента ν , которые для небольших α должны быть учтены путем сравнения с линейным дисперсионным соотношением [6], для рассматриваемой задачи имеющим вид [1]

$$\Omega^2 - c^2 k^2 = \frac{i\chi k^2 \nu_1}{\Omega + i\sigma_1}, \quad \chi = 4\pi L r_1 (\gamma - 1) n_0 D m^{-1}, \quad \sigma_1 = 4\pi r_1 D n_0, \quad (24)$$

где решение пропорционально $\exp(ikx - i\Omega t)$. Сравнивая последнее с (16), получим

$$\Omega = \alpha + \omega, \quad k = \frac{\alpha}{c} + i\frac{\nu}{c}.$$

С учетом того, что $\omega, \nu \ll \alpha$, из (24) получим

$$\begin{aligned} f_1\left(\frac{\alpha}{c}\right) &= \omega = \frac{1}{2}\chi\alpha\sigma_1\nu_1c^{-2}(\alpha^2 + \sigma_1^2)^{-1}, \\ \nu &= \nu_2 + \alpha^2\varkappa c_V^{-1}c^{-2}\gamma^{-1}(\gamma - 1) = -f_2\left(\frac{\alpha}{c}\right), \\ \nu_2 &= -\frac{1}{2}\chi\alpha^2\nu_1c^{-2}(\alpha^2 + \sigma_1^2)^{-1}, \\ \varkappa_1 + i\varkappa_2 &= \frac{(\gamma + 1)^2\alpha^3}{32c^2\rho_0^2} \frac{e^{-2\nu r_1}}{f_1\left(\frac{\alpha}{c}\right) - \frac{1}{2}f_1\left(\frac{2\alpha}{c}\right) + if_2\left(\frac{\alpha}{c}\right) - \frac{1}{2}if_2\left(\frac{2\alpha}{c}\right)}, \end{aligned} \quad (25)$$

причем в ν учтена диссипация, обусловленная теплопроводностью (18), а в $\varkappa_{1,2}$ следует заменить ν_0 на ν_2 .

Таким образом, равенства (16)-(23) имеют место и для уточненной согласно [1] среды с учетом того, что α является небольшой величиной, и результаты, получаемые из эволюционного уравнения (14), выведенного для больших α , должны быть уточнены.

Значения ω, ν берутся не из (18), а из (25). При этом дисперсия дается не заведомо малой величиной (18) (в силу малости τ_0), а значительно большей величиной (25), диссипация зависит от частоты, как и в [1]. Указанный метод сшивания результатов, полученных из эволюционного уравнения (14), с линейным дисперсионным соотношением (24) является общим и удобным.

Институт механики НАН РА

ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Ա.Գ. Բաղդոև, Ա.Վ. Շեկոյան

Ոչ գծային ձայնային փնջերի փարածույնը եռաֆազ ամպային միջավայրում

Ուսումնասիրվում է ոչ գծային ալիքների փարածույնը օդ, գուլորշի և ջրային կաթիլներ ունեցող միջավայրում: Արտաձվել են էվոլյուցիոն և ոչ գծային հավասարումները և գտնված է նեղ փնջերի լուծումը:

Литература

1. Немцов Б.Е. - ДАН СССР. 1990. Т. 314 N 2. С. 355-358.
2. Нетреба С.Н. - Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1997. Т.33. N 3. 412-413.
3. Багдоев А.Г., Шекоян А.В. - Акустический журнал. 1999. Т. 45. N 2. С. 149-156.
4. Багдоев А.Г., Шекоян А.В. - Изв. НАН Армении. Физика. 2000. Т. 35. N 2. С. 85-89.
5. Bagdoyev A.G., Shekoyan A.V. - Conversion Potential of Armenia and ISTC International Seminar. Proceedings. Part I. Yerevan. 2000. P. 102-105.
6. Багдоев А.Г., Шекоян А.В., Даноян З.Н. - Изв. НАН Армении. Физика. 1997. Т. 32. N 6. С. 13-22.

В.Н. Акопян

Смешанная задача для составной плоскости, ослабленной периодической системой трещин

(Представлено академиком Б.Л. Абрамяном 1/VI 2001)

Рассматривается напряженное состояние составной упругой плоскости, ослабленной периодической системой трещин, на одном из берегов которых заданы компоненты напряжения, а на другом - компоненты смещения. Выведены определяющие уравнения, описывающие поставленную задачу, в виде системы двух сингулярных интегральных уравнений второго рода с ядром Гильберта и построено ее замкнутое решение.

Пусть упругая составная плоскость, состоящая из двух полуплоскостей с различными модулями сдвига μ_1, μ_2 и коэффициентами Пуассона ν_1, ν_2 , на линии стыка полуплоскостей ослаблена периодической, с периодом $2l$, системой трещин длиной $2a$, на верхнем берегу которых заданы напряжения $\sigma_1(x) - i\tau_1(x)$, а на нижнем - компоненты смещения $u_2(x) + iv_2(x)$ и главный вектор действующих там напряжений $\sigma_2 - i\tau_2$.

Для определенности, как и выше, все величины, описывающие напряженно-деформированное состояние верхней и нижней полуплоскостей, снабдим верхними индексами 1 и 2 соответственно. Из-за периодичности поставленной задачи будем рассматривать напряженное состояние составной бесконечной полосы шириной $2l$, которая на линии стыка двух полубесконечных полос, занимающих области $D_{\pm} = \{-l \leq x \leq l; 0 \leq \pm y < \infty\}$, ослаблена центральной трещиной длиной $2a$, на верхнем берегу которой заданы компоненты напряжения, а на нижнем - компоненты смещения. При этом на граничных линиях полос $x = \pm l$ будут иметь место условия симметрии. Тогда поставленную задачу для компонентов смещения $u^{(j)}(x,y), v^{(j)}(x,y)$ ($j = 1,2$), удовлетворяющих уравнениям Ляме в соответствующих областях D_{\pm} , и

компонентов напряжений $\sigma_y^{(j)}(x,y), \tau_{xy}^{(j)}(x,y)$ ($j = 1,2$), связанных со смещениями законом Гука, математически можно сформулировать в виде следующей граничной задачи:

$$\begin{aligned}
 \text{а) } & \sigma_y^{(1)}(x,0) - i\tau_{xy}^{(1)}(x,0) = \sigma_y^{(2)}(x,0) - i\tau_{xy}^{(2)}(x,0); \\
 \text{б) } & u^{(1)}(x,0) + iv^{(1)}(x,0) = u^{(2)}(x,0) + iv^{(2)}(x,0) \quad (l > |x| > a); \\
 \text{в) } & \sigma_y^{(1)}(x,0) - i\tau_{xy}^{(1)}(x,0) = \sigma_1(x) - i\tau_1(x); \\
 \text{г) } & u^{(2)}(x,0) + iv^{(2)}(x,0) = u_2(x) + iv_2(x) \quad (|x| < a); \\
 \text{д) } & \tau_{xy}^{(1)}(\pm l, y) = u^{(1)}(\pm l, y) = 0 \quad (0 < y < \infty); \\
 \text{е) } & \tau_{xy}^{(2)}(\pm l, y) = v^{(2)}(\pm l, y) = 0 \quad (-\infty < y < 0).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Чтобы построить решение этой смешанной граничной задачи, введем в рассмотрение функции $\chi(x)$ и $w(x)$, описывающие скачок напряжений, действующих на берегах трещины, и приведенное раскрытие трещины, определяемые формулами

$$\begin{aligned} [\sigma_y^{(1)}(x,0) - i\tau_{xy}^{(1)}(x,0)] - [\sigma_y^{(2)}(x,0) - i\tau_{xy}^{(2)}(x,0)] &= \chi(x); \\ [u^{(1)}(x,0) + iv^{(1)}(x,0)] - [u^{(2)}(x,0) + iv^{(2)}(x,0)] &= w(x)/\theta_2^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Сначала решим вспомогательную задачу, аналогичную (1), с той лишь разницей, что условия (1в) и (1г) заменены условиями (2), и определим компоненты напряжения верхнего берега трещины и компоненты смещения нижнего берега трещины при помощи функций $\chi(x)$ и $w(x)$. С этой целью используем бигармонические функции напряжения для областей D_{\pm} и представим их в виде рядов:

$$F_j(x,y) = \sum_{k=1}^{\infty} [A_k^{(j)} - (-1)^j \alpha_k y B_k^{(j)}] \exp [(-1)^{j+1} \alpha_k y] \cos \alpha_k x, \quad (3)$$

где $\alpha_k = \pi k/l$, а $A_k^{(j)}$, $B_k^{(j)}$ ($j = 1,2$; $k = 1, 2, \dots$) - неизвестные коэффициенты, подлежащие определению.

Легко проверить, что при таком выборе функций $F_j(x,y)$ ($j = 1,2$) последние четыре условия (1) удовлетворяются тождественно. Удовлетворяя остальным условиям вспомогательной задачи и определив коэффициенты $A_k^{(j)}$, $B_k^{(j)}$ ($j = 1,2$) через функции $\chi(x)$ и $w(x)$, удовлетворим условиям (1в) и (1г). Тогда после некоторых преобразований для определения функций $\chi(x)$ и $w(x)$ получим следующую систему сингулярных интегральных уравнений второго рода с ядром Гильберта:

$$\begin{aligned} w'(x) + \frac{a_1 i}{2l} \int_{-a}^a \operatorname{ctg} \frac{\pi(s-x)}{2l} w'(s) ds + \frac{a_2 i}{2l} \int_{-a}^a \operatorname{ctg} \frac{\pi(s-x)}{2l} \chi(s) ds &= F_1(x); \\ \chi(x) - \frac{b_1 i}{2l} \int_{-a}^a \operatorname{ctg} \frac{\pi(s-x)}{2l} w'(s) ds + \frac{b_2 i}{2l} \int_{-a}^a \operatorname{ctg} \frac{\pi(s-x)}{2l} \chi(s) ds &= F_2(x), \end{aligned} \quad (4)$$

которую нужно рассматривать при условиях

$$\int_{-a}^a \chi(x) dx = T_0; \quad w(\pm a) = 0. \quad (5)$$

Отметим, что здесь и в дальнейшем будут сохранены обозначения работы [1].

Приступим к решению системы (4). Система (4) почти точно совпадает с системой (4) из [1], с той лишь разницей, что вместо ядра Коши здесь фигурирует ядро Гильберта. Следовательно, как и в [1], решение этой системы можно свести к решению отдельных интегральных уравнений с ядром Гильберта в случае, когда уравнение (2.2) из [1] имеет два различных корня, и последовательному решению двух интегральных уравнений в случае двух одинаковых корней.

В случае, когда уравнение (2.2) из [1] имеет два различных корня λ_1 и λ_2 , отличных от нуля, умножая первое из уравнений (4) поочередно на λ_1 и λ_2 и складывая со вторым, получим следующие два независимых интегральных уравнения:

$$\varphi_j(x) + \frac{i q_j}{2l} \int_{-a}^a \operatorname{ctg} \frac{\pi(s-x)}{2l} \varphi_j(s) ds = Q_j(x) \quad (j = 1, 2; |x| < a). \quad (6)$$

При этом функции $\varphi_j(x) = \chi(x) + \lambda_j w'(x)$ должны удовлетворять также условиям

$$\int_{-a}^a \varphi_j(x) dx = T_0 \quad (j = 1, 2). \quad (7)$$

Чтобы построить решение уравнений (6), перейдем к новым переменным по формулам

$$\tau = \operatorname{tg} \frac{\pi s}{2l}; \quad t = \operatorname{tg} \frac{\pi x}{2l}$$

и введем обозначения

$$\alpha = \operatorname{tg} \frac{\pi a}{2l}; \quad A_j = \frac{i q_j}{\pi} \int_{-a}^a \frac{\tau \varphi_j^*(\tau)}{1 + \tau^2} d\tau;$$

$$\varphi_j^*(t) = \varphi_j \left| \begin{array}{c} 2l \\ - \operatorname{arctgt} \\ \pi \end{array} \right|; \quad Q_j^*(t) = Q_j \left| \begin{array}{c} 2l \\ - \operatorname{arctgt} \\ \pi \end{array} \right|.$$

Тогда уравнения (6) и условия (7) примут вид:

$$\varphi_j^*(t) + \frac{i q_j}{\pi} \int_{-a}^a \frac{\varphi_j^*(\tau) d\tau}{\tau - t} = Q_j^*(t) + A_j; \quad \int_{-a}^a \frac{\varphi_j^*(\tau)}{1 + \tau^2} d\tau = \frac{\pi T_0}{2l} \quad (j = 1, 2; |t| < a).$$

Решая полученные уравнения [2,3] и возвращаясь к исходным неизвестным, для функций $\chi(x)$ и $w'(x)$ в случае, когда верхние берега трещин свободны от напряжений, а на нижних берегах действуют абсолютно жесткие штампы с плоскими основаниями ($u_2(x) = 0, v_2(x) = \operatorname{const}$), получим формулы

$$\chi(x) = -\frac{i\Gamma_0}{2l(\lambda_2 - \lambda_1)\cos\frac{\pi a}{2l}}[\lambda_2\omega_1(x) - \lambda_1\omega_2(x)]; \quad (8)$$

$$w'(x) = \frac{i\Gamma_0}{2l(\lambda_2 - \lambda_1)\cos\frac{\pi a}{2l}}[\omega_1(x) - \omega_2(x)]. \quad (9)$$

При этом разрушающие напряжения $\sigma_{xy}^{\pm}(x,0) - i\tau_{xy}^{\pm}(x,0)$, действующие вне трещины, даются формулами

$$\begin{aligned} \sigma_{xy}^{\pm}(x,0) - i\tau_{xy}^{\pm}(x,0) &= \frac{T_0 \operatorname{sgn} x}{\Delta(\lambda_2 - \lambda_1)2l \cos\frac{\pi a}{2l}} \sum_{j=1}^2 \frac{q_j(\lambda_j l_2 - l_3)(-1)^j}{\sqrt{1-q_j^2} \sin(\pi\gamma_j)} \times \\ &G_0^{(j)} \cos\frac{\pi x}{2l} + iG_1^{(j)} \sin\frac{\pi x}{2l} \\ &\times \frac{1}{\left| \sin\frac{\pi(x+a)}{2l} \right|^{\gamma_j} \left| \sin\frac{\pi(x-a)}{2l} \right|^{1-\gamma_j}} + E_1 \quad (a < |x| < l). \end{aligned} \quad (10)$$

Здесь

$$\begin{aligned} \omega_j(x) &= \frac{q_j}{\sqrt{1-q_j^2}} \frac{G_0^{(j)} \cos\frac{\pi x}{2l} + iG_1^{(j)} \sin\frac{\pi x}{2l}}{\left[\sin\frac{\pi(a+x)}{2l} \right]^{\gamma_j} \left[\sin\frac{\pi(a-x)}{2l} \right]^{1-\gamma_j}} \\ G_m^{(j)} &= \frac{1}{2} [(i+\alpha)^{-\gamma_j} (i-\alpha)^{\gamma_j-1} + (-1)^m (i+\alpha)^{\gamma_j-1} (i-\alpha)^{-\gamma_j}], \quad (m=0,1; j=1,2); \\ E_1 &= \frac{1}{\Delta(\lambda_1 - \lambda_2)} \left[\frac{\lambda_2 l_2 - l_3}{q_1} v_1^* d_1^* + \frac{l_3 - \lambda_1 l_2}{q_2} v_2^* d_2^* + \sum_{j=1}^2 \frac{(-1)^j (\lambda_j l_2 - l_3) \sqrt{g_j} d_j^*}{\sin(\pi\gamma_j)} \right]; \\ v_j^* &= \frac{(1+q_j)iG_1^{(j)}}{G_0^{(j)} + i\alpha(1-2\gamma_j)G_1^{(j)}}; \quad d_j^* = \frac{q_j T_0}{2l(1+q_j) [G_1^{(j)} a_1^{(j)} - iG_0^{(j)} a_0^{(j)}]} \quad (j=1,2). \end{aligned}$$

Отметим, что при получении этих формул было использовано значение интеграла

$$\int_{-a}^a \frac{\tau^m (\alpha + \tau)^{\gamma_j} (\alpha - \tau)^{\gamma_j-1}}{1 + \tau^2} d\tau = - (i)^{m+1} \frac{\pi(1+q_j)}{q_j e^{i\pi(\gamma_j-1)}} G_m^{(j)} \quad (m=0,1; j=1,2).$$

Из полученных выражений легко определить коэффициенты интенсивности в точках $x = \pm a$. Если материалы полуплоскостей таковы, что $\operatorname{Re} \gamma_1 > \operatorname{Re} \gamma_2$, то будем иметь

$$\begin{aligned} \mathbb{K}_I [(-a)^j] - i\mathbb{K}_{II} [(-a)^j] = & -\frac{(-1)^j \sqrt{2\pi}}{2l \Delta \cos \frac{\pi \alpha}{2l}} \frac{q_j (\lambda_j^2 - 1)}{\sqrt{1 - q_j^2} \sin(\pi \gamma_j)} \times \\ & \times \left[G_0^{(j)} \cos \frac{\pi a}{2l} + i(-1)^j \sin \frac{\pi a}{2l} \right] \quad (j = 1, 2). \end{aligned} \quad (11)$$

Теперь рассмотрим случай, когда материалы полуплоскостей таковы, что уравнение (2.2) из [3] имеет два одинаковых корня $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda = (a_1 - b_2)/2a_2$. Тогда по процедуре, приведенной в работе [1], решая поочередно два интегральных уравнения, получим замкнутое решение поставленной задачи. Не останавливаясь на этом, опять-таки приведем решение задачи в случае, когда верхние берега трещин свободны от напряжений, а на нижних берегах действуют абсолютно жесткие штампы с плоскими основаниями. Оно имеет вид:

$$\begin{aligned} w'(x) = & -\sqrt{g_1} \cos \frac{\pi a}{2l} \left[e_1 \cos \frac{\pi x}{2l} + e_2 \sin \frac{\pi x}{2l} + \left(a^{(1)} \cos \frac{\pi x}{2l} + a^{(2)} \sin \frac{\pi x}{2l} \right) \times \right. \\ & \left. \ln \left[\frac{\sin \frac{\pi(a-x)}{2l}}{\sin \frac{\pi(a+x)}{2l}} \right] \right] \times \frac{\left(\frac{\sin \frac{\pi(a-x)}{2l}}{\sin \frac{\pi(a+x)}{2l}} \right)}{\sqrt{\sin \frac{\pi(a-x)}{2l} \sin \frac{\pi(a+x)}{2l}}} \quad (-a < x < a); \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \chi(x) = & -\sqrt{g_1} \cos \frac{\pi a}{2l} \left[b^{(1)} \cos \frac{\pi x}{2l} + b^{(2)} \sin \frac{\pi x}{2l} - \lambda_1 \left(a^{(1)} \cos \frac{\pi x}{2l} + a^{(2)} \sin \frac{\pi x}{2l} \right) \times \right. \\ & \left. \ln \left[\frac{\sin \frac{\pi(a-x)}{2l}}{\sin \frac{\pi(a+x)}{2l}} \right] \right] \frac{\left(\frac{\sin \frac{\pi(a-x)}{2l}}{\sin \frac{\pi(a+x)}{2l}} \right)}{\sqrt{\sin \frac{\pi(a-x)}{2l} \sin \frac{\pi(a+x)}{2l}}} \quad (-a < x < a). \end{aligned} \quad (13)$$

Разрушающие контактные напряжения $\sigma_y^\pm(x, 0) - i\tau_{xy}^\pm(x, 0)$, действующие вне трещины, в этом случае имеют вид

$$\sigma_y^{(1)}(x, 0) - i\tau_{xy}^{(1)}(x, 0) = \frac{\pi \sqrt{g_1} \cos \frac{\pi a}{2l}}{\operatorname{ch}(\pi \beta)} \left[c^{(1)} \cos \frac{\pi x}{2l} + c^{(2)} \sin \frac{\pi x}{2l} \right] \quad (14)$$

$$+ \left(e^{(1)} \cos \frac{\pi x}{2l} + e^{(2)} \sin \frac{\pi x}{2l} \right) \ln \left| \frac{\sin \frac{\pi(a-x)}{2l}}{\sin \frac{\pi(a+x)}{2l}} \right| \left| \frac{\operatorname{sgn} x \left| \frac{\sin \frac{\pi(a-x)}{2l}}{\sin \frac{\pi(a+x)}{2l}} \right|^{-i\beta}}{\sqrt{\sin \frac{\pi(a-x)}{2l} \sin \frac{\pi(a+x)}{2l}}} \right| + A_0.$$

где $a^{(j)}$, $b^{(j)}$, $c^{(j)}$, e_j , $e^{(j)}$, A_0 , g_1 ($j = 1, 2$) - известные постоянные, значения которых здесь не приводятся.

Из (14) можно заключить, что в рассматриваемом случае контактные напряжения в концевых точках трещины помимо степенной особенности имеют также логарифмическую особенность.

Институт механики НАН РА

Литература

1. *Акопян В.Н.* - Изв. НАН Армении. Механика. 1995. Т.48. С.57-65.
2. *Мухелишвили Н.И.* Некоторые основные задачи математической теории упругости. М. Наука. 1966. 708 с.
3. *Гахов Ф.Д.* Краевые задачи. М. Наука. 1977. 640 с.

Վ.Ն. Հակոբյան

Խառը խնդիր ճաքերի պարբերական համակարգով թուլացված բաղադրյալ հարթության համար

Ուսումնասիրված է երկու տարբեր կիսահարթություններից կազմված բաղադրյալ հարթության լարվածադեֆորմացիոն վիճակը, երբ այն կիսահարթությունների միացման գծի երկայնքով թուլացված է վերջավոր ճաքերի պարբերական համակարգով, որոնց ափերից մեկի վրա տրված են տեղափոխությունները, իսկ մյուսի վրա՝ լարումների բաղադրիչները:

Խնդիրը մաթեմատիկորեն ձևակերպված է Հիլբերտի կորիզով երկրորդ սեռի երկու սինգուլյար ինտեգրալ հավասարումների համակարգի տեսքով և կառուցված է այդ համակարգի փակ լուծումը:

Մտացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ ճաքերի ծայրակետերում լարումներն ունեն աստիճանային եզակիություն: Մակայն կիսահարթությունների առաձգական հաստատունների որոշակի արժեքների դեպքում բացի աստիճանային եզակիությունից առաջանում է նաև լոգարիթմական եզակիություն:

D.I. Bardzokas

Methods of the theory complex functions and singular integral equations in problems of reinforcement of cracked anisotropic plates

(Submitted by academician L.A. Agalovyan 29/X 2001)

The fracture problem of the materials and constructions constitutes of the contemporary topics of the mechanics of deformable bodies. Although the fracture mechanism cannot be only referred to a phenomenon of crack propagation, however the examination of the conditions under which the body starts creating a crack or a system of cracks which later propagate in it, constitutes one of the main and interesting sides of the fracture problem. This side of the problem is referred to the study of the stress-strain state of the body in the region of the imperfections (defects) and the singular points.

The study of the problem of reinforced plates and shells becomes more complex when in the body imperfections of the form holes, crack, notch, inclusion etc exist. In this case the determination of the interaction of the two opposite factors, such as the reinforcement of the body and its weakening have a great importance.

1. Let us have an infinite anisotropic (orthotropic) body S with a crack l which is loaded in infinite with the stresses $\sigma_{xx}^{\infty}, \sigma_{yy}^{\infty}, \sigma_{xy}^{\infty}$. On a certain region γ of the plate, S where the crack l exists, an elastic isotropic inclusion S_1 it is put which has as aim the reinforcement of the plate because the crack starts propagating.

The boundary conditions of the above problem are as follows.

a) On the contact boundary γ between the body S and the inclusion S_1 we have equal displacements, as well as equal and opposite stresses i.e.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} [u_1(t) + iv_1(t)] = \frac{d}{dt} [u(t) + iv(t)] \\ \sigma_n^1 + i\sigma_t^1 = -(\sigma_n + i\sigma_t) = f^*(t). \end{array} \right. \quad (1)$$

b) On the two lips of the crack l the loadings are generally given:

$$\sigma_n^{\pm} - i\sigma_t^{\pm} \Big|_t. \quad (2)$$

The complex potentials $\Phi_0(z_1)$ and $\psi_0(z_2)$, on the basis of which the stress-strain state of the cracked plate, which is loaded in the infinite and on which concentrated force $X + iY$ on the point z_0 acts can be studied, are given in the form [1-4]:

$$\Phi(z_1) = \frac{1}{2\pi i} \int_{l_1} \frac{\varphi(\tau_1)}{\tau_1 - z_1} d\tau_1 + \Gamma + \frac{c_{11}X + c_{12}Y}{z_1 - \xi_1} \quad (3)$$

$$\psi(z_2) = \frac{1}{2\pi i} \int_{l_2} \frac{\varphi(\tau_2)}{\tau_2 - z_2} d\tau_2 + \Gamma' + \frac{c_{21}X - c_{22}Y}{z_2 - \xi_2}$$

where $\varphi(t_k)$, $\psi(t_k)$ -densities on the l_k ($k = 1, 2$) and

$$z_k = x + \mu_k y, \quad \xi_k = x_0 + \mu_k y_0; \quad z = x + iy, \quad z_0 = x_0 + iy_0$$

$$c_{11} = \frac{1}{2\pi i} \left(\mu_2 + \bar{\mu}_2 + \bar{\mu}_1 + \bar{\mu}_1 \mu_2 \bar{\mu}_2 \frac{v_x E_y}{E_x} \right) / \left[(\mu_1 - \mu_2)(\mu_1 - \bar{\mu}_1) \left(1 - \frac{\bar{\mu}_2}{\mu_1} \right) \right]$$

$$c_{12} = \frac{1}{2\pi i} (\mu_2 \bar{\mu}_2 + \bar{\mu}_1 \mu_2 + \bar{\mu}_1 \bar{\mu}_2 + v_x) / \left[(\mu_1 - \mu_2)(\mu_1 - \bar{\mu}_1) \left(1 - \frac{\bar{\mu}_2}{\mu_1} \right) \right]$$

$$c_{21} = \frac{1}{2\pi i} \left(\mu_1 + \bar{\mu}_1 + \bar{\mu}_2 + \mu_1 \bar{\mu}_2 \frac{v_x E_y}{E_x} \right) / \left[(\mu_2 - \mu_1)(\mu_2 - \bar{\mu}_1) \left(1 - \frac{\bar{\mu}_1}{\mu_2} \right) \right]$$

$$c_{22} = \frac{1}{2\pi i} (\mu_1 \bar{\mu}_1 + \bar{\mu}_2 \mu_1 + \bar{\mu}_2 \bar{\mu}_1 + v_x) / \left[(\mu_2 - \mu_1)(\mu_2 - \bar{\mu}_2) \left(1 - \frac{\bar{\mu}_1}{\mu_2} \right) \right]$$

and μ_k ($k = 1, 2$) are the roots of the equation:

$$\mu^4 + \left(\frac{E_x}{G_{xy}} - 2v_x \right) \mu^2 + \frac{E_x}{E_y} = 0 \quad (\text{Im } \mu_k > 0)$$

with E_x , E_y , v_x , v_y being elastic constants of the plate in directions x and y respectively, G_{xy} is the shear modulus. Apart this, for the constants Γ , Γ' we know that:

$$\begin{aligned} \Gamma - \bar{\Gamma} &= 0, & \mu_1^2 \Gamma + \bar{\mu}_1^2 \bar{\Gamma} + \mu_2^2 \Gamma' + \bar{\mu}_2^2 \bar{\Gamma}' &= \sigma_{xx}^{\infty} \\ \Gamma + \bar{\Gamma} + \Gamma' + \bar{\Gamma}' &= \sigma_{yy}^{\infty}, & \mu_1 \Gamma + \bar{\mu}_1 \bar{\Gamma} + \mu_2 \Gamma' + \bar{\mu}_2 \bar{\Gamma}' &= -\sigma_{xy}^{\infty} \end{aligned}$$

Now, we shall proceed to the determination of the complex potentials of the composite cracked plate (S and S_1).

For the finite elastic isotropic inclusion S_1 the complex potential is given in the form:

$$\Phi(z) = \begin{cases} \Phi^+(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma_1} \frac{G(\tau)}{\tau - z} d\tau, & z \in S_1 \\ 0, & z \notin S_1 \end{cases} \quad (4)$$

The stresses and the displacements on the boundary γ of the inclusion are given by the relationships [1]:

$$\Phi^+(t) + \overline{\Phi^+(t)} + \frac{d}{dt} [\bar{t} \Phi'^+(t) + \psi^+(t)] = \sigma_n^1 - i \sigma_t^1 = \overline{f^*(t)} \quad (5)$$

$$\Phi^+(t) - k_1 \overline{\Phi^+(t)} + \frac{d}{dt} [\bar{t} \Phi'^+(t) + \psi^+(t)] = -2\mu_1 \frac{d}{dt} [u_1(t) - iv_1(t)] \quad (6)$$

where $k_1 = [(3 - \nu_1)/(1 + \nu_1)]$, $\mu_1 = [(E_1)/(2(1 + \nu_1))]$ and E_1, ν_1 being the elastic constants of the inclusion S_1 .

Taking into consideration the Plemelj formulae for the function $\Phi(z)$ when $z \rightarrow t, t \in \gamma [1,5]$

$$\begin{cases} \Phi^+(t) = \frac{1}{2} G(t) + \frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \frac{G(\tau)}{\tau - t} d\tau \\ \Phi^-(t) = -\frac{1}{2} G(t) + \frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \frac{G(\tau)}{\tau - t} d\tau \end{cases} \quad (7)$$

and solving Eq. (5) to obtain $\psi^+(t)$, the expression of the other complex potential $\psi(z)$ takes the following form:

$$\psi(z) = \begin{cases} \psi^+(z) = \frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)}}{\tau - z} d\tau - \frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \frac{\overline{G(\tau)}}{\tau - t} d\tau - \frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \frac{\bar{\tau} G(\tau)}{(\tau - z)^2} d\tau, & z \in S_1 \\ 0, & z \notin S_1. \end{cases} \quad (8)$$

Substituting, next, the limit values of $\Phi(z), \psi(z) z \rightarrow t \in \gamma_1$, on the basis of Plemelj formulae, in Eq. (6) we obtain the following singular integral equation

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\pi i} \oint_{\gamma} \frac{G(\tau)}{\tau - t} d\tau + \frac{k_1}{\pi i} \oint_{\gamma} \frac{\overline{G(\tau)}}{\bar{\tau} - \bar{t}} d\tau + \frac{d}{dt} \left[\frac{1}{\pi i} \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)}}{\tau - t} d\tau - \right. \\ & \left. - \frac{1}{\pi i} \oint_{\gamma} \frac{\overline{G(\tau)}}{\tau - t} d\tau - \frac{1}{\pi i} \oint_{\gamma} \frac{\bar{\tau} - \bar{t}}{(\tau - t)^2} G(\tau) d\tau \right] = -2\mu_1 [u_1(t) - iv_1(t)] \end{aligned} \quad (9)$$

where $\lambda(t) = 2\mu_1 [d/dt](u_1(t) + iv_1(t))$, $G(t) = [(f^*(t))/(1 + k_1)] + [(\lambda(t))/(1 + k_1)]$ - density of Cauchy integral.

On the anisotropic (orthotropic) cracked plate where along γ the effect of the inclusion is transmitted, it is created such a stress-strain field that can be described by the complex potentials $\Phi_0(z_1)$ and $\psi_0(z_1)$

$$\Phi_0(z_1) = \Phi(z_1) - \frac{i(c_{11} - ic_{12})}{2} \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\tau_1^* - z_1} d\tau_1 + \frac{i(c_{11} + ic_{12})}{2} \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)}}{\tau_1^* - z_1} d\tau + \Gamma \quad (10)$$

$$\psi_0(z_2) = \psi(z_1) - \frac{i(c_{21} - ic_{22})}{2} \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\tau_2^* - z_2} d\tau_1 + \frac{i(c_{21} + ic_{22})}{2} \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)}}{\tau_2^* - z_2} d\tau + \Gamma' \quad (11)$$

where $\Phi(z_1) = [1/(2\pi i)] \oint g(\tau_1) / (\tau_1 - z_1) d\tau_1$, $\psi(z_2) = [1/(2\pi i)] \oint y(\tau_2) / (\tau_2 - z_2) d\tau_2$, $g(t_1), y(t_2)$ - unknown densities along L_1, L_2 and $\tau_k^* = x + \mu_k y$, with $x + iy = z (k=1,2)$.

Now, we shall describe the boundary conditions (1) and (2) by the aid of the boundary values of complex potentials (10) and (11) on the basis of Plemelj formulae.

The stress components $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \tau_{xy}$ and the displacements for any point of the anisotropic plate are given by and of complex potentials by the following expressions [3]:

$$\begin{cases} \sigma_{xx} = 2\text{Re}[\mu_1^2\Phi_0(z_1) + \mu_2^2\psi_0(z_2)] \\ \sigma_{yy} = 2\text{Re}[\Phi_0(z_1) + \psi_0(z_2)] \\ \tau_{xy} = -2\text{Re}\{\mu_1\Phi_0(z_1) + \mu_2\psi_0(z_2)\} \end{cases} \quad (12)$$

and

$$\begin{cases} u(z) = 2\text{Re}[p_1\varphi_0(z_1) + p_2\psi_0(z_2)] \\ v(z) = 2\text{Re}[q_1\varphi_0(z_1) + q_2\psi_0(z_2)] \end{cases} \quad (13)$$

where $p_j = [(\mu_j^2)/(E_x)] - [(v_y)/(E_x)]$, $q_j = [1/(E_y\mu_j)] - [(v_x)/(E_y)]\mu_j$ ($j = 1, 2$).

By derivating Eq. (13) and taking into account the relationship

$$\sigma_n + i\sigma_t = \frac{1}{2}(\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) - \frac{e^{-2i\theta}}{2}(\sigma_{xx} - \sigma_{yy} + 2i\sigma_{xy}) \quad (14)$$

we obtain the following relationships on the boundaries considered:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(u(t) + iv(t)) &= (p_1 + iq_1) = \frac{dt_1}{dt}\Phi_0(t_1^*) + (\bar{p}_1 + i\bar{q}_1)\frac{dt_1}{dt}\overline{\Phi_0(t_1^*)} + \\ &+ (p_2 + iq_2)\frac{dt_2}{dt}\psi_0(t_2^*) + (\bar{p}_2 + i\bar{q}_2)\frac{dt_2}{dt}\overline{\psi_0(t_2^*)}, \quad t_k^* \in \gamma_k^*, \quad (k = 1, 2) \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \sigma_n^\pm + i\sigma_t^\pm &= \text{Re}\left\{(1 + \mu_1^2)\Phi_0^\pm(t_1) + (1 + \mu_2^2)\psi_0^\pm(t_2)\right\} + \frac{\bar{d}}{dt}\left\{\text{Re}\left[(1 - \mu_1^2)\Phi_0^\pm(t_1) + \right. \right. \\ &\left. \left. + (1 - \mu_2^2)\psi_0^\pm(t_2)\right] + 2i\text{Re}\left[\mu_1\Phi_0^\pm(t_1) + \mu_2\psi_0^\pm(t_2)\right]\right\}, \quad (t_k \in l_k, \quad k = 1, 2) \end{aligned} \quad (16)$$

Solving for $\psi^+(t_2) - \psi_-(t_2)$ after some algebra and taking into account the Plemelj formulae we obtain:

$$\begin{aligned} \psi(z_2) &= \frac{1}{2\pi i} \int_{t_2} \frac{y(t_2)}{\tau_2 - z_2} = \frac{1}{2\pi i (\mu_2 \bar{\mu}_2)} \int \frac{q^{**}}{\tau_2 - z_2} d\tau - \\ &- \frac{\mu_1 - \bar{\mu}_2}{2\pi i (\mu_2 - \bar{\mu}_2)} \int_{l_1} \frac{g(\tau_1)}{\tau_2 - z_2} d\tau_1 - \frac{\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2}{2\pi i (\mu_2 - \bar{\mu}_2)} \int_{l_1} \frac{\overline{g(\tau_1)}}{\tau_2 - z_2} d\tau_1 \\ 2q^{**}(t) &= q^+(t) - q^-(t), \quad q^\pm(t) = -i(1 - i\bar{\mu}_2)f^\pm(t) + i\frac{\bar{d}}{dt}(1 + i\bar{\mu}_2)\overline{f^\pm(t)} \end{aligned} \quad (17)$$

where

$$f^\pm(t) = \sigma_n^\pm + i\sigma_t^\pm - \text{Re}\left[(1 + \mu_1^2)\Gamma + (1 + \mu_2^2)\Gamma'\right] - \frac{\bar{d}}{dt}\text{Re}\left[(1 + i\mu_1)^2\Gamma + (1 + i\mu_2)^2\Gamma'\right].$$

2. By subtraction of the Eq. (16) and taking into account the Plemelj formulae for the complex potentials $\Phi_0(z_1)$ and $\psi_0(z_2)$, when $z_k \rightarrow t_k \in l_k$ $k = 1, 2$ after some algebra the following singular integral equation results:

$$\begin{aligned}
& (\mu_1 - \bar{\mu}_2) \frac{dt_1}{dt} \left[\frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma} \frac{g(\tau_1)}{\tau_1 - t_1} d\tau_1 - i(c_{11} - ic_{12}) \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\tau_1^* - t_1} d\tau + i(c_{11} + ic_{12}) \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)}}{\tau_1^* - t_1} d\tau \right] - \\
& - (\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2) \frac{dt_1}{dt} \left[\frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\overline{g(\tau_1)}}{\bar{\tau}_1 - \bar{t}_1} d\bar{\tau}_1 - i(c_{11} + ic_{12}) \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\tau_1^* - \bar{t}_1} d\tau + i(c_{11} - ic_{22}) \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\tau_1^* - \bar{t}_1} d\tau \right] + \\
& + \frac{dt_2}{dt} \left[\frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma} \frac{q^{**}(\tau)}{\tau_2 - t_2} d\tau - \frac{\mu_1 - \bar{\mu}_2}{\pi i} \int_{\Gamma} \frac{g(\tau_1)}{\tau_2 - t_2} d\tau_1 - (\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2) \int_{\Gamma} \frac{\overline{g(\tau_1)}}{\tau_2 - t_2} d\tau_1 - \right. \\
& \left. - i(c_{21} + ic_{22}) \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\tau_2^* - t_2} d\tau + i(c_{21} - ic_{22}) \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)}}{\tau_2^* - t_2} d\tau \right] = q^*(t) \quad (t \in l)
\end{aligned} \tag{18}$$

which describes the conditions (2) and where $q^*(t) = q^+(t) + q^-(t)$.

Finally, substituting in Eq. (15) the limit values of the complex potentials by the Plemelj formulae we have the following singular integral equation on the γ of the anisotropic plate.

$$\begin{aligned}
& (p_1 + iq_1) \left[\left[\frac{dt_1}{dt} - \frac{i(c_{11} - ic_{12})}{2} \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\tau_1^* - t_1} d\tau_1 + i \frac{c_{11} + ic_{12}}{2} \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)}}{\tau_1^* - t_1} d\tau + \frac{1}{2\pi i} \oint_{\Gamma} \frac{g(\tau_1)}{\tau_1 - t_1} d\tau \right] + \right. \\
& + (\bar{p}_1 + i\bar{q}_1) \left[\frac{dt_1}{dt} \left[\frac{i(c_{11} + ic_{12})}{2} \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)} d\tau}{\tau_1^* - \bar{t}_1^*} - i \frac{c_{11} - ic_{12}}{2} \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\tau_1^* - \bar{t}_1^*} d\tau - \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\overline{g(\tau_1)}}{\tau_1 - \bar{t}_1^*} d\tau_1 \right] + \right. \\
& + (p_2 + iq_2) \frac{dt_2}{dt} - \frac{i(c_{21} - ic_{22})}{2} \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\tau_2^* - t_2} d\tau_1 + i \frac{c_{21} + ic_{22}}{2} \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)}}{\tau_2^* - t_2} + \\
& \left. + \frac{1}{2\pi i} (\mu_2 - \bar{\mu}_2) \int_{\Gamma} \frac{q^{**}(\tau) d\tau}{\tau_2 - t_2} - \frac{\mu_1 - \bar{\mu}_2}{2\pi i (\mu_2 - \bar{\mu}_2)} \int_{\Gamma} \frac{g(\tau_1)}{\tau_2 - t_2} d\tau_1 - \frac{\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2}{2\pi i (\mu_2 - \bar{\mu}_2)} \int_{\Gamma} \frac{\overline{g(\tau_1)}}{\tau_2 - t_2} d\tau_1 \right] + \\
& + (\bar{p}_2 + iq_2) \frac{dt_2}{dt} \left[\frac{i(c_{21} - ic_{22})}{2} \oint_{\gamma} \frac{\overline{f^*(\tau)}}{\bar{\tau}_2^* - \bar{t}_2^*} d\bar{\tau} - i \frac{c_{21} + ic_{22}}{2} \oint_{\gamma} \frac{f^*(\tau)}{\bar{\tau}_2^* - \bar{t}_2^*} d\tau - (t_k \in \gamma_k^*, k=1,2) \right. \\
& \left. - \frac{1}{2\pi i} (\bar{\mu}_2 - \mu_2) \int_{\Gamma} \frac{q^{**}(\tau) d\tau}{\bar{\tau}_2^* - \bar{t}_2^*} + \frac{\bar{\mu}_1 - \mu_2}{2\pi i (\bar{\mu}_2 - \mu_2)} \int_{\Gamma} \frac{\overline{g(\tau_1)}}{\bar{\tau}_2^* - \bar{t}_2^*} d\bar{\tau}_1 + \frac{\mu_1 - \mu_2}{2\pi i (\bar{\mu}_2 - \mu_2)} \int_{\Gamma} \frac{g(\tau_1) d\tau_1}{\bar{\tau}_2^* - \bar{t}_2^*} \right] - \\
& - \frac{\lambda(t)}{2\mu_1} = - \left\{ (p_1 + iq_1) \frac{dt_1}{dt} \Gamma + (\bar{p}_1 + i\bar{q}_1) \frac{dt_1}{dt} \bar{\Gamma} + (p_2 + iq_2) \frac{dt_2}{dt} \Gamma' + (\bar{p}_2 + i\bar{q}_2) \frac{dt_2}{dt} \bar{\Gamma}' \right\},
\end{aligned} \tag{19}$$

Eqs. (9), (18) and (19) are completed with the single valuedness condition for the displacements on the crack l

$$\int_l \frac{d}{dt} [(u^+ - u^-) + i(v^+ - v^-)] dt = 0 \tag{20}$$

and the equilibrium condition of the stresses on γ

$$\int_{\gamma} f^*(t) ds = 0 \quad (21)$$

where Eq. (20), after substitution of the relationships for the displacements through the complex functions on the basis of Eq. (15) and using Plemelj formulae, will take the following form

$$\begin{aligned} & \left[(p_1 - iq_1) - (p_2 + iq_2) \frac{\mu_1 - \bar{\mu}_2}{\mu_2 - \bar{\mu}_2} - (\bar{p}_2 + i\bar{q}_2) \frac{\mu_1 - \mu_2}{\bar{\mu}_2 - \mu_2} \right] \int_{\Gamma} g(t_1) dt_1 + \\ & + \left[(\bar{p}_2 + i\bar{q}_2) - (p_2 + iq_2) \frac{\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2}{\mu_2 - \bar{\mu}_2} - (\bar{p}_2 + i\bar{q}_2) \frac{\bar{\mu}_1 - \mu_2}{\bar{\mu}_2 - \mu_2} \right] \int_{\Gamma} \overline{g(t_1)} dt_1 = \\ & - \frac{p_2 + iq_2}{\mu_2 - \bar{\mu}_2} \int_{\Gamma} q^{**}(t) dt - \frac{\bar{p}_2 + i\bar{q}_2}{\bar{\mu}_2 - \mu_2} \int_{\Gamma} \overline{q^{**}(t)} dt \end{aligned} \quad (22)$$

Eqs. (9), (18), (19), (21) and (22) give the possibility to describe the stress-strain state field of the plane cracked orthotropic plate which is reinforced with an elastic isotropic inclusion.

The work is fulfilled in the framework of agreement on scientific collaboration between Athen National Technical University and the Institute of Mechanics of NAS RA

National Technical University of Athens

References

1. *Muskhelishvili N.I.* Some basic problems of the mathematical theory of elasticity. P. Noordhoff. Groningen. 1965.
2. *Lekhnitski S.G.* Anisotropic plates. M-L. 1947. (in Russian).
3. *Bardzokas D., Parton V.Z., Theocaris P.S.* - DAN. SSSR. 1989. T. 309. N 5. P. 1072-1077. (in Russian).
4. *Bardzokas D., Parton V.Z.* - DAN. Rus. 1992. T. 325. N 2. P. 255-259. (in Russian).
5. *Gakhov F.D.* Boundary value problems. Pergamon. Oxford. 1966.

Դ.Բ. Բարձոկաս

**Կոմպլեքս փոփոխականի ֆունկցիաների և սինգուլյար ինտեգրալ
հավասարումների տեսության մեթոդները ճաք պարունակող ուժեղացված
անիզոտրոպ սալերի խնդիրներում**

Դիտարկվում է ողորկ եզրագծով կամայական հարթ տիրույթի տեսքով իզոտրոպ առաձգական ներդրակով օրթոտրոպ անվերջ սալի լարվածային վիճակը, որը պարունակում է կորագիծ ճաք: Մալը անվերջում ենթարկված է հավասարաչափ բաշխված նորմալ և շոշափող ուժերի ազդեցության, իսկ ճաքի ափերին գործում են կամայական ուժեր: Կոմպլեքս պոտենցիալների օգնությամբ ստացված է դրված խնդրի որոշիչ սինգուլյար ինտեգրալ հավասարումների համակարգը, որի լուծելիությունը հայտնի պայմանների դեպքում ապահովված է:

Д.И. Бардзокас

**Методы теории функций комплексного переменного и сингулярных
интегральных уравнений в задачах усиленных анизотропных пластин с
трещиной**

Рассматривается напряженное состояние ортотропной бесконечной пластины с упругим изотропным включением в форме произвольной плоской области с гладким контуром, содержащей криволинейную трещину. Пластина на бесконечности подвержена воздействию равномерно распределенных нормальных и касательных сил, а на берегах трещины действуют произвольные силы. При помощи комплексных потенциалов получены определяющая система сингулярных интегральных уравнений поставленной задачи, разрешимость которой при известных условиях обеспечена.

УДК 621.317.39.531.767

В.Б.Нерсисян

Расчет токов в проводящем немагнитном листе при его движении методом сеток

(Представлено академиком Г.Л. Арешяном 16/XI 2001)

Определение параметров движущегося проводящего немагнитного листа с помощью электромагнитных преобразователей связано с расчетом токов в листе на основании решений уравнений электромагнитного поля при соответствующих заданных граничных условиях [1]. Однако известные методы сложны с точки зрения практического применения и не обеспечивают достаточной наглядности контуров прохождения токов в листе. Последнее обстоятельство очень важно при разработке высокочувствительных электромагнитных преобразователей толщины и скорости движущегося листа.

Целью настоящей работы являлся поиск упрощенного метода расчета токов в листе и контуров их замыкания для математической обработки электромагнитных преобразователей, доступный для инженеров-проектировщиков. При этом полученное решение лишь немного отличалось от точного.

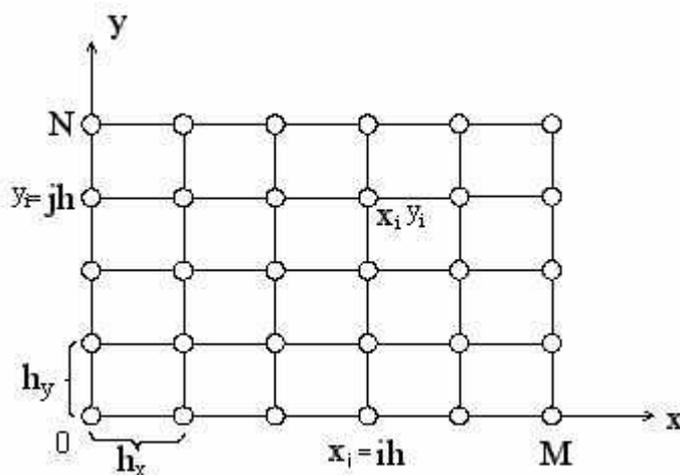


Рис. 1

Одним из методов расчета токов в проводящем листе, движущемся со скоростью V , является сеточный метод. Суть его состоит в том, что область проводящего изотропного листа, расположенного в воздушном зазоре преобразователя, представляется в виде прямоугольника $\bar{D} = \{0 \leq x \leq M, 0 \leq y \leq N\}$. Разобьем отрезки $[0, M]$ и $[0, N]$ соответственно на N_1 и N_2 части (рис.1). Пусть $h_x = [M/(N_1)]$ $h_y = [N/(N_2)]$.

Через точки деления проведем прямые, параллельные соответствующим осям. В результате пересечения этих прямых получим узлы (x_i, y_i) , которые и образуют сетку. Расстояние между соседними узлами $x_i - x_{i-1} = h_x = [1/(N_1)]$ и $y_i - y_{i-1} = h_y = [1/(N_2)]$ назовем шагами сетки по направлениям x и y соответственно. Так как зона контроля преобразователя имеет квадратную площадь, то целесообразно применять постоянный шаг по каждому из направлений, т. е. равномерную сетку.

Каждая сетка является схемой замещения проводящего листа с идентичной площадью. Поэтому ветви схемы замещения одинаковы и содержат последовательно соединенные активные сопротивление и индуктивность. В схеме замещения емкостный элемент

отсутствует, так как токи смещения в проводящем листе в расчет не берутся.

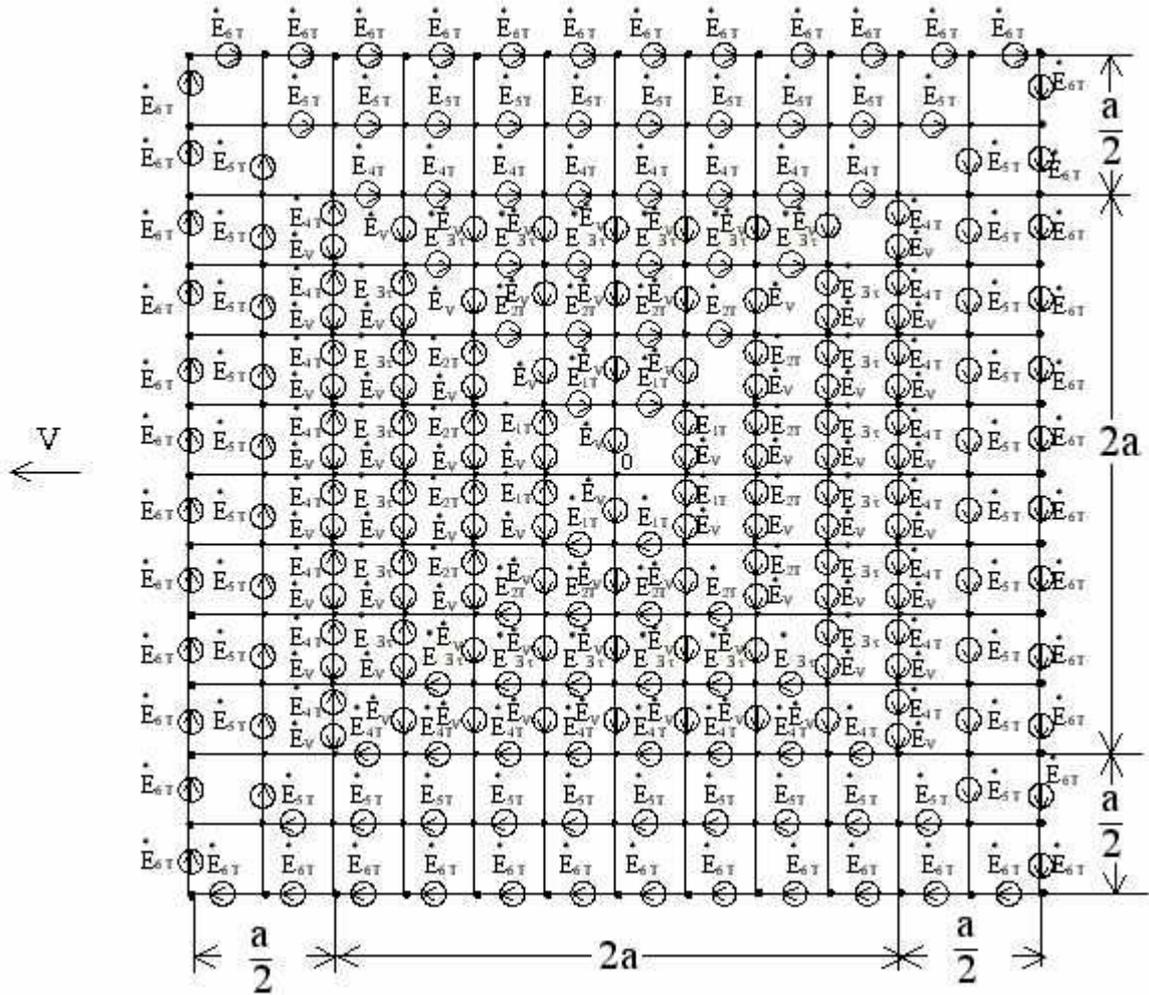


Рис. 2

Выбранная схема замещения обоснована экспериментально путем измерения вносимых сопротивлений эталонных образцов листов различной толщины. Осуществим расчет токов в ветвях сетки при $OM = ON = 3a$, $N_1 = N_2 = 12$, $h_x = h_y = [3a/12]$, при этом ветви сетки представлены как равные комплексные сопротивления.

В результате получим сетку, показанную на рис.2, которая состоит из 144 контуров. С целью упрощения схемы комплексные сопротивления ветвей не показаны. Приведенная сетка, кроме рабочей площади $2a \times 2a$, находящейся под полюсным наконечником преобразователя, содержит участок, со всех сторон расширенный на величину $[a/2]$. Это делается для уточнения контуров замыкания токов в проводящем листе при его движении со скоростью V .

Предполагается, что индукция под полюсным наконечником площадью $2a \times 2a$ однородна и изменяется по синусоидальному закону, а в расширенном участке отсутствует. Эти допущения делаются исходя из конструктивных особенностей электромагнитного преобразователя броневого конструкции [2].

При перемещении сетки, показанной на рис.2, со скоростью V происходит изменение потокосцепления и в сетке возникает два вида ЭДС: трансформаторная \dot{E}_T и движения \dot{E}_V . Для определения ЭДС трансформации воспользуемся уравнением электромагнитной индукции $\oint \vec{E} d\vec{l} = -[(d\Phi)/dt]$ Максвелла для шести замкнутых контуров с центром O (рис.2). Результаты расчетов приведены в таблице.

Номера контуров от центра О	1	2	3	4	5	6
ЭДС контуров	\dot{E}_{1T}	\dot{E}_{2T}	\dot{E}_{3T}	\dot{E}_{4T}	\dot{E}_{5T}	\dot{E}_{6T}
Величина ЭДС контура в относительных единицах	$1 - j1$	$4 - j4$	$9 - j9$	$16 - j16$	$16 - j16$	$16 - j16$
Величина ЭДС ветвей контура в относительных единицах	$0,125 - j0,125$	$0,25 - j0,25$	$0,375 - j0,375$	$0,5 - j0,5$	$0,4 - j0,4$	$0,333333 - j0,333333$

Направление ЭДС выбирается исходя из правила проходного винта. В ветвях сеток, находящихся под полюсными наконечниками (площадь $2a \times 2a$), поперечными направлению движения V , возникают ЭДС движения \dot{E}_V , в то время как в ветвях, продольных направлению движения, они не возникают. Так как длины ветвей сеток одинаковы, а магнитная индукция в рассматриваемом участке однородна, то \dot{E}_V этих ветвей равны между собой. Их направление выбирается на основании правила правой руки. Здесь принято $\dot{E}_V = 1$ в относительных единицах. При составлении схемы замещения сетки, показанной на рис.2, учтены направления \dot{E}_T и \dot{E}_V .

Определим токи в ветвях сетки на основании метода наложения.

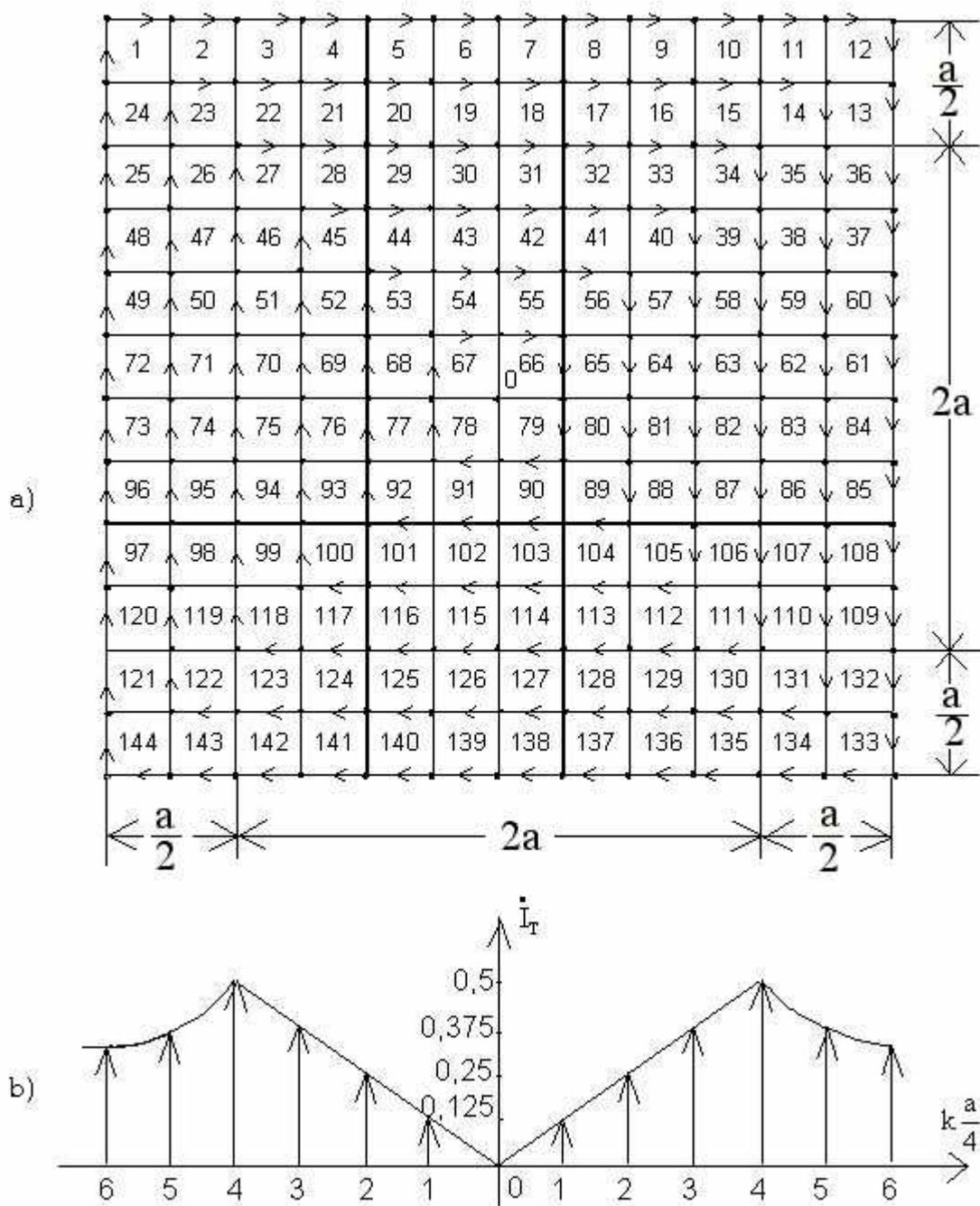


Рис. 3

Вначале найдем токи в ветвях сетки от ЭДС \dot{E}_T . Расчетную схему получим из рис. 2, учитывая, что $\dot{E}_V = 0$. Комплексные сопротивления отдельных ветвей сетки одинаковы и принимаются равными $Z_0 = r_0 + j\omega L_0 = 1 + j1$ относительных единиц.

Для полученной схемы из 144 контуров составлены уравнения по контурным токам. Совместное их решение позволило получить токи в ветвях и закономерности распределения токов трансформаторного составляющего \dot{I}_T контуров от центра к краям рассматриваемого участка $k[a/4]$ (где $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ номера контуров рис. 3а, в).

Теперь определим составляющие токов в ветвях сетки, обусловленные \dot{E}_V . Расчетную схему также получим из рис. 2, учитывая, что $\dot{E}_T = 0$. Комплексные сопротивления ветвей исходной схемы заменяются активными сопротивлениями и приняты равными $Z_0 = r_0 = 1$

относительных единиц.

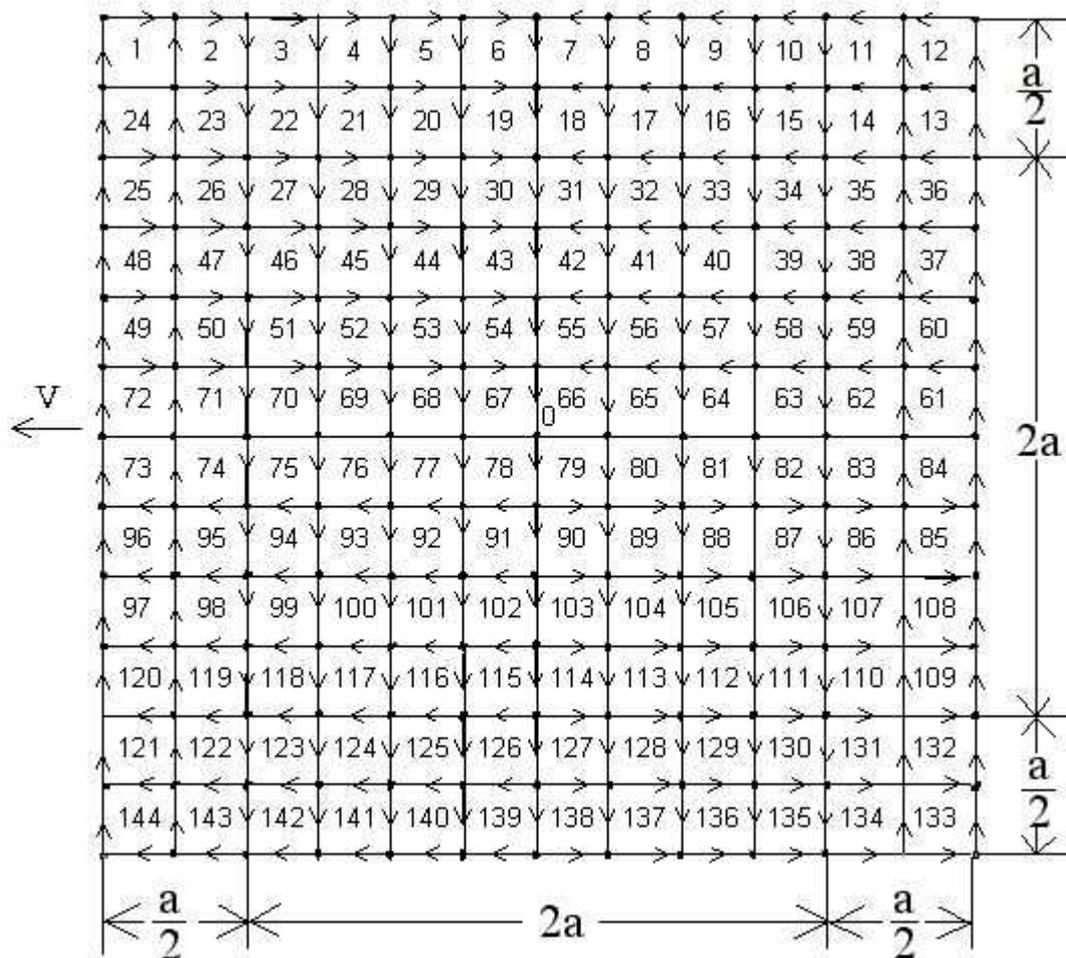


Рис. 4

Для полученной схемы из 144 контуров составлены уравнения по контурным токам. Совместное их решение позволило получить токи в ветвях, направления которых показаны на рис.4.

Определена магнитная индукция как для отдельных составляющих токов, так и для их алгебраической суммы. Установлена результирующая индукция в воздушном зазоре преобразователя.

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. Шимони К. Теоретическая электротехника. М. Мир. 1964. 773 с.
2. Патент РФ N 1249313 Нерсисиян В. Б. - Открытия. Изобретения. 1986. N 20.

Վ. Բ. Ներսիսյան

Շարժվող ոչ ֆեռոմագնիսական հաղորդիչ թիթեղում հոսանքների որոշումը ցանցերի մեթոդով

Հետազոտվում են էլեկտրամագնիսական ձևափոխիչի օդային բացակում որոշակի արագությամբ շարժվող ոչ ֆեռոմագնիսական հաղորդիչ թիթեղում առաջացած էլշու-ները և նրանցով պայմանավորված հոսանքները ցանցերի մեթոդով:

Ցանցերի առանձին ճյուղերում առաջացած հոսանքները որոշվել են համաձայն վերադրման սկզբունքի, որպես հանրահաշվական գումար թիթեղի շարժումի և տրանս-ֆորմատորային բաղադրիչ հոսանքների: Բերված են այդ հոսանքների փակման կոնտակտները ցանցերի ճյուղերում:

Ա. Յա. Մարգարյան

Կենտրոնախույս պոմպի գլխավոր բնութագրի հավասարումը

(Ներկայացված է ակադեմիկոս Ֆ.Տ. Մարգարյանի կողմից 27/VIII 2001)

Պոմպի բնութագրերը՝ $H - Q$, $\eta - Q$, $N - Q$, $H_v - Q$ տեսականորեն ստանալ հնարավոր չէ, քանի որ պոմպի մարմնում ու բանվորական անիվում առաջացող էներգիայի կորուստն ունի բարդ մեխանիզմ և նրա մեծությունը գնահատելը խիստ մոտավոր է: Սովորաբար պոմպերի բնութագրերը որոշվում են փորձարկման միջոցով արտադրող գործարանների կողմից էլքի՝ Q փոփոխման՝ համեմատաբար փոքր տիրույթի համար:

Պոմպի գլխավոր բնութագրի $H - Q$ հավասարման ամենատարածված տեսքը հետևյալն է՝

$$H = H_0 - SQ^m, \tag{1}$$

որտեղ H և H_0 , համապատասխանաբար, պոմպի զարգացրած ճնշումներն են $Q > 0$ և $Q = 0$ դեպքերում, S գլխավոր բնութագրի կորի անկումը բնորոշող հաստատունը: Նկատենք, որ այս մեծությունը շատ հեղինակներ անվանում են պոմպի հիդրավլիկական դիմադրություն, որը ստույգ չէ, բացառությամբ $\beta_2 = 90^\circ$ թիակով պոմպի, քանի որ նույնիսկ իդեալական պոմպի բնութագիրը վարընթաց ուղիղ գիծ է ($\beta_2 < 90^\circ$):

Վ.Գ. Իլյինը [1] առաջարկում է (1) հավասարման H_0 և S հաստատունները որոշել պոմպի գործարանային բնութագրի Q էլքի երաշխավորվող տիրույթի առաջին և երրորդ քառորդների ծայրային կետերի կոորդինատների միջոցով - m աստիճանացույցի մեծությունը ընդունել 1.84 կամ 2:

Պոմպի (1) հավասարումով մոտարկված գլխավոր բնութագիրը հնարավորություն է տալիս անալիտիկորեն բավարար ճշտությամբ որոշել բազմաազդեցատային պոմպակալանների բոլոր հնարավոր աշխատանքային ռեժիմների արտադրողականությունն ու ճնշումը, սակայն մեծ էլքերի դեպքում ստացվում է նկատելի սխալ:

Ընդհանուր առմամբ գոյություն ունի պոմպի աշխատանքի ութ ռեժիմ, այն է՝ երկու պոմպային, երկու տուրբինային և չորս արգելակային: Սրանցից մեկական ռեժիմ՝ պոմպայինը և տուրբինայինը համապատասխանում են ստացիոնար աշխատանքի, երբ լիսեռին առաջացող մոմենտը համընկնում է պտտման ուղղությանը [2,3]:

Հաճախ, մասնավորապես պոմպի արգելակային և տուրբինային ռեժիմների ուսումնասիրության համար, անհրաժեշտություն է առաջանում էլքի փոփոխման ավելի մեծ տիրույթի համար ունենալ պոմպի զարգացրած ճնշման մեծությունը: Այս նպատակով պոմպի գլխավոր բնութագիրը մոտարկենք

$$H = Mn^2 + NnQ - KQ^2 \tag{2}$$

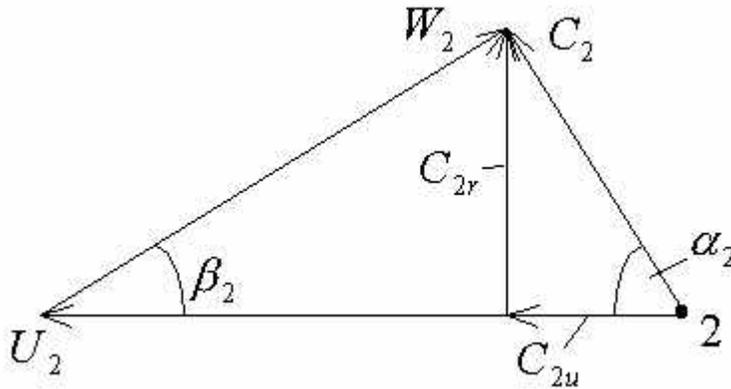
Ֆունկցիոնալ տեսքով [4], որտեղ n պտտման հաճախությունն է, M , N և K հաստատուններ են:

Ընդունելով ջրի մուտքը բանվորական անիվ ոչ հարվածային, գրենք կենտրոնախույս պոմպի հիմնական հավասարումը՝

$$H = \frac{U_2 C_{2u}}{g} - \zeta_1 \frac{C_{2u}^2}{2g} - \zeta_2 \frac{W_2^2}{2g}, \quad (3)$$

որտեղ U_2 և W_2 , համապատասխանաբար, տեղափոխական և հարաբերական շարժումների արագություններն են պոմպի թիակի ելքում, C_{2u} բացարձակ արագության շոշափող բաղադրիչը: (3) հավասարման աջ մասի 2-րդ և 3-րդ անդամները էներգիայի կորուստներն են, համապատասխանաբար, պոմպի խիունջաձև մարմնում և բանվորական անիվում: Արագությունների եռանկյունուց ունենք՝ (նկ.1)

$$C_{2u} = U_2 - C_{2r} \operatorname{ctg} \beta_2; \quad W_2 = C_{2r} \operatorname{cosec} \beta_2 : \quad (4)$$



Նկ. 1. Արագությունների եռանկյունին թիակի ելքի կետում

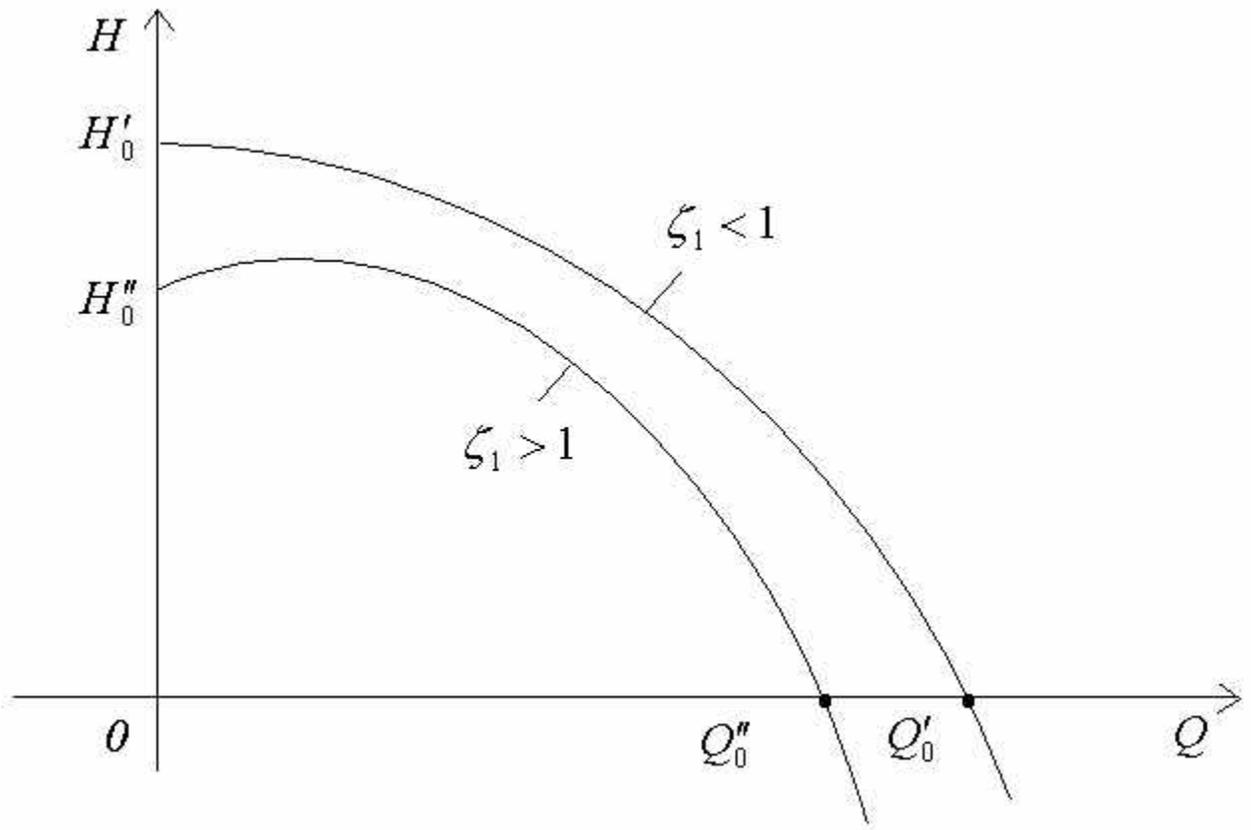
Տեղադրելով (3) մեծությունները (2) հավասարման մեջ, կստանանք՝

$$H = (2 - \zeta_1) \frac{U_2^2}{2g} + (\zeta_1 - 1) \operatorname{ctg} \beta_2 \frac{U_2 C_{2r}}{g} - (\zeta_1 \operatorname{ctg}^2 \beta_2 + \zeta_2 \operatorname{cosec}^2 \beta_2) \frac{C_{2r}^2}{2g} : \quad (5)$$

Նկատի ունենալով, որ $U_2 = \pi D n$ և $C_{2r} = Q/A$, որտեղ D անիվի տրամագիծն է, A անիվի ելքի կտրվածքի մակերեսը, կստանանք կենտրոնախույս պոմպի գլխավոր բնութագիրը (2) տեսքով, որտեղ M, N, K հաստատուններն են՝

$$M = (2 - \zeta_1) \frac{\pi^2 D^2}{2g}; \quad N = (\zeta_1 - 1) \operatorname{ctg} \beta_2 \frac{\pi D}{gA}; \quad K = \frac{\zeta_1 \operatorname{ctg}^2 \beta_2 + \zeta_2 \operatorname{cosec}^2 \beta_2}{2gA^2} \quad (6)$$

Քանի որ $M n^2$ անդամը պոմպի զարգացրած ճնշումն է զրոյական ելքի դեպքում, ապա $M > 0$, հետևաբար, $\zeta_1 < 2$ և, որովհետև $\beta_2 < 90^\circ$, ապա $K > 0$: N հաստատունի նշանը կախված է պոմպի մարմնի տեղական դիմադրության գործակցի մեծությունից, ըստ որում, երբ $\zeta_1 < 1$, ապա $N < 0$ և (3) պարաբոլի գագաթը գտնվում է օրդինատների առանցքի վրա, իսկ երբ $\zeta_1 > 1$, պարաբոլի գագաթը տեղափոխվում է դեպի աջ (նկ. 2):



Նկ. 2. Պոմպի գլխավոր բնութագիրը

Թող պոմպի զարգացրած ճնշումը զրոյական էլքի դեպքում լինի H_0 , այսինքն, $Mn^2 = H_0$: Համաձայն (6) նշանակումների, կստանանք՝

$$\zeta_1 = 2 - \frac{2gH_0}{U_2^2} = 2 - \frac{U_0^2}{U_2^2}, \quad (7)$$

որտեղ U_0 -ն H_0 ճնշման շիթային արագությունն է:

(7) բանաձևից հետևում է շատ կարևոր մի եզրակացություն. *նման պոմպերի մարմինների տեղական հիդրավլիկական կորուստների գործակիցները հավասար են:*

Ելքի այն արժեքը, որի դեպքում պոմպի զարգացրած ճնշումը դառնում է զրո, կորոշվի հետևյալ հավասարումից՝

$$KQ^2 - NnQ - Mn^2 = 0 \quad (8)$$

և կլինի՝

$$Q_0 = \frac{n}{2K} \left(N + \sqrt{N^2 + 4KM} \right), \quad (9)$$

կամ, նկատի ունենալով (6) նշանակումները՝

$$Q_0 = E\pi DnA, \quad (10)$$

որտեղ

$$E = \frac{\zeta_1 - 1 + \sqrt{(\zeta_1 - 1)^2 + \zeta_1 \cot^2 \beta_2 + \zeta_2 \cos^2 \beta_2}}{\zeta_1 \cot^2 \beta_2 + \zeta_2 \cos^2 \beta_2}.$$

Երբ պոմպով անցնող ելքը՝ $Q > Q_0$, ապա պոմպի զարգացրած ճնշումը դառնում է բացասական: Սա նշանակում է, որ էներգիայի կորուստները պոմպում գերազանցում են պոմպի զարգացրած ճնշման և պոմպի մարմնում վերականգնվող ճնշման գումարը: Բանվորական ռեժիմի կետը տեղափոխվում է $H - Q$ դաշտի 4-րդ քառորդը - պոմպը աշխատում է արգելակային ռեժիմով: Էներգետիկական առումով այս պայմաններում հեղուկի էներգիան պոմպի մուտքում ավելի մեծ է, քան ելքում:

Ակնհայտ է, որ հիդրավիկական ցանցում պոմպի ստացիոնար աշխատանքի պայմաններում արգելակային ռեժիմի ի հայտ գալը հնարավոր չէ: Ուրեմն, սովորական հիդրավիկական ցանցում պոմպի արգելակային ռեժիմի անցնելը կապված է ոչ ստացիոնար երևույթների հետ:

Երևանի ճարտարապետության և շինարարության պետական համալսարան

А. Я. Маркарян

Уравнение главной характеристики центробежного насоса

Для исследования стационарной и нестационарной работы центробежного насоса в гидравлической сети возникает необходимость аппроксимации главной характеристики насоса в виде квадратного трехчлена, в котором участвует частота вращения.

Доказано, что поведение главной характеристики в основном зависит от величины коэффициента гидравлического сопротивления спиральной камеры. Если $\xi_1 < 1$, насос развивает максимальный напор при закрытой задвижке, если же $\xi_1 > 1$, - при частично открытой задвижке.

Уравнение главной характеристики намного упрощает исследование тормозного и турбинного режимов работы насоса.

Գրականություն

1. *Ильин В.Г.* Расчет совместной работы насосов, водопроводных сетей и резервуаров. Киев. Госстройиздат. 1963. 136 с.
2. *Сурип А.А.* Гидравлический удар в водоводах и борьба с ним. М. Трансжелдориздат. 1946.
3. *Кривченко Г.И.* Насосы и гидротурбины. М. Энергия. 1970. 447 с.
4. *Фокс Д.А.* Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубопроводах. М. Энергоиздат. 1981. 247 с.

УДК 542.61+535.2+546.94+547.97+547.632

Н.О.Геокчян, А.А.Егиазарян, Дж.А.Микаелян, А.Г.Хачатрян

Экстракционно-абсорбциометрическое определение
микрограммовых количеств осмия (IV)
основным красителем фуксином

(Представлено академиком К.А.Костаняном 29/XI 2001)

Ранее органический основной краситель трифенилметанового ряда фуксин был применен для определения микрограммовых количеств золота [1] и платины [2]. Для определения микрограммовых количеств осмия (IV) экстракционно-абсорбциометрическим методом данный краситель используется впервые. Настоящая работа посвящена изучению взаимодействия осмия (IV) с фуксином и разработке экстракционно-абсорбциометрического метода определения микрограммовых количеств осмия в катализаторах.

Стандартный раствор осмия (IV) хлористоводородной кислоты $H_2[OsCl_6]$ готовили, как описано в литературе [3]. Водный раствор красителя - фуксина (0.05%) готовили растворением точной навески препарата красителя квалификации "для микроскопии" в дистиллированной воде. Исползованные в настоящей работе органические растворители квалификации "чда" и "хч" (дихлорэтан - квалификации "ч") дополнительной очистке не подвергались.

Кислотность водной фазы регулировали добавлением соответствующих количеств растворов соляной кислоты квалификации "хч" необходимой концентрации. Равновесные значения рН водной фазы контролировали при помощи рН-метра милливольтметра рН-121. Оптическую плотность водных растворов и органических экстрактов измеряли на спектрофотометре СФ-16.

Для проведения экстракции важен выбор растворителя. Нами установлено, что гексахлоросмиат (IV) образует с фуксином соединение, экстрагирующееся различными органическими растворителями и их бинарными смесями. Как выяснилось, наиболее эффективным экстрагентом, обеспечивающим максимальный полезный аналитический сигнал при минимальном фоновом сигнале, оказалась бинарная смесь дихлорэтан-четырёххлористый углерод в объемном соотношении 19:1. Объемное соотношение органической и водной фаз 1:2 (5.0 мл органической, 10 мл водной).

Были сняты спектры поглощения органических экстрактов ионных ассоциатов (ИА), "холостых" экстрактов, а также водных растворов красителя - фуксина. Максимум поглощения во всех случаях наблюдается при одной и той же длине волны - 545 нм, что дает основание считать образующееся в системе окрашенное соединение именно ионным ассоциатом.

Для установления оптимальных условий образования и экстракции гексахлоросмиата (IV) фуксина была изучена зависимость оптической плотности (ОП) органических экстрактов от кислотности водной фазы в интервале рН 4.0-1.0 и 0.5-1.0 М по соляной кислоте. ОП органических экстрактов максимальна при рН 2.0 по соляной кислоте.

Дальнейшие эксперименты проводили именно при этом значении кислотности водной фазы.

Во всем изученном интервале кислотности, как уже было указано выше, максимум на спектрах светопоглощения органических экстрактов наблюдается при длине волны 545 нм и совпадает с максимумами на спектрах экстрактов ИА и "холостых" экстрактов. Следовательно, экстрагирующей формой во всех случаях является одна и та же форма, и в области рН, и при более высокой кислотности водных фаз.

Установлено, что степень извлечения гексахлоросмиата фуксина в органическую фазу максимальна при добавлении в водную фазу 1.0-2.0 мл 0.05%-ного раствора реагента-красителя. Методом повторных экстракций показано, что для установления экстракционного равновесия достаточно однократной экстракции в течение одной минуты ($R = 97.7\%$).

ОП органических экстрактов неизменна в течение 50 мин.

В оптимальных для образования и экстракции ИА гексахлоросмиата фуксина (IV) была исследована зависимость $A = f(C_{Os})$ и установлено, что график этой зависимости прямолинеен в интервале содержаний осмия (IV) 2.6-27.8 мкг в 10 мл водной фазы. Из данных градуировочного графика рассчитано среднее значение кажущегося молярного коэффициента светопоглощения $\varepsilon(545) = 1.02 \cdot 10^5 \text{ моль}^{-1} \cdot \text{л} \cdot \text{см}^{-1}$.

Молярное соотношение компонентов в образующемся ИА было установлено методом прямой линии Асмуса [4]. Зависимость $1/V_R^n = f(b/A)$ прямолинейна только при $n = 2$, что позволяет утверждать, что хлоридный анионный комплекс осмия (IV) взаимодействует с фуксином в молярном соотношении 1:2 (здесь V_R - объем раствора красителя, A - оптическая плотность ИА, b - толщина поглощающего слоя).

В найденных оптимальных условиях было изучено влияние ряда сопутствующих и посторонних ионов на избирательность экстракции трехкомпонентного соединения осмия (IV) с фуксином. Определению 25.75 мкг Os в 10 мл водной фазы не мешают: $0.37 \cdot 10^3$ -кратные количества Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} ; $0.74 \cdot 10^3$ -кратные количества Mg^{2+} ; $0.74 \cdot 10^2$ -кратные количества Fe^{3+} ; $0.22 \cdot 10^4$ -кратные количества Al^{3+} ; из анионов - $0.37 \cdot 10^3$ -кратные количества CO_3^{2-} и $0.37 \cdot 10^3$ -кратные количества SO_4^{2-} . Определению осмия (IV) мешают соизмеримые количества хлоридных и бромидных анионных комплексов золота (III), палладия (II), платины (IV) и железа (III).

На основании полученных экспериментальных данных разработан экстракционно-абсорбциометрический метод определения осмия в катализаторах органического синтеза (осмий наносится на поверхность носителя - оксид алюминия).

Выполнение определения. Навеску тонкоизмельченного образца катализатора (0.1-0.5 г) переносят в коническую колбу емкостью 100-200 мл, смачивают 6-8 мл дистиллированной воды, добавляют 10-15 мл концентрированной соляной кислоты, приливают 15-20 капель концентрированной азотной кислоты, покрывают стеклянной воронкой. После прекращения бурной реакции раствор упаривают на водяной бане до влажных солей. Эту операцию повторяют еще два-три раза, добавляя по 10 мл 0.1 М соляной кислоты и 4-5 капель концентрированной азотной кислоты. Для денитрации содержимое колбы обрабатывают несколько раз в течение полутора суток порциями по 10-15 мл 0.1 М соляной кислоты при нагревании, упаривая каждый раз до минимального объема

примерно 5 мл. Денитрацию проводят только при помощи 0.1 М раствора соляной кислоты, упаривая раствор в последний раз до влажных солей. Снова добавляют в колбу 10-15 мл 0.1 М соляной кислоты и нагревают для растворения образовавшихся солей. Отфильтровывают раствор в мерную колбу объемом 100 мл и добавляют 0.1 М раствор соляной кислоты до метки.

Для определения осмия к аликвотной части раствора, полученного после обработки навески катализатора, помещенной в делительную воронку, добавляют определенное количество стандартного раствора осмия, 1.8 мл 0.05%-ного раствора фуксина и доводят объем до 10 мл при помощи раствора соляной кислоты с рН 2.0. Добавляют 5 мл смеси дихлорэтана и четыреххлористого углерода (19:1) и встряхивают в течение одной минуты.

После разделения фаз измеряют ОП органического экстракта на спектрофотометре СФ-16 при длине волны 545 нм.

Содержание осмия (IV) в исследуемом образце катализатора рассчитывают из данных градуировочного графика по методу добавок.

Полученные данные приведены в таблице.

**Экстракционно-абсорбциометрическое определение осмия
в катализаторах при помощи фуксина
(оптимальные условия см. в тексте)**

$$m = 0.5 \text{ г}; n = 5; P = 0.95; t_{\alpha} = 2.78; \lambda = 545 \text{ нм}$$

Содержание осмия, мкг		$S = \sqrt{\sum(A_1 - A)^2 / (n - 1)}$	Коэффициент вариации	Доверительный интервал
Введено	Найдено			
A	\bar{A}			
0.430	0.445	0.0112	2.52	$\bar{A} \pm t_{\alpha} \cdot S / \sqrt{n}$
0.445				
0.440				
0.450				
0.460				

Ереванский государственный университет

Литература

1. *Тараян В.М., Микаелян Дж.А.* - Арм. хим. ж. 1969. Т. 22. N 4. С. 369-370.
2. *Овсепян Е.Н., Чан Ким Тьен* - Межвуз. сб. науч. трудов. Химия и химическая технология. Изд-во ЕГУ. 1985. N 3. С.76-79.
3. *Гинзбург С.И., Езерская Н.А., Прокофьева И.Е., Феодоренко В.И., Шленская Н.К., Бельский Н.К.* Аналитическая химия платиновых металлов. М. Наука. 1972. 32 с.
4. *Булатов М.И., Калинин И.П.* Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа. Л. Химия. 1976. 219 с.

Ն.Օ.Գյուկչյան, Ա.Ա.Եղիազարյան, Ջ.Ա.Միքաելյան, Հ.Գ.Խաչատրյան

**Օսմիումի (IV) միկրոգրամային քանակների որոշումը
տրիֆենիլմեթանային շարքի ներկանյութ ֆուքսինով
էքստրակցիոն-աբսորբցիոմետրական եղանակով**

Աղաթթվային միջավայրից ֆուքսինով հեքսաքլորօսմիատը (IV) լուծահանելու համար առավել արդյունավետ էքստրագենտ է հանդիսանում (19:1) դիքլորեթան-տետրաքլորադիսաժին բինար խառնուրդը, որն ապահովում է իոնական ասոցիատի օրգանական էքստրակտների օպտիկական խտության առավել բարձր, իսկ «կույր» էքստրակտների օպտիկական խտության՝ նվազագույն արժեքներ:

Լուսակլանման սպեկտրում մաքսիմումը դիտվում է 545 նմ ալիքի տակ:

Ջրային ֆազի օպտիմալ թթվության տիրույթն է՝ pH 2.0 ըստ աղաթթվի: Ֆուքսինի օպտիմալ կոնցենտրացիան ապահովվում է (1.0-2.0) մլ 0.05%-ց լուծույթի ավելացմամբ:

Կորզման աստիճանը $R = 97.7\%$: Իոնական ասոցիատը կայուն է 50 րոպե:

Օսմիումի (IV) որոշվող կոնցենտրացիաների սահմաններն են՝ 2.6-27.8 մկգ ջրային ֆազի 10 մլիլիտրում: Լուսակլանման թվացող մոլային գործակիցը $\varepsilon(545) = 1.0 \cdot 10^5$ մոլ⁻¹·լ·սմ⁻¹:

Փոխազդող բաղադրամասերի մոլային հարաբերությունը գոյացող իոնական ասոցիատում 1:2 է:

Ուսումնասիրվել է օսմիումին (IV) ուղեկցող և խանգարող մի շարք իոնների ազդեցությունը ֆուքսինով նրա լուծահանման գործընթացի վրա: Որոշմանը խանգարում են Au(III), Fe(III), Pt(IV) - Pd(II) իոնները:

Մշակվել է կատալիզատորներում Al_2O_3 կրողի վրա ֆուքսինով օսմիումի որոշման էքստրակցիոն-աբսորբցիոմետրական եղանակ:

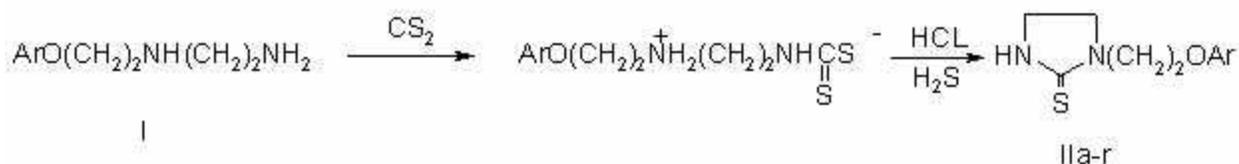
УДК 542.91+632.938

Академик В.В.Довлатян, Ф.В.Аветисян, Т.З.Папоян,
Т.Л.Джаванширян

Арилоксиэтилимидазолидин (тиазолин) тионы

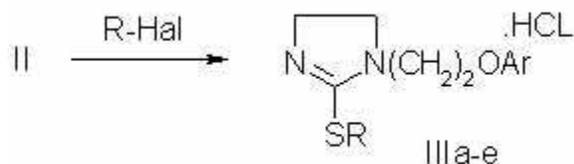
(Представлено 16/X 2001)

В продолжение поисков новых пестицидов в ряду соединений, содержащих арилоксиэтильные группы [1], в настоящей работе показано, что под действием сероуглерода на ранее полученные N-арилоксиэтиламиноэтиламинами I [2] в мольном соотношении 1:1 и последующей обработкой промежуточно образующихся при этом внутренних солей типа бетаина соляной кислотой получены арилоксиэтилимидазолидинтионы II а-г.



II а-г : Ar = C₆H₅ (а), о-СН₃С₆Н₄ (б), м-СН₃С₆Н₄ (в), п-СН₃С₆Н₄ (г)

Соединения II, являясь производными тиомочевины, под действием галогенопроизводных превращаются в соли тиурония IIIа-е.



IIIа-в : Ar = C₆H₅ (а), м-СН₃С₆Н₄ (б), п-СН₃С₆Н₄ (в); R = СН₂С₆Н₅ (а-в)

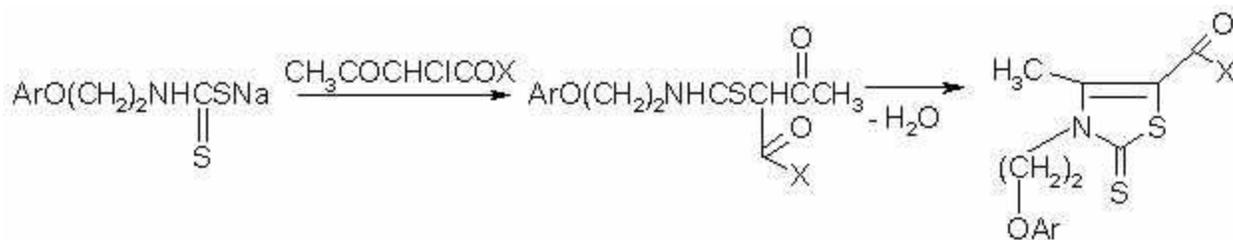
IIIг : Ar=о-СН₃С₆Н₄, R= СН-СООС₂Н₅



IIIд-е : Ar = C₆H₅ (д), м-СН₃С₆Н₄ (е), R=SO₂С₆Н₄NHAc-п (д-е)

При синтезе тиазолиновых аналогов с применением ранее разработанного метода [3] найдено, что арилоксиэтилдитиокарбаматы натрия, реагируя с α-хлорацетоуксусным эфиром и анилидом, превращаются в α-замещенные производные IV, которые при нагревании в толуоле в присутствии каталитических количеств п-толуолсульфокислоты подвергаются

внутримолекулярной дегидратации с образованием арилоксиэтилпроизводных тиазолинтионов V.



IVa–в, V a–в : Ar = C₆H₅ (а), п-CH₃C₆H₄ (б), Cl₂C₆H₃ (в), X = OC₂H₅ (а–в)

IVr–е, Vr–е : Ar = CH₂C₆H₅ (г), Cl₂C₆H₃ (д), C₆H₅ (е), X = NHC₆H₅ (r–е)

IVж, Vж : Ar = CH₂C₆H₅, X = OC₂H₅

ПМР спектры сняты на приборе "Varian T-60" (табл. 5). Чистота полученных веществ определена методом ТСХ на пластинке "Silufol".

1-(2'-Феноксиэтил)-2-тиоксоимидазолидин-1,3 /IIa/. 1.8 г (0.01 моля) β-феноксиэтилэтилендиамина, растворенного в смеси 2 мл этилового спирта и 2 мл воды, нагревают 2 ч при 60°C, затем при кипячении добавляют 0.07 мл HCl и продолжают нагревание в течение 8-9 ч. На следующий день выпавший осадок отфильтровывают и промывают ацетоном. Получают 1.6 г IIa.

1-(2'-о-Толилоксиэтил)-2-тиоксоимидазолидин-1,3 /IIб/, 1-(2'-м-толилоксиэтил)-2-тиоксоимидазолидин-1,3 /IIв/, 1-(2'-п-толилоксиэтил)-2-тиоксоимидазолидин-1,3 /IIг/ получены аналогично IIa (табл. 1).

Гидрохлорид 1-(2'-феноксиэтил)-2-бензилтиоимидазолин-1,3 /IIIa/. 0.22 г (0.001 моля) IIa и 0.14г (0.0011 моля) бензилхлорида смешивают в среде пропанола и смесь нагревают 6 ч при 95°C. После удаления растворителя получают 0.37 г IIIa.

Гидрохлориды 1-(2'-м-толилоксиэтил)-2-бензилтиоимидазолина-1,3 /IIIб/, 1-(2'-п-толилоксиэтил)-2-бензилтиоимидазолина-1,3 /IIIв/, этилового эфира 1-(2'-о-толилоксиэтил)имидазолин-2-ацетоксусной кислоты /IIIг/, 1-(2'-феноксиэтил)-2-п-ацетиламинобензолсульфонилтиоимидазолина-1,3 /IIIд/, 1-(2'-м-толилоксиэтил)-2-ацетиламинобензолсульфонилтиоимидазолина-1,3 /IIIе/ получены аналогично IIIa (табл. 2).

Этиловый эфир α-N-феноксиэтилдитиокарбамоилацетоксусной кислоты /IVa/. 2.25 г (0.01 моля) феноксиэтилдитиокарбамата натрия растворяют в 7 мл воды и при охлаждении льдом добавляют 1.6 г (0.01 моля) этилового эфира хлорацетоксусной кислоты. Смесь перемешивают 4 ч, на следующий день добавляют 20 мл воды, перемешивают и осадок отфильтровывают. Получают 3 г IVa.

Этиловые эфиры α-N-п-толилоксиэтилдитиокарбамоилацетоксусной

Таблица 1

Соединение	Выход, %	Т.пл.,°C	Найдено, %		Брутто формула	Вычислено, %	
			N	S		N	S
II а	72	116-118	12.47	13.94	$C_{11}H_{14}N_2OS$	12.61	14.41
II б	70	108-109	11.75	13.01	$C_{12}H_{17}N_2OS$	11.81	13.50
II в	70	147-148	11.65	23.97	$C_{12}H_{17}N_2OS$	11.81	13.50
II г	76	175-177	11.53	12.99	$C_{12}H_{17}N_2OS$	11.81	13.50

Таблица 2

Соединение	Выход, %	Т.пл.,°C	Найдено, % Cl	Брутто формула	Вычислено, % Cl
III а	97	70-72	10.46	$C_{18}H_{21}N_2OCIS$	10.19
III б	94	80-82	10.06	$C_{19}H_{23}N_2OCIS$	9.79
III в	86	98-100	9.85	$C_{19}H_{23}N_2OCIS$	9.79
III г	100	68-70	8.81	$C_{18}H_{25}N_2O_4CIS$	8.86
III д	86	220-222	7.75	$C_{19}H_{22}N_3O_4CIS_2$	7.79
III е	80	218-220	7.50	$C_{20}H_{24}N_3O_4CIS_2$	7.56

Таблица 3

Соединение	Выход, %	Т.пл.,°C	Найдено, %		Брутто формула	Вычислено, %	
			N	S		N	S
IV а	95	96-98	4.08	19.27	$C_{15}H_{19}NO_4S_2$	4.10	18.77
IV б	90	61-62	4.17	17.65	$C_{16}H_{21}NO_4S_2$	3.94	18.03

IV в	60	90-91	3.65	15.95	$C_{15}H_{17}NO_4Cl_2S_2$	3.41	15.61
IV г	95	108-109	7.00	16.07	$C_{20}H_{22}N_2O_3S_2$	6.96	15.92
IV д	65	84-85	5.97	13.85	$C_{19}H_{18}N_2O_3Cl_2S_2$	6.13	14.00
IV е	90	90-92	6.91	16.90	$C_{19}H_{20}N_2O_3S_2$	7.22	16.49

Таблица 4

Соединение	Выход, %	Т.пл., °С	Найдено, %		Брутто формула	Вычислено, %	
			N	S		N	S
V а	85	73-74	4.31	19.33	$C_{15}H_{17}NO_3S_2$	4.33	19.81
V е	60	98-100	7.33	17.75	$C_{19}H_{18}N_2O_2S_2$	7.56	17.29
V ж	65	64-65	4.35	18.64	$C_{16}H_{19}NO_3S_2$	4.15	18.99

Таблица 5

Соединение	Спектр ПМР, б.м.д. (ДМСО)
II а	3,5т(2H,5-CH ₂), 3.82т(2H,4-CH ₂), 3.85т(2H,6-CH ₂); 4.18т(2H,7-CH ₂); 6.85-7.28м(5H,Ph); 8.1с(1H,NH)
III б	2,30с(3H,CH ₃); 3.88т(2H,6-CH ₂), 3.92т(2H,5-CH ₂), 4,05т(2H,4-CH ₂), 4,12т(2H,7-CH ₂), 4,90с(2H,S-CH ₂); 6.6-7.55м(9H,Ar); 12.0с
IV а	1.3т(3H,CH ₃ CH ₂), 1,8с(3H,COCH ₃), 3,85-44,15м(6H,OCH ₂ CH ₂ N и CH ₂ CH ₃) 4,45с(1H,SCH), 6,85-7,28 (5H,Ph); 7.66т(1H,NH)
V е	2.73с(3H,CH ₃), 4,36т(2H,6-CH ₂), 4,62т(2H,7-CH ₂), 6,85-7,65м(10H,Ar) 9.90с(1H, NH)

кислоты /IVб/, α -N-2,4-дихлорфеноксиэтилдитиокарбамоилацетоуксусной
кислоты /IVв/, амиды α -N-бензилоксиэтилдитиокарбамоилацетоуксусной
кислоты /IVг/, α -N-2,4-дихлорфеноксиэтилдитиокарбамоилацетоуксусной
кислоты /IVд/, α -N-феноксиэтилдитиокарбамоилацетоуксусной кислоты
/IVе/ получены аналогично IVа (табл. 3).

Этиловый эфир 2-тиоксо-3-(2'-феноксиэтил)-4-метилтиазолин-5-карбоновой кислоты /Va/.
К 1.7 г (0.05 моля) IVа добавляют 8 мл толуола и несколько кристалликов п-

толуолсульфокислоты и нагревают на масляной бане в течение 5 ч при температуре 120–125°C. Толуол удаляют, остаток обрабатывают водой и отфильтровывают. Получают 1.2 г Va.

Анирид 2-тиоксо-3-(2'-феноксиптил)-4-метилтиазолин-5-карбоновой кислоты /Ve/ и этиловый эфир 2-тиоксо-3-(2'-бензилоксиэтил)-4-метилтиазолин-5-карбоновой кислоты /Vж/ получены аналогично Va (табл. 4). Исходный этиловый эфир α -N-бензилоксиэтилдитиокарбамоилацетоксусной кислоты IVж получен в виде густой маслянистой массы и без его выделения подвергнут внутримолекулярной циклизации.

Армянская сельскохозяйственная академия

Литература

1. Довлатян В.В., Аветисян Ф.В., Папоян Т.З., Джаванширян Т.Л., Енгоян А.П. - ДНАН Армении. 2001. Т.101 N 2. С. 146-149.
2. ԷԺ Յնն՝ՅՅ.Տն N 676, Յն՝ յ»ժ. N 4, 1999Ա.
3. Довлатян В.В., Аветисян Ф.В., Атарян О.О., Геворкян Р.А., Киноян Ф.С., Мецбурян Дж.А. - Арм. хим. ж. 1999. Т. 52. N 1-2. С.113.

Ակադեմիկոս Վ.Վ. Դովլաթյան, Ֆ.Վ. Ավետիսյան, Տ.Ջ. Պապոյան,
Թ.Լ. Ջավանշիրյան

Արիլօքսիէթիլիմիդազոլիդին (թիազոլին) թիոններ

N-Արիլօքսիէթիլամինաէթիլամինները ծծմբաջրածնի ազդեցությամբ առաջացնում են արիլօքսիէթիլիմիդազոլիդինթիոններ, որոնք հալոգենաձանցյալների ազդեցությամբ փոխարկվում են թիուրոնիումային աղերի, իսկ թիազոլինթիոնների արիլօքսիաձանցյալները ստացվում են նատրիումի արիլօքսիէթիլիթիոկարբամատների - α -քլորացետոքացախաթթվի եթերի (անիլիդի) փոխազդեցության արգասիքների ներմուլեկուլային դեհիդրատացմամբ:

УДК 577.125:577.151

Академик М. А. Давтян, Л. А. Навасардян, С. В. Марутян, А. З. Пепоян

Некоторые особенности выживаемости дрожжей *Candida guilliermondii* НП-4

(Представлено 5/V 2001)

Самыми характерными проявлениями общей реакции дрожжевых клеток на облучение являются нарушения клеточного деления, атипичные клеточные формы и колонии. В многочисленных исследованиях показано, что при облучении достаточно высокими дозами клетки, теряя способность к делению, остаются жизнеспособными с физиологической точки зрения и обладают способностью синтеза общих клеточных компонентов [1], однако имеется и другая точка зрения.

Целью настоящего исследования являлось выявление особенностей выживаемости дрожжей *Candida guilliermondii* НП-4 при их облучении рентгеновскими лучами.

Дрожжевые клетки выращивались на 2%-ном сусло-агаре, затем в жидкой питательной среде [2] и были подвергнуты облучению на рентгеновской установке Дрон-3 в интервале доз $0.86 \div 108 \text{ кР}$ при $\lambda = 0.71 \text{ \AA}$.

Выживаемость дрожжей регистрировалась после 24-часовой инкубации при 30°C . Количество биомассы определялось колориметрическим путем (ФЭК КФК-2МП, $\lambda = 590 \text{ нм}$).

Сравнительное исследование динамики роста и колониеобразования дрожжей, облученных 54 кР дозой ($U = 35 \text{ кВ}$, $I = 15 \text{ мА}$, время экспозиции-30 мин), проводилось в течение первых 24 ч пострадиационной инкубации. Кинетические параметры роста определялись путем ежечасного измерения оптической плотности культуральной жидкости облученных и необлученных дрожжей. Количество выживших дрожжевых клеток определялось путем титрования на чашках Петри со средой 2%-ного сусло-агара. Был учтен также эффект "дораствания".

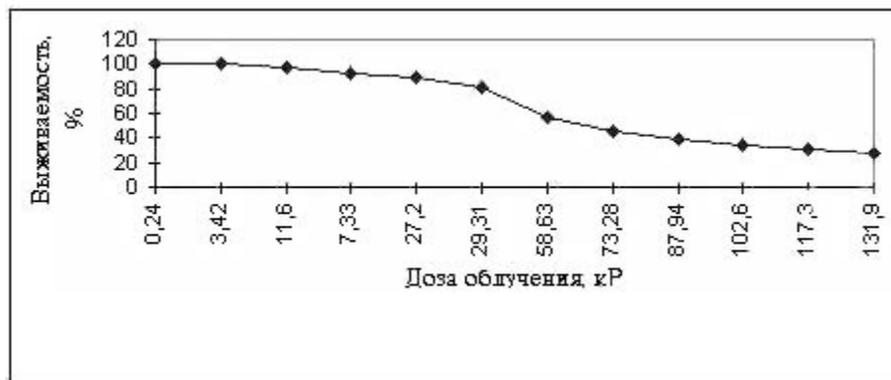


Рис.1. Зависимость выживаемости дрожжей *C. guilliermondii* НП-4 от дозы облучения

Как свидетельствуют данные (рис.1), дрожжевые клетки *S.guilliermondii* НП-4 характеризуются сигмоидной кривой выживаемости. Этот факт можно объяснить тем обстоятельством, что клеточная популяция гетерогенна по радиочувствительности и распределение признака радиочувствительности в популяции близко к нормальному. Однако такое объяснение больше применимо для кривых смертности млекопитающих.

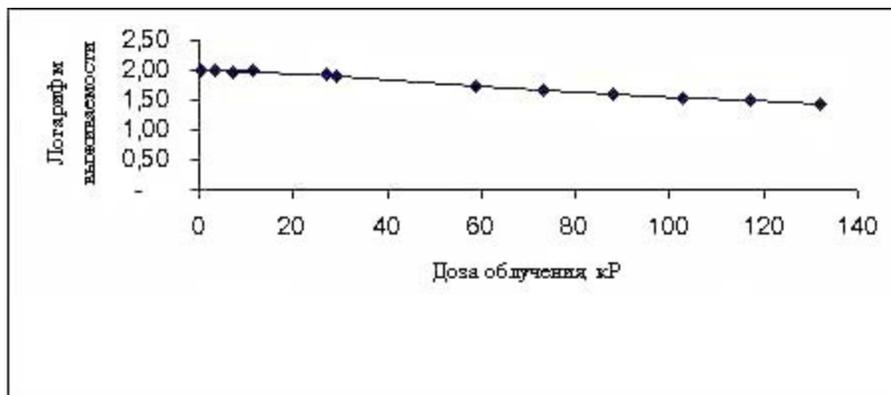


Рис.2. Зависимость выживаемости дрожжей *S.guilliermondii* НП-4 от дозы облучения (полулог. масштаб)

Известно, что для большинства грибов кривая зависимости выживаемости от дозы облучения имеет сигмоидную форму. Для некоторых дрожжей наблюдаются одноударные кривые выживаемости, поэтому сделано предположение, что наличие у других видов дрожжей сигмоидных кривых выживаемости является свидетельством того, что эти клетки или многоядерные, или полиплоидны, причем каждое ядро или каждый геном повреждается одним ударом. Для таких клеток экстраполяционное число совпадает с количеством ударов, однако не совпадает с плоидностью, хотя с увеличением плоидности оно закономерно растет. Этот факт говорит о том, что при облучении полиплоидных клеток происходит не повреждение разных геномов как единиц, а, по-видимому, имеют место доминантные летали [1] или идентичные летальные повреждения [3].

Расчеты полученных нами данных и их графический анализ (рис.2) показали, что экстраполяционное число для дрожжей *S.guilliermondii* НП-4, подвергнутых рентгеновскому облучению, составляет $n = 2$. Таким образом, можно утверждать, что исследованные дрожжевые клетки являются двухядерными.

Сигмоидные кривые выживаемости наблюдаются также в случаях, когда клетки не обладают многими чувствительными участками, а действует механизм восстановления повреждений, возникших под влиянием облучения.

Анализ кривой выживаемости дрожжей *S.guilliermondii* НП-4 показал, что LD_{50} для этих клеток составляет 72 кР. Из литературных данных известно, что LD_{50} для близкородственных им дрожжей *S.cerevisiae* составляет 30кР. Полученные нами данные свидетельствуют (табл.1), что дрожжевые клетки *S.guilliermondii* НП-4 примерно в 2,5 раза радиостабильнее по отношению к клеткам *S.cerevisiae*. Такую высокую радиостабильность можно объяснить наличием в ядрах клеток довольно эффективного механизма восстановления молекулы ДНК,

а также наличием у клеток рода *Candida* довольно прочной клеточной стенки, состоящей из белково-углеводного комплекса, экранированием рентгеновских лучей, особенностями радикал-тушителей.

Таблица 1

Кинетические параметры роста дрожжей *S.guilliermondii* НП-4

Фазы роста	Облучение клетки		Необлученные клетки	
	μ	t_1	μ	t_1
Ранняя логарифмическая фаза	0.23±0.03	3	0.39±0.03	1.78
Поздняя логарифмическая фаза	0.37±0.03	1.87	0.55±0.03	1.26

Примечания. - μ - удельная скорость роста клеток; t_1 - время удвоения клеток, ч.

Возможно также, что радиозащитную роль играют гистоновые белки, сами являющиеся тушителями свободных радикалов.

Как видно из рис.3, протяженность lag- фазы роста облученных дрожжей составляет 8 ч, что на 2 ч дольше по сравнению с необлученными клетками. В конце lag-фазы, адаптируясь к условиям среды, как необлученные, так и облученные клетки начинают интенсивно делиться и фактически переходят к логарифмической (log) фазе роста. Протяженность log-фазы как у облученных, так и необлученных дрожжей составляет примерно 12 ч, но начало log-фазы у облученных дрожжей задерживается на 2 ч по сравнению с необлученными клетками. Такую задержку можно объяснить генетическими сдвигами в облученных клетках, вследствие которых нарушается клеточный цикл, в частности задерживается фаза митоза. В результате этого наблюдается падение митотической активности. Причиной задержки митоза может быть задержка перехода клеток к G_2 фазе клеточного цикла, или, как она называется в литературе, блок G_2 . Этот блок характеризуется тем, что облученные клетки переходят к профазе с нормальной скоростью и накапливаются в этой фазе: дальнейшее деление клетки задерживается.

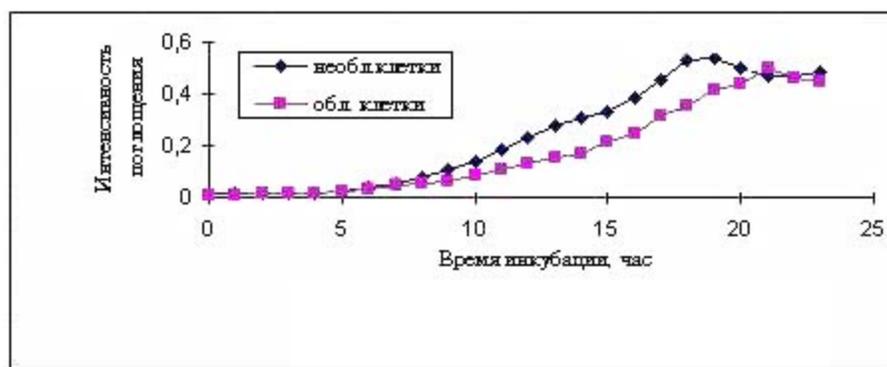


Рис.3. Динамика роста дрожжей *S.guilliermondii* НП-4

Причиной задержки могут быть также хромосомные aberrации, возникающие в клетках под влиянием облучения; деспирализация хромосом и превращение их в интерфазные, вследствие чего клетки из профазы "возвращаются" к интерфазе; нарушения синтеза белков, участвующих в митозе, особенно в синтезе центриолов [4].

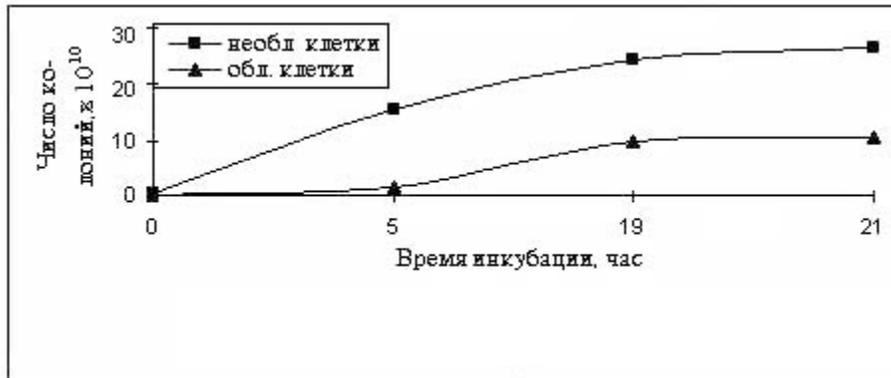


Рис.4. Способность колоннеобразования дрожжей *S.guilliermondii* НП-4

В течение первых нескольких часов после облучения, благодаря работе репарационной системы клетки, восстанавливается часть повреждений, и клеточная популяция переходит в log-фазу роста.

Стационарная фаза роста у облученных дрожжей устанавливается опять с 2-часовой задержкой, хотя с приближением к стационарной фазе роста различия в количествах биомассы между облученными и необлученными клетками практически исчезают.

С целью сравнительного исследования кинетических параметров роста дрожжевых клеток определен коэффициент удельного роста (μ) в разных фазах пострадиационной инкубации (табл.1). Как свидетельствуют полученные данные, коэффициент удельного роста в ранней log-фазе составляет 0.39 ± 0.03 для необлученных и 0.23 ± 0.03 для облученных клеток. В поздней log-фазе коэффициент μ приобретает значения 0.55 ± 0.02 и 0.37 ± 0.03 соответственно для необлученных и облученных клеток. Таким образом, как в ранней, так и поздней log-фазах коэффициент удельного роста для облученных дрожжей меньше по сравнению с необлученными клетками, причем разность почти одинакова - $\Delta\mu = 0.16$ и 0.18 соответственно. Определены также значения времени удвоения биомассы в разных фазах роста. Для необлученных клеток в ранней log-фазе оно составляет 1.78 ч, а в поздней - 1.26 ч. Облученные клетки по этому параметру также уступают необлученным клеткам: в ранней log-фазе время удвоения составляет 3 ч, а в поздней - 1.87 ч.

**Выживаемость дрожжей *S.guilliermondii* НП-4 в разных фазах
пострадиационного роста**

Фазы роста	Облучение клетки		Необлученные клетки	
	Число колоний	Показания ФЭК	Число колоний	Показания ФЭК
Начальная точка	0.6×10	0.017	0.4×10	0.021
Ранняя логарифмическая фаза	0.4×10	0.021	0.13×10	0.026
Поздняя логарифмическая фаза	0.10×10	0.039	0.27×10	0.041
Стационарная фаза	0.10×10	0.040	0.28×10	0.042

Примечания. - показания ФЭК сняты после разбавления раствора в 10^{10} раз

Данные, полученные при исследовании темпов колониеобразования у дрожжей *S.guilliermondii* НП-4 (рис.4), подтверждают результаты исследования динамики роста необлученных и облученных клеток. Как видно из графика, в случае облученных клеток имеет место падение темпов роста по сравнению с необлученными. Соответствующие количественные данные, приведенные в табл.2, свидетельствуют, что во всех фазах пострадиационной инкубации наблюдаются различия в темпах роста необлученных и облученных дрожжей. Так, для необлученных клеток в ранней log-фазе наблюдается увеличение числа колоний примерно в 300 раз, а для облученных клеток - всего в 7 раз. В поздней log-фазе для необлученных клеток наблюдается удвоение числа колоний, а в случае облученных клеток число колоний увеличивается примерно в 25 раз. В стационарной фазе роста не наблюдается значительного изменения числа колоний в обоих вариантах клеток. Таким образом, по сравнению с начальной точкой в стационарной фазе роста имеет место увеличение числа колоний примерно в 700 раз для необлученных и в 170 раз для облученных клеток.

Обобщая полученные нами данные по колониеобразованию, можно предположить, что у необлученных дрожжей интенсивный рост наблюдается в ранней log-фазе роста. Для облученных клеток в этой фазе наблюдается падение темпов роста, а более интенсивный рост наблюдается в поздней log-фазе. Эти данные подтверждают наблюдаемую нами в динамике роста облученных дрожжей картину 2-часовой задержки log и стационарной фаз. Одновременно из данных табл.2 явствует, что темпы накопления биомассы вместе с ростом числа колоний закономерно увеличиваются (примерно в 3 раза). Однако в стационарной фазе роста не наблюдается значительных различий в отношении количества биомассы необлученных и облученных дрожжей. Это можно объяснить наличием небольшого количества бурно растущих клеток или образованием гигантских клеток в популяции облученных дрожжей.

Таким образом, исследования по выживаемости дрожжевых клеток рода *Candida*, подвергнутых рентгеновскому облучению, показали, что у дрожжей *C.guilliermondii* НП-4 под влиянием рентгеновского облучения наблюдается падение выживаемости по сигмоидной кривой, что не характерно для низших эукариот. Одной из причин этого может быть принадлежность исследованных дрожжей к числу многоядерных организмов. Предполагается, что под влиянием рентгеновского облучения в ДНК происходят однонитевые разрывы, которые в процессе пострадиационной инкубации превращаются в двунитевые разрывы вследствие так называемой "неправильной репарации" [5]. Участок падения на кривых выживаемости соответствует периоду максимального проявления разрывов, когда выживаемость клеток должна быть наименьшая. Дальнейшая инкубация поврежденных клеток, по-видимому, протекает с репарацией ДНК, вследствие чего темпы роста биомассы постепенно увеличиваются и примерно к 20-му ч доходят до таковых у необлученных клеток. Одновременно постепенно восстанавливается способность колониеобразования. Однако в этом случае даже после 20-часовой инкубации облученные клетки по способности колониеобразования примерно в 3 раза уступают необлученным. Возможно, что после облучения в результате репарации ДНК возникает небольшое количество клеток, образующих колонии, которые отличаются бурным ростом. Возможно также, что высокое значение количества биомассы у облученных дрожжей в конце инкубации является не результатом интенсивного роста клеток, а следствием образования гигантских клеток.

Ереванский государственный университет
Институт молекулярной биологии НАН РА

Литература

1. *Захаров И. А., Кривийский А. С.* Радиационная генетика микроорганизмов. М. Атомиздат. 1972. 109 с.
2. *Навасардян Л. А., Марутян С. В., Давтян М. А.* - Депонированные научные работы РА. 1995. №3. С. 24.
3. *Корогодин В. И.* - Радиационная биология, радиоэкология. 1999. Т. 39. №6. С. 597-604.
4. *Окада Ш.* Радиационная биохимия клетки. М. Мир. 1974.
5. *Глазунов А. В.* - Радиобиология. 1990. Т. 30. С. 3-16.

Ակադեմիկոս Մ. Ա. Դավթյան, Լ. Հ. Նավասարդյան, Ս. Վ. Մարություն,
Ա. Ջ. Փեփոյան

Candida guilliermondii ՀԻՊ-4 խմորասնկային բջիջների կենսունակության որոշ
առանձնահատկությունները

Առաջին անգամ ուսումնասիրվել է *Candida* ցեղի խմորասնկերի կենսունակության հարցը ռենտգենյան ճառագայթման ազդեցության դեպքում: Ցույց է տրվել, որ *Candida guilliermondii* ՀԻՊ-4 խմորասնկերի մոտ ռենտգենյան ճառագայթման ազդեցությամբ դիտվում է կենսունակության անկում, որը արտահայտվում է ստորակարգ էուկարիոտ օրգանիզմներին ոչ բնորոշ սիգմոիդ կորագծով: Ենթադրվում է, որ ռենտգենյան ճառագայթման ազդեցությամբ ԴՆԹ-ի մոլեկուլում առաջանում են միաշղթա խզումներ, որոնք բջիջների հետ ճառագայթային ինկուբացիայի ընթացքում վեր են անցնում երկշղթա խզումների: Սիգմոիդ կորերի անկման հատվածը համապատասխանում է խզումների առավելագույն արտահայտման շրջանին, երբ բջիջների կենսունակությունը առավել ընկած է: Վնասված խմորասնկերի հետագա ինկուբացիան ընթանում է ԴՆԹ-ի ռեպարացիայով, որի հետևանքով կենսազանգվածի աճը աստիճանաբար վերականգնվում է և մոտավորապես 20-րդ ժամում հասնում չճառագայթված բջիջների կենսազանգվածի աճին: Միաժամանակ, աստիճանաբար վերականգնվում է նաև բջիջների գաղութառաջացման ունակությունը: Սակայն վերջին դեպքում անգամ 20-ժամյա ինկուբացիայից հետո ճառագայթված բջիջների գաղութառաջացման ունակությունը գրեթե 3 անգամ ցածր է չճառագայթված բջիջների համեմատությամբ: Հավանական է, որ ճառագայթումից հետո ԴՆԹ-ի ռեպարացիայի արդյունքում առաջանում են գաղութառաջացնող ոչ մեծ քանակությամբ բջիջներ, որոնք սակայն աչքի են ընկնում բուռն աճով: Նույնքան հավանական է, որ ինկուբացիայի վերջում կենսազանգվածի բարձր մակարդակը ճառագայթված բջիջներում ոչ թե բջիջների ինտենսիվ բազմացման արդյունք է, այլ գիզանտ բջիջների առաջացման հետևանք:

УДК 577.125

А.З. Пепоян, Н.С. Мирзоян, М.О. Саакян, Л.А. Киракосян,
академик К.Г. Карагезян

Некоторые особенности антиокислительной системы бактериальных штаммов *Escherichia coli* G35

(Представлено 10/IV 2001)

О ведущей роли реакций свободнорадикального окисления липидов биологических мембран, называемых также реакциями перекисного окисления липидов (ПОЛ), первоначально говорилось в связи с двумя патологическими состояниями: лучевой болезнью и злокачественным ростом. В последующие годы список патологий, в патогенезе которых предполагали вовлечение активности процессов ПОЛ, существенно расширен [1,2]. Вывод об участии процессов ПОЛ в возникновении и развитии разных патологических состояний организма был сделан на основе способности ингибиторов свободнорадикального окисления различной химической природы в той или иной мере предупреждать или ограничивать повреждения, характерные для данных патологий.

Ранее нами было показано, что штаммы *E.coli* G35 N49 и *E.coli* G35 N61 из кишечной микрофлоры человека [3] отличаются некоторыми физико-химическими параметрами мембран клеток, включая также качественный и количественный состав фосфолипидов (ФЛ) этих клеток и др.

Целью настоящей работы явилось изучение процессов ПОЛ, пероксидазной и каталазной активности бактериальных штаммов *E.coli* G35 N49 и *E.coli* G35 N61.

Об активности ПОЛ судили по содержанию малонового диальдегида (МДА), образующего реакцию окрашивания с тиобарбитуровой кислотой, интенсивность которого регистрировали спектрофотометром СФ-4А при длине волны 535 нм. Количество перекисей пересчитывали на 1 мл фосфора данной суспензии. Количество фосфора определялось при изучении ФЛ состава клеток [4].

Для определения интенсивности ПОЛ в клеточных жидкостях после роста штаммов *E.coli* в стационарной фазе роста в питательном бульоне клетки удалялись из бульона и измерялась активность ПОЛ как в клеточной суспензии и клеточном экстракте, так и в 0.2 мл объеме бульона.

Известно, что фермент НАДН-цитрохром С-редуктаза является начальным звеном перекисного окисления ненасыщенных жирных кислот, поэтому количество МДА нами определялось как в аскорбат-зависимой системе, так и в НАДФ.Х-зависимой системе перекисления.

Пероксидазную активность определяли по методу [5]. В качестве окисляемого субстрата использовался пирогаллол, который окислялся в пурпурогалин с максимумом поглощения 430 нм. Измерения оптической плотности проводили на спектрофотометре СФ-46.

Исследуемый раствор содержал 0.8 мл 0.006 М натрий-фосфатного буфера рН-6,8; 0.12 мл ферментной вытяжки (суспензия, экстракт или культуральная жидкость); 0.5 мл 0.15%-ной H_2O_2 ; 1.1 мл H_2O и 0.5 мл 0.003 М пирогаллола. В контроле вместо H_2O_2 добавляли 0.5 мл

H₂O.

Активность фермента определяли по следующей формуле:

$$A = \frac{D_{t_2} - D_{t_1}}{(t_2 - t_1)c},$$

где A - активность фермента, D - оптическая плотность, t - время (с), c - концентрация. Измерения проводили в течение 2.5-3 мин.

Каталазную активность бактериальных штаммов E.coli G35 определяли по методу [6], основанному на том, что две молекулы H₂O₂ разлагаются на 2H₂O + O₂. Избыток перекиси титруют перманганатом в кислой среде. В опыте определяли количество оставшейся неразрушенной перекиси водорода, а в контроле - общее количество взятой H₂O₂ в присутствии каталазы, инактивированной кипячением. Вычитывая результаты опыта из результатов контроля, определяли количество разрушенной за определенное время (30 мин) перекиси, что дает возможность судить об активности каталазы.

Для проверки полученных данных был использован статистический метод Стюарта - Фишера. В обеих НАДФ.Н- и аскорбат-зависимых системах переоксисления исследуемые штаммы E.coli G35, преобладающие как в кишечной микрофлоре здоровых людей (E.coli G35 N61), так и в кишечнике больных раком (E.coli G35 N49), показали одинаковую интенсивность ПОЛ. В табл. 1 представлен процесс ПОЛ НАДФ.Н-зависимой системы переоксисления клеток E.coli G35. Данные таблицы свидетельствуют также о наличии интенсивности ПОЛ как в клеточной суспензии и клеточном экстракте, так и в культуральных жидкостях обоих типов E.coli G35. При этом, однако, выявлено, что если уровень ПОЛ в исследуемых клетках E.coli в клеточных экстрактах одинаков, то он различается в клеточных суспензиях и культуральных жидкостях.

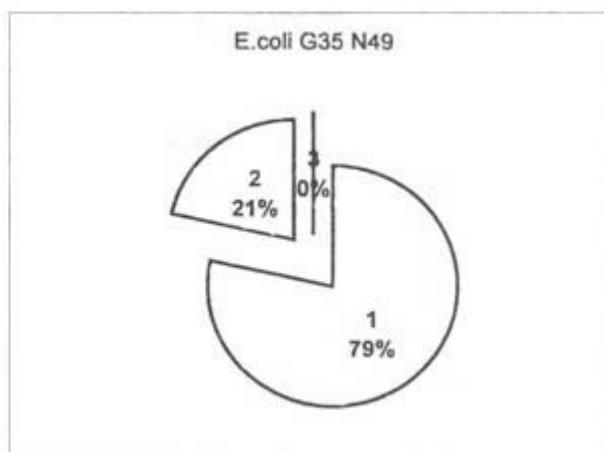
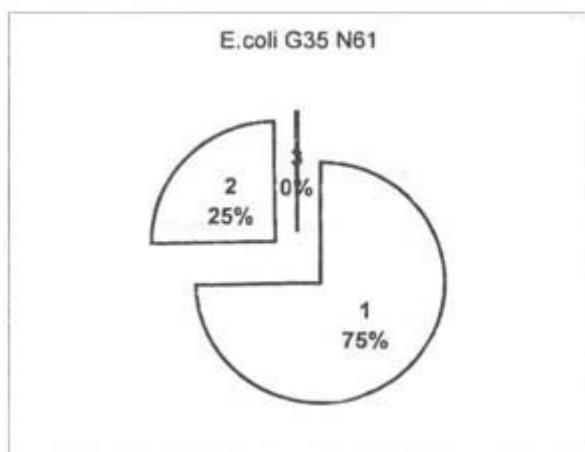
Сохранение одинаковой активности ПОЛ в клеточных экстрактах штаммов E.coli, по-видимому, способствует поддержанию определенного метаболического статуса обоих типов исследуемых клеток E.coli, в то время как изменения уровня процессов ПОЛ в клеточных суспензиях и культуральных жидкостях может влиять на формирование патологических состояний больных раком людей.

Таблица 1

Процесс перекисного окисления липидов клеток Escherichia coli G35

Бактериальные штаммы	Количество малонового диальдегида на 1 мг фосфора		
	Клеточная суспензия	Клеточный экстракт	Культуральная жидкость *
E.coli G35 N61	121.3±2.4	40.72±1.05	0.625±0.08
E.coli G35 N49	150.74±1.75	40.65±2.21	0.171±0.06

* Абсолютные показатели количества МДА по СФ без пересчета на 1 мг фосфора.



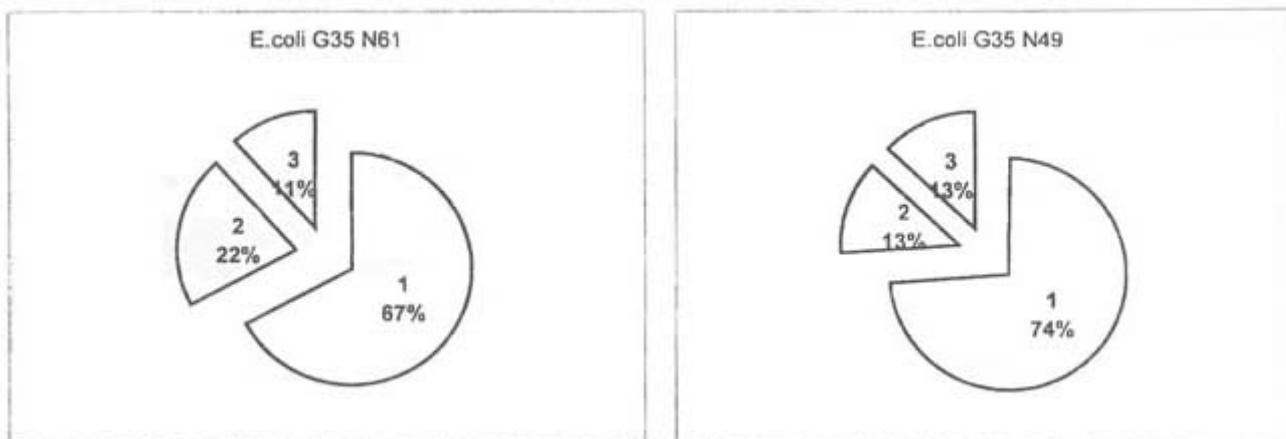
Окисление липидов мембран, как доказано многочисленными экспериментами, подчиняется законам жидкофазного окисления органических веществ. Среди ФЛ при перекисаации больше всего разрушаются фосфатидилэтаноламины и фосфатидилхолины, что несомненно отражается на конечной концентрации этих ФЛ в мембранах исследуемых штаммов *E.coli* [7].

Как известно, пероксидазы являются антиоксидантами ферментами, одной из основных функций которых является разрушение опасных для жизнедеятельности клеток пероксидов. Результаты по изучению пероксидазной активности штаммов *E.coli* приведены в табл. 2, из которой явствует, что изученные штаммы отличаются также пероксидазной активностью. Показано, что в клеточных суспензиях как у *E.coli* G35 N61, так и у *E.coli* G35 N49 наблюдается максимальная активность фермента (соответственно $0.233 \times 10^{-3} \pm 0.01$ и $0.169 \times 10^{-3} \pm 0.01$ с⁻¹мг⁻¹). Установлено также существенное различие уровня пероксидазной активности штаммов *E.coli* G35 N61 и *E.coli* G35 N49 в клеточных экстрактах (соответственно $0.075 \times 10^{-3} \pm 0.01$ и 0.030×10^{-3} с⁻¹мг⁻¹).

Таблица 2

Пероксидазная активность клеток *Escherichia coli*

Бактериальные штаммы	Уровень пероксидазной активности (с ⁻¹ мг ⁻¹) ¹⁾		
	Клеточная суспензия	Клеточный экстракт	Культуральная жидкость
<i>E.coli</i> G35 N61	$0.233 \times 10^{-3} \pm 0.01$	$0.075 \times 10^{-3} \pm 0.01$	$0.04 \times 10^{-3} \pm 0.01$
<i>E.coli</i> G35 N49	$0.169 \times 10^{-3} \pm 0.01$	0.03×10^{-3}	$0.03 \times 10^{-3} \pm 0.01$



Каталазная активность у штаммов *E.coli* отсутствует, что характерно для бактериальных клеток *E.coli* [8].

По литературным данным, изменения состояния ПОЛ и активности ряда ферментов антиокислительной системы влияют на вязкость мембран, и в связи с этим изменяется и проницаемость мембраны бактериальных клеток. Процесс повреждения мембран может сопровождаться выходом некоторых ферментов в надосадочную жидкость, что, в свою очередь, может быть причиной интенсификации процессов ПОЛ в культуральных жидкостях штаммов *E.coli* G35 [8].

Все вышеупомянутое свидетельствует о различии процессов ПОЛ и пероксидазной активности штаммов *E.coli* G35, что может иметь влияние как на смену и сборку мембранных белков и регуляцию активности отдельных мембранных протеинов, так и на общий метаболический статус организма.

Таким образом, установлено, что клеточные стенки и цитоплазматические мембраны *E.coli* G35, характерные для здоровых и больных раком людей, значительно отличаются как по ФЛ составу, так и по некоторым особенностям антиокислительной системы.

Институт молекулярной биологии НАН РА

Литература

1. Козлов Ю.П., Качан В.Е. Молекулярные механизмы повреждения кислородом системы транспорта кальция в саркоплазматическом ретикулуме мышц. Иркутск. 1983.
2. Wendel A., Reiter R. Oxygen Radicals in Chemistry and Biology. Proc. Int. Conf. 3-rd. Eds. W.Bras, M.Saran, Traid D. Berlin. 1984. P. 345-349.
3. Карапетян А.О. Биологический антагонизм некоторых представителей кишечной микрофлоры и опухолевых клеток. Автореф. канд. дис. М. 1987.
4. Саакян М.О, Пепоян А.З., Киракосян Л.А., Епископосян А.Р., Карапетян А.О., Шагинян А.А., Карагемян К.Г. - ДНАН Армении. 1999. Т.99. N 4. С. 362-366.
5. Кушманова О.Д., Иванченко Г.М. Руководство к лабораторным занятиям по биологической химии. М. Медицина. 1983.
6. Асатиани В.С. - Ферментные методы анализа. М. 1969. С. 611-612.
7. Пероуян А.З., Kirakossyan L.N., Shahinian A.A., Karageuzian K.G. - HABSИ. ISFOS. 1999. Япон.
8. Берги. Краткий определитель бактерий. Под ред. Хоуста Дж. М. Мир. 1980.

Ա.Զ. Փեփոյան, Ն.Ս. Միրզոյան, Մ.Օ. Սահակյան, Լ.Հ. Կիրակոսյան,
ակադեմիկոս Կ.Գ. Ղարազյոզյան

**Escherichia coli G35 բակտերիալ շտամների հակաօքսիդացիոն համակարգի
որոշ առանձնահատկությունները**

Ուսումնասիրվել են մարդու աղիքային միկրոֆլորայի E.coli G35 բակտերիալ շտամների լիպիդային պերօքսիդացիոն պրոցեսների (ԼՊՊ), ինչպես նաև պերօքսիդազային և կատալազային ակտիվության որոշ առանձնահատկություններ:

Ցույց է տրվել, որ առողջ և քաղցկեղով հիվանդ մարդկանց աղիքային միկրոֆլորայում գերակշռող համապատասխանաբար E.coli G35 N61 և E.coli G35 N49 շտամների մոտ ՆԱԴՖ. H և ասկորբատ-կախյալ պերօքսիդացիոն համակարգերում ԼՊՊ-ի մակարդակը մնում է անփոփոխ:

Պարզվել է, որ վերոհիշյալ պերօքսիդացիոն համակարգում հետազոտվող բակտերիաների էքստրակտներում, ի տարբերություն բջջային սուսպենզիաների և կուլտուրալ հեղուկների, նկատվում է ԼՊՊ-ի ակտիվության միանման մակարդակ:

Ենթադրվում է, որ E.coli G35 շտամների օքսիդացիոն ու հակաօքսիդացիոն համակարգերում նկատվող առանձնահատկությունները կարող են ազդել տեր մակրոօրգանիզմի նյութափոխանակության պրոցեսների վրա:

УДК 595.762.12

М. Ю. Калашян

Новые виды жуков (Insecta, Coleoptera) из Армении и Казахстана

(Представлено академиком С. О. Мовсесяном 15/VI 2001)

Описываются новые виды жуков - хрущик *Adoretus rubenyani sp. n.* и златка *Cylindromorphus vedicus sp. n.* из Армении, а также златка *Sphenoptera danilevskyi sp. n.* из Казахстана. Даны дифференциальные диагнозы. Обозначен лектотип для *Cylindromorphus strictipennis Reitter*.

Adoretus rubenyani sp. nov. (Scarabaeidae)

Материал. Голотип, самец: Армения, Армавирская обл., окр. Эчмиадзина, с. Аракс, на свет, 1.08.1999, А. Рубенян. Паратипы, 2 самца, 7 самок - там же, 11-14.08.1999, А. Рубенян; 7 самцов, 6 самок - там же, 15-30.07.2000, А. Рубенян; 1 самец: Армения, Араратская обл., окр. с. Армаш, 24.07.1995, В. Ананян.

Описание. Тело выпуклое, продолговатое, у самца в 2.1-2.15, у самки в 1.95-2.1 раза длиннее ширины. Длина тела (измерена от переднего края наличника до вершины надкрылий) у самца 9.1-11 мм, у самки 10.9-13.1 мм, ширина 4.3-5.1 и 5.4-6.3 мм соответственно. Светлый, буро-желтый, переднеспинка слегка темнее надкрылий, шов узко затемнен, голова красно-бурая, лоб по бокам зачернен, как и зубцы и наружный край передних голеней, лапки слегка темнее бедер и голеней, светло красновато-бурые. Опушение светло-серое.

Голова умеренно широкая, лоб у самца в 3.5-3.8, у самки в 4.4-5.0 раза шире глаза. Наличник полукруглый, с резко приподнятым передним краем, в густых неглубоких поперечных рашпилевидных точках, по большей части слитых в нерегулярные морщинки, образующие как бы черепитчатую сеточку, на лбу точки несколько глубже, частью, особенно по бокам, изолированные или сливающиеся в короткие морщинки, темя у середины с небольшим гладким пятном. Голова в довольно частых недлинных полуприлегающих волосках. Булава усиков короткая, у самца в 1.45-1.6 (рис. 1, 3), у самки в 1.2-1.3 раза длиннее жгутика, внутренняя поверхность первого членика булав в коротких густых волосках. Нижнечелюстной щупик с узким яйцевидым последним члеником.

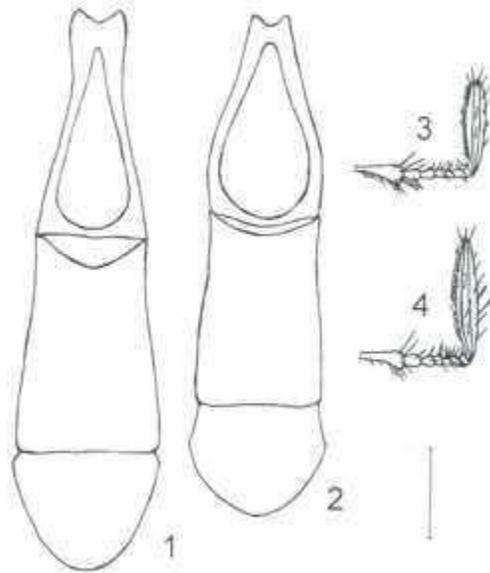


Рис. 1. *Adoretus* spp.: 1-*Adoretus rubenyani* sp. n. гениталии самца; 2-*Adoretus nigrifrons* Stev., то же; 3-*A. rubenyani* sp. n. - усик самца; 4-*A. nigrifrons*, то же.
(длина масштабной линейки =1 мм.)

Переднеспинка сильно поперечная, в 2.0-2.15 раза шире длины у обоих полов, окаймлена вдоль контура, наибольшей ширины у середины, ее бока почти равномерно или слегка угловато закругленные, передние углы у самца тупые, у самки почти прямые, задние тупые, широко закругленные. Покровы в довольно грубой и густой почти равномерной пунктировке и коротких (явственно короче, чем на голове) негустых волосках.

Надкрылья у самца почти параллельнобокие, в 1.3-1.4 раза шире длины, у самки обратно яйцевидные, в 1.25-1.32 раза длиннее ширины, с закругленным шовным углом, со слабо выпуклыми ребрами, частью почти гладкими, поверхность надкрылий в нерегулярных слабых поперечных морщинках и довольно густых неравномерных, частью простых, частью рашпилевидных поверхностных точках и коротких (как на переднеспинке) нечастых волосках.

Пигидий выпуклый (сильнее у самца), в густых поверхностных рашпилевидных точках, по большей части сливающихся в нерегулярные морщинки, у самца с небольшой почти гладкой площадкой у вершины, в довольно длинных (длиннее, чем на лбу) густых полуприлегающих волосках, у самца также с несколькими более длинными торчащими волосками на вышеописанной площадке.

Грудь, особенно по бокам, в довольно густых умеренно грубых слегка рашпилевидных точках и длинных (длиннее, чем на пигидии) редких стоячих волосках, брюшко в сильно сглаженных поперечных рашпилевидных сливающихся точках и редких коротких (как на надкрыльях) полуприлегающих волосках, каждый стернит, кроме последнего, также с неровным рядом редких торчащих щетинок, которые длиннее и слегка темнее волосков. Средний зубец передних голеней расположен заметно ближе к переднему, чем к заднему. Большой коготок самца длинный и узкий, на большей части длины почти прямой, изогнут у самой вершины, его вершинный зубчик очень узкий и короткий, далеко не достигает конца коготка, у самки

коготок слегка изогнут почти по всей длине, вершинный зубчик шире и длиннее, достигает вершины коготка.

Гениталии самца - рис. 1, 1.

Диагноз. Близок *A. nigrifrons* Stev., распространенному в странах Средней Азии, в Иране, Афганистане, на запад достигающему Предкавказья и Восточного Азербайджана. *A. nigrifrons* отличается крупными размерами (самец - 10.5-12.5 мм, самка - 11.1-13.5 мм), более длинной булавой усиков (у самца в 1.75-1.9, у самки в 1.4-1.55 раза длиннее жгутика) с сильнее развитым опушением внутренней поверхности 1-го членика булавы (рис. 1, 4), широким лбом, который у самца в 4.2-4.7, у самки в 4.6-6.1 раза шире глаза, более узкой переднеспинкой (в 1.8-2.0 раза шире длины у обоих полов), несколько более грубой, а на переднеспинке - и более неравномерной скульптурой, и строением гениталий самца (рис. 1, 2)

Назван в честь А. А. Рубеняна, собравшего большую часть материала по новому виду.

***Sphenoptera danilevskyi* sp. n. (Buprestidae)**

Материал. Голотип, самец: Казахстан, Сарыкумские пески, Гульшад, 11.05.1996, М. Данилевский. Паратипы, 3 самца, 3 самки, с той же этикеткой; 1 самец - Казахстан, Балхаш, 300 м, 24.04.1994, М. Данилевский.

Описание. Тело в 2.7-2.85 раза длиннее ширины, умеренно выпуклое, черное со слабым синевато-фиолетовым отливом, сверху матовое, снизу блестящее, бока груди и брюшка с полоской густых желтоватых волосков и воскового налета, скрывающих покровы. Длина тела 9.7-13.3 мм, ширина 3.4-4.6 мм.

Голова довольно широкая, немного уже переднего края переднеспинки. Глаза умеренно крупные, слегка выступают из контура головы, темя в 2.5-2.6 раза шире глаза. Наличник в виде узкого полукольца, глубоко дуговидно вырезанный, мелкосетчатый. Лоб с едва выпуклыми почти параллельными или едва сходящимися назад боками, конутри от антеннальных впадин приподнят в виде слабо обособленных килей, не достигающих внутреннего края глаз, между киями почти бугровидно поперечно приподнят, за этим поднятием лоб почти плоский или слабо вогнутый, иногда с парой едва выступающих рельефов примерно на уровне середины глаз. Голова в довольно грубых неравномерных макроточках, спереди, по бокам лба и позади глаз густых и частью сливающихся, у середины лба и на темени редких; микроточки густые, но очень поверхностные, слабо явственные, покровы в сглаженной мелкосетчатой шагреневке. Антенны у самца в 1.55-1.65, у самки в 1.5-1.55 раза длиннее высоты глаза, пильчатые, начиная с 4-го членика, 3-й членик слегка расширен дистально, 4-й членик примерно равной длины и ширины, последующие поперечные.

Переднеспинка в 1.45-1.55 раза шире длины, ее бока слабо выпуклые, сильнее сходятся вперед, чем назад, к почти прямым основным углам. Боковые кили нерезкие, слегка изогнуты выпуклостью вниз, достигают примерно уровня передней 1/5 переднеспинки, сверху видны почти по всей длине. Передний край едва двувыемчатый, окаймлен тонкой цельной бороздкой, основной край двувыемчатый с довольно широкой срединной лопастью, почти прямо срезанной перед щитком. Переднеспинка умеренно выпуклая, вдоль боков, немного отступя от края, уплощена или слабо вогнута от основания примерно до передней 1/4, у середины в основной 1/2-2/3 явственно вогнута. Макроточки на диске переднеспинки и на бортиках снаружи от уплощений мелкие и редкие, на уплощениях большие, плоские и густые, частью сливающиеся. Микроточки и шагреневка примерно, как на лбу. Щиток слабо

поперечный, пятиугольный, в явственной микросетчатой шангренировке и единичных микроточках.

Надкрылья в 1.95-2.05 раза длиннее ширины, наибольшей ширины у плеч, почти параллельнобокие в основной 1/5-1/6, затем очень слабо и едва вогнуто сужены примерно до вершинных 2/5, затем едва выпукло и немного резче сужены к едва оттянутым угловато порознь закругленным вершинам. Диск надкрылий приблизительно в основной 1/3 широко явственно вогнут вдоль шва. Надкрылья со слабо явственными слегка спутанными рядами округлых точек с продольными черточками на дне и крупными плоскими поперечными морщинками, скульптура спереди грубая, назад сильно сглажена, эти морщинки у вершины надкрылий неявственные, от точек остаются лишь тонкие черточки. Фон покровов мелко, но довольно грубо морщинисто шагреневанный и в едва явственных редких микроточках.

Отросток переднегруди слабо выпуклый, по бокам окаймлен рядом продольно вытянутых сливающихся грубых точек, середина груди, включая отросток переднегруди, и передний выступ первого видимого стернита брюшка в немногочисленных умеренно крупных четких точках, бока груди в неравномерных плоских округлых негустых точках, брюшко в мелких сглаженных точках, кроме анального стернита, точки которого почти такие же, как на отростке первого видимого стернита. Задний край задних тазиков слабо извилистый, у бедер явно отогнут вперед, затем почти прямой до бокового угла, где край слабо выемчатый. Анальный стернит у самца слегка шире, чем у самки, немного выпукло и угловато срезан дистально, у самки также срезан, но короче, чем у самца. У самца передние и средние голени резко изогнутые, у самки изогнуты (слабее, чем у самца) лишь передние голени, средние почти прямые, со слегка извилистым внутренним краем.

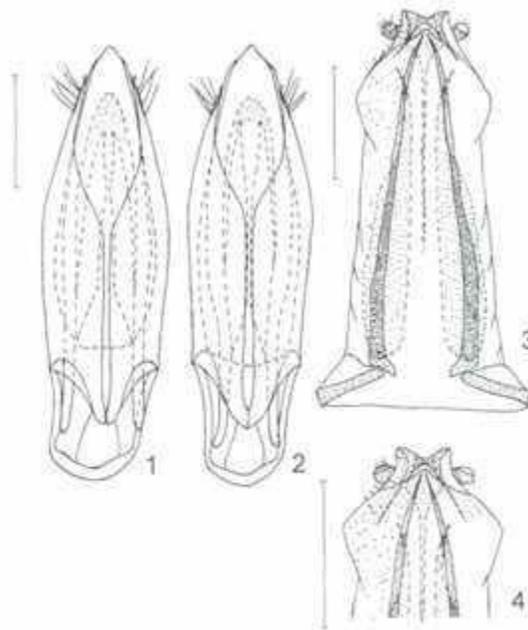


Рис. 2. *Sphenoptera* spp.; 1-*Sph. sulcata* F.-W., гениталии самца; 2-*Sph. danilevskyi* sp. n., то же; 3-*Sph. danilevskyi* sp. n., яйцеклад; 4-*Sph. sulcata*, вершина яйцеклада (длина масштабных линеек = 1мм).

Диагноз. Наиболее близок к *Sph. sulcata* F. - W., широко распространенному в степях и полупустынях от Украины, Кавказа, до Средней Азии, Казахстана, Монголии и Китайского Туркестана. *Sph. sulcata* от нашего вида отличается бронзовой, редко черно-бронзовой окраской верха тела, наличием пары плоских, но явственных рельефов у середины лба, слабым или неявственным пришовным вдавлением надкрылий, которые заметно более блестящие, с много более нежной шагренировкой и слабыми, часто неявственными морщинками. Оба вида отличаются также строением гениталий самца и яйцеклада (у *Sph. sulcata* пенис - рис. 2, 1, яйцеклад - рис. 2, 4).

Назван в честь моего друга, известного колеоптеролога М. Л. Данилевского, любезно предоставившего собранный им материал по новому виду.

***Cylindromorphus vediticus* sp. n. (Buprestidae)**

Материал. Голотип, самец: ARMENIA, Urcadzor, 14.06.88, S. Vesvar lgt. [Армения, Араратская обл., Урцадзор, 14.06.1988, С. Бечвар]; паратипы, 25 самцов, 19 самок, с той же этикеткой.

Описание. Тело длинное и узкое, палочковидное, у самца в 4.1-4.3, у самки в 3.9-4.1 раза длиннее ширины. Длина тела 3.3-4.6 мм, ширина - 0.8-1.2 мм (рис. 3, 1). Слабо блестящий, бронзовый, изредка со слабым зеленоватым отливом, покровы в нежной мелкосетчатой шагренировке, вентрально почти совсем сглаженной, в редких коротких светлых волосках.

Голова большая, едва уже переднеспинки или равна ей по ширине. Наличник трапециевидный, явственно поперечный, спереди глубоко дуговидно вырезан. Лоб почти плоский, спереди вдоль середины с узким нерезким, но явственным вдавлением, достигающим уровня верхней 1/3 глаз (см. спереди). Голова в довольно четких негустых округлых точках. Виски выпуклые, у самца в 1.4-1.6, у самки в 1.5-1.8 раза длиннее поперечника маленьких глаз, сильно сдвинутых вперед (см. сбоку). Усики у самца в 1.4-1.5, у самки в 1.2-1.3 раза длиннее высоты глаза.

Переднеспинка в 1.1-1.2 раза шире длины, сужена спереди назад, в передних 2/3 очень слабо и почти прямолинейно, в задней 1/3 немного резче и слегка вогнуто до почти прямых основных углов. Боковые кили (см. сбоку) в основной 1/3 слегка изогнуты выпуклостью вверх, спереди почти прямые. Покровы в довольно четких округлых точках, которые гуще и немного крупнее, чем на лбу, местами образуют спутанные короткие ряды, разделенные плоскими морщинками, у середины поперечными, по бокам косыми. Щиток маленький, поперечно треугольный.

Надкрылья у плеч слегка уже переднеспинки, в 2.7-2.9 раза шире длины, почти параллельнобокие в основной 1/6, затем вогнуто расширены до вершинной 1/3, где достигают наибольшей ширины, затем почти прямолинейно сужены к слегка угловато закругленным вершинам. Покровы в поперечных извилистых морщинках и округлых точках, спереди эта скульптура грубая, как бы черепитчатая, назад сильно сглажена, морщинки в вершинной 1/4-1/5 надкрылий почти совсем сглажены, точки мельчают и изреживаются.

Гипомеры переднегруди и ее щит в грубых точках, по бокам и на отростке единичных, на диске довольно частых, остальная часть груди и первый стернит брюшка в плоских округлых точках, по бокам более крупных и частых, в середине мелких и редких, на остальной части брюшка пунктировка сильно сглажена, едва явственная. Анальный стернит у самца коротко срезан дистально, поверхность, ограниченная глубокой краевой бороздкой, почти плоская, сзади с несколькими грубыми точками, у самки вершина срезана еще короче, чем у самца,

бороздка здесь почти прервана, поверхность стернита сзади явственно приподнята в виде выступа, срезанного дистально и несущего на срезе маленькие четкие бугорки.

Гениталии самца - рис.3, 3.

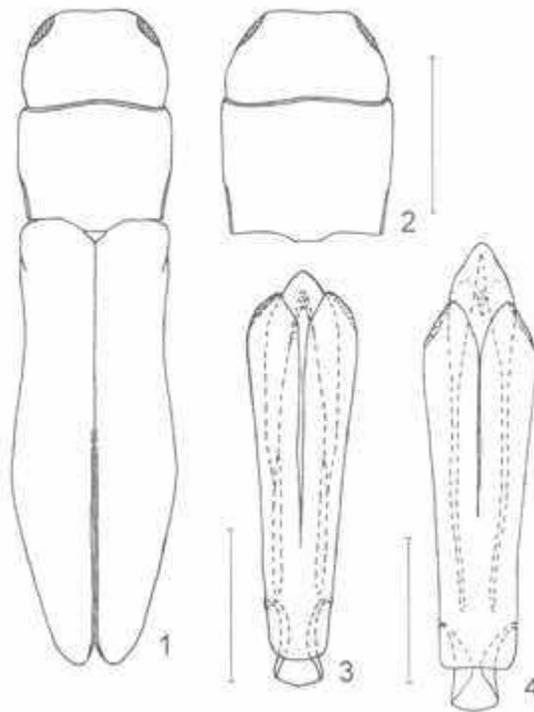


Рис. 3. *Cylindromorphus* spp.; 1-*C. vedicus*, контур тела; 2-*C. strictipennis* Reitt. голова и переднеспинка; 3-*C. vedicus* sp. n., гениталии самца; 4-*C. strictipennis*, то же (длина масштабных линеек =1мм).

Диагноз. Очень близок к *Cylindromorphus strictipennis* Reitter, 1895, известному нам по двум синтипам из долины Аракса, хранящимся в Национальном музее естественной истории в г. Париже (Франция) (1 самка) и в Музее естественной истории в г. Будапеште (Венгрия) - 1 поврежденный самец. Здесь мы обозначаем лектотип для вида Рейттера, выбирая экземпляр из Парижа как более сохранный; его этикетки - *Caucasus, Araxesthal, Leder-Reitter(p)/Cylindromorph. strictipennis m., 1895(h)/ Type(p)/ Museum Paris, 1935, coll.A. Thery.*; у паралектотипа из Будапешта первые две этикетки те же, имеется также музейная этикетка с невалидным обозначением данного экземпляра как голотипа. *C. strictipennis* отличается сильнее суженной вперед головой с более крупными и латеральнее расположенными глазами, которые едва короче висков (рис. 3, 2), строением наличника, который почти равной длины и ширины, а также строением гениталий самца - рис. 3, 4.

Назван по расположенному близ места сбора поселку Веди.

Голотипы *A. rubenyani* sp. n. и *Sph. danilevskyi* sp. n. хранятся в коллекции автора, голотип *C. vedicus* sp. n. - в коллекции В. Кубаня (V. Kuban, Moravian Museum, Brno, Czech Republic).

Мы рады выразить нашу искреннюю признательность М. Л. Данилевскому (ИПЭЭ РАН, г. Москва, Россия), В. Кубаню и А. А. Рубеняну (г. Ереван) за предоставление материалов на изучение, а также Ж. Менье (Prof. J. Menier, Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, France) и О. Мерклю (Dr. O. Merkl, National Museum, Budapest, Hungary) за любезно предоставленную

возможность пользоваться коллекциями их учреждений.

Институт зоологии НАН РА

Литература

1. *Медведев С. И.* Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Т. 10. Вып. 3. Пластинчатоусые (Scarabaeidae). Подсем. Rutelinae (хлебные жуки и близкие группы. М.-Л. Изд-во АН СССР. 1949. 372 с.
2. *Reitter E.* - Wiener Entomologische Zeitung. 1895: B. 14 (5), S. 149-162.

Մ. Յու. Քալաշյան

Բզեզների (Insecta, Coleoptera) նոր տեսակներ Հայաստանից և Ղազախստանից

Նկարագրվում են բզեզների նոր տեսակներ - *Adoretus rubenuani sp. n.* բնդերիկը և *Colindromorphus vedicus sp. n.* ոսկերգեզը Հայաստանից, ինչպես նաև *Sphenoptera danilevskyi sp. n.* ոսկերգեզը Ղազախստանից: Տրված են ադտորոշիչ հատկանիշները: *Cylindromorphus strictipennis Reitter* տեսակի համար նշանակված է լեկտոտիպ:

УДК 611.16/81 615

Н.Н. Мелконян, И.Б. Меликсетян, Н.Б. Маркарян, О.А. Назарян

Реакция капилляров мозга кошки на воздействие кавинтона

(Представлено академиком В.В. Фанарджяном 19/X 2001)

Исследование морфофункционального состояния сосудистого русла, несомненно, играет важную роль в получении целостной информации о механизмах внутриорганного кровообращения. Как известно, микрососуды очень чувствительны к любым изменениям в организме и их реакция на воздействие разных фармакологических агентов неоднозначна.

В настоящее время кавинтон (vinprocetin) является одним из наиболее широко применяемых стимуляторов мозгового кровотока. По данным литературы, препарат успешно применяется для лечения всех форм цереброваскулярных нарушений и связанных с ним заболеваний [1]. Улучшение мозговой функции происходит за счет усиления метаболизма, улучшения микроциркуляции мозга. В отличие от других вазоактивных препаратов кавинтон значительно усиливает скорость кровотока [2]. К сожалению, в литературе нет сведений о механизме влияния кавинтона на капиллярное русло. Хотя каждое звено микрососудистого русла играет определенную роль в периферическом кровообращении, тем не менее центральное место в системе микроциркуляции занимает капиллярное русло, где происходят обменные процессы. Однако капиллярная сеть в условиях эксперимента и при патологии изучена недостаточно. Причина, по-видимому, кроется в технических и методологических затруднениях, в отсутствии адекватных методов, обеспечивающих выявление внутриорганного микроциркуляторного русла (МЦР).

В ангиологии существует предположение, что безынъекционное выявление внутриорганного сосудистого русла не только обладает определенными преимуществами в морфологическом аспекте, но может иметь весьма важное значение при выяснении вопросов, касающихся морфофункционального состояния различных звеньев МЦР. В этом аспекте особый интерес представляет кальций-аденозинтрифосфатный метод Чилингаряна [3], с помощью которого получены данные о влиянии фармакологических препаратов на микрососудистую систему органов. Это побудило нас провести серию экспериментов для выяснения влияния кавинтона на капиллярное русло полушарий мозга кошки.

Объектом исследования служили взрослые кошки весом 3-4 кг (5 интактных и 7 экспериментальных животных). Материалом исследования была передняя сигмовидная извилина полушарий мозга. Эксперименты проводились под нембуталовым наркозом (60 мг/кг). Изучалось влияние терапевтических доз кавинтона фирмы Гедеон Рихтер А.О. Препарат вводили внутривенно в течение 65 мин в виде медленной капельной инфузии из расчета 0.5 мг/кг. По окончании инфузии проводили декапитацию животного под наркозом, быстро извлекали мозг, который разрезали на кусочки толщиной 0.5 см и фиксировали в 5%-ном нейтральном формалине при комнатной температуре в течение 24 ч. Из кусочков мозга

готовили замороженные срезы толщиной 150 мкм для трехмерного выявления МЦР, которые обрабатывали в инкубационных смесях, приготовленных согласно методу Чилингаряна. После окраски срезы заключали в глицерин-желатин. На готовых препаратах проводили морфометрические измерения диаметра капилляров винтовым окулярным микрометром (ОК×15.0Б×40). Для получения достоверных показателей расчеты производились в 30 полях зрения мозга одного животного. В каждом поле зрения проводили 10 измерений диаметра капилляров. Статистическая обработка проводилась по Стьюденту.

Полученные результаты показали, что на срезах мозга избирательно и контрастно окрашивается сосудисто-капиллярная сеть. Отчетливо выступают радиальные сосуды, пронизывающие кору, достигающие белого вещества, образующие капиллярную сеть. Для всех сосудов характерно наличие осадка на эндотелии их стенок. У артериальных сосудов, помимо эндотелия, окрашиваются элементы гладкомышечных клеток в виде поперечной исчерченности. В прекапиллярных артериолах постепенно уменьшается количество гладкомышечных клеток, потом идет переход в капилляры, которые в свою очередь переходят в менее интенсивно окрашенные посткапиллярные венулы, а затем - в венулы. Гладкомышечные клетки венозных сосудов не окрашиваются, благодаря чему легко дифференцировать артериальные сосуды от венозных. Отдельные звенья МЦР дифференцируются по степени интенсивности окраски. Морфометрические исследования показали, что у интактных животных средний диаметр капилляров мозга составляет 6.00 ± 0.13 мкм. По данным литературы [4-6] диаметр закрытых капилляров мозга составляет 1.2 мкм, а суженных - доходит до 4 мкм. После введения кавинтона капиллярная сеть реагирует выраженной констрикцией. В наших экспериментах средний диаметр суженных капилляров составляет 3.30 ± 0.20 мкм, т.е. при воздействии кавинтона капилляры суживаются по сравнению с контролем на 45%. В единичных случаях встречаются закрытые капилляры, у которых диаметр суживается на 61%, что составляет 2.30 ± 0.30 мкм. В некоторых полях зрения подсчитаны функционирующие капилляры диаметром 5-7 мкм.

Количество и процентное соотношение суженных, закрытых и функционирующих капилляров от общего числа (300) измеренных капилляров после введения кавинтона

Орган	Суженные капилляры	Нефункционирующие капилляры	Функционирующие капилляры
Мозг	232 - 77.3%	58 - 19.3%	10 - 3.3%

Как видно из таблицы, кавинтон вызывает констрикцию в капиллярном звене микроциркуляторного русла полушарий мозга, причем в основном в поля зрения встречаются суженные капилляры. Действие кавинтона на капиллярное русло сходно с эффектом, полученным нами при изучении влияния адrenoблокаторов [7,8]. Сравнивая эти данные с результатами, полученными при воздействии кавинтона на капиллярное русло, мы пришли к заключению, что чем сильнее ускорение кровотока, вызванное препаратом, тем больше сужение капилляров. Делать конкретные выводы о морфофункциональном состоянии

капиллярного русла мозга под действием кавинтона несколько преждевременно. Однако, учитывая, что основной функцией капилляров является обеспечение обмена веществ между кровью и тканями [9], можно предположить, что сужение капилляров связано с эффективной ситуационной регуляцией, приспособленной к метаболическим потребностям тканевых элементов, окружающих микрососуды.

Институт физиологии им. Л.А. Орбели НАН РА

Литература

1. *Kiss B., Karpati E.* - Acta Fharm.1996. V. 66. N 5. P. 213.
2. *Эниня Г.И., Пурина И.В., Тимофеева Т.Н.* - Журн. невропатологии и психиатрии. 1994. Т. 94. N 1. С. 13-17.
3. *Чилингарян А.М.* - ДАН Арм ССР. 1986. Т.82. N 1. С. 66-71.
4. *Клосовский Б.Н.* Циркуляция крови в мозгу. М. 1951.
5. *Клосовский Б.Н., Космарская Е.Н.* - Тр. Междунар. симп. Тбилиси. 1968. С. 15-26.
6. *Мчедlishvili Г.И.* Функция сосудистых механизмов головного мозга. Л. 1968.
7. *Мелконян Н.Н.* Тезисы докл. науч. сессии. Ин-та физиол. Ереван. 1993. с. 71.
8. *Мелконян Н.Н.* Тезисы докл. V съезда Арм. физиол. о-ва. Ереван. 1994. С. 53.
9. *Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В.* Микроциркуляция. М. 1984.

Ն.Ն. Մելքոնյան, Ի.Բ. Մելիքսեթյան, Ն.Վ. Մարգարյան, Օ.Ա. Նազարյան

Կատվի ուղեղի մազանոթների ռեակցիան կավինտոնի ազդեցության ներքո

Կալցիում USS-ային հիստոանգիոլոգիական մեթոդով, մորֆոմետրիայի հետագա օգտագործմամբ, մեր կողմից բացահայտվել է կավինտոնի ազդեցության յուրահատուկ էֆեկտը միկրոցիրկուլյատոր հունի վրա: Չնայած կավինտոնի հայտնի անոթալայնիչ հատկությամբ օժտվածությանը, ուղեղի կիսագնդերի մազանոթները կտրուկ նեղանում են նրա ազդեցության ներքո:

УДК 611.61.61.617.621

К. В. Казарян, В. Ц. Ванцян, А. С. Тираян, Р. Р. Акопян

Сравнительный анализ ритмогенных свойств различных областей мочеточника морской свинки

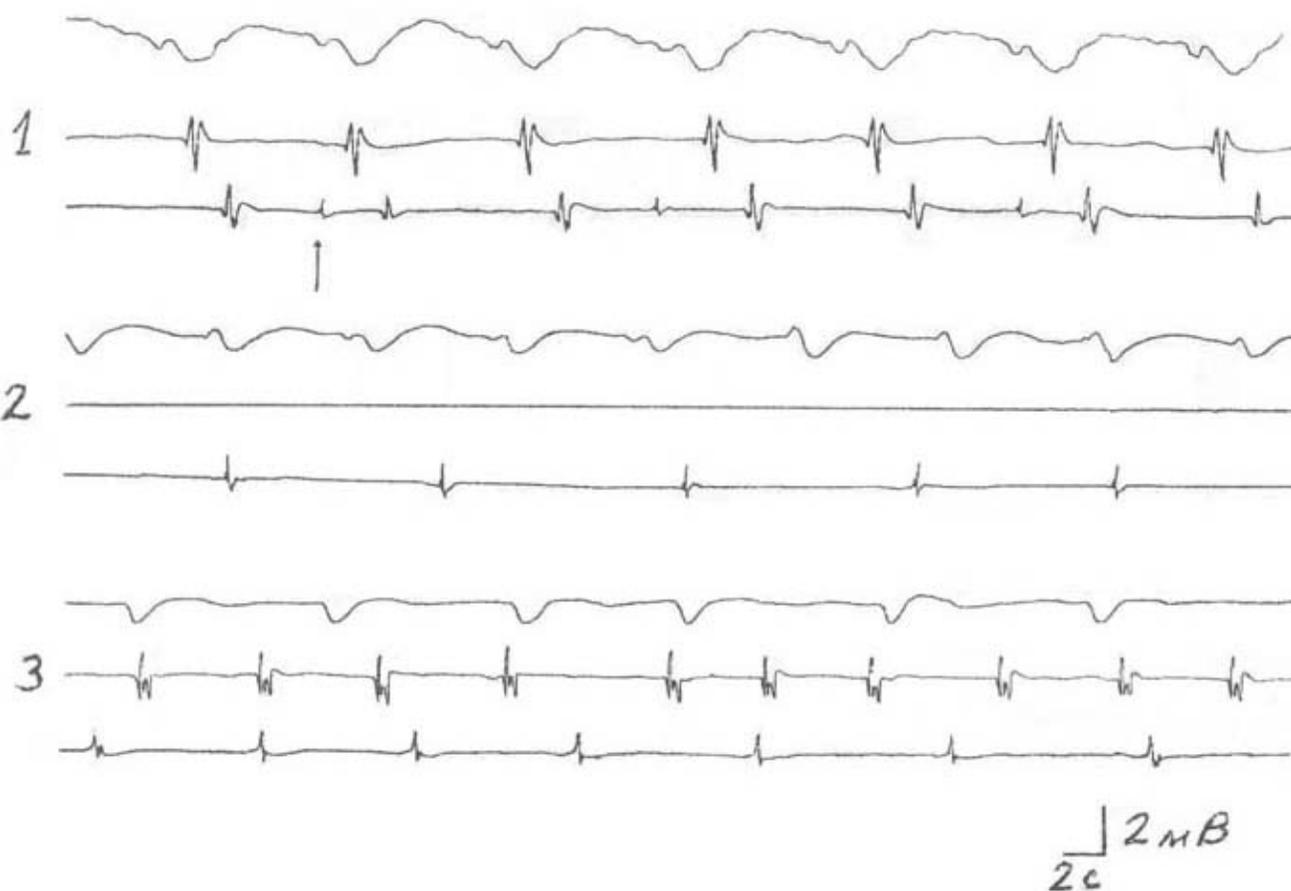
(Представлено академиком В. В. Фанарджяном 27/VII 2001)

Функциональное значение гладкой мускулатуры мочеточника заключается в обеспечении необходимой ритмичной перистальтики. Миогенные механизмы, регулирующие данный процесс, способствуют возникновению спонтанного электрического ритмогенеза, берущего свое начало в области пиелoureтерального соустья и распространяющегося вдоль всего органа [1-4]. Вместе с тем в последующих исследованиях электрической спонтанной активности мочеточника кошки, крысы и морской свинки в зоне, непосредственно граничащей с мочевым пузырем, был обнаружен отличный по своим показателям от околопочечного автоматизм [5, 6]. В экспериментах, проведенных на изолированных мочеточниках морской свинки, помимо двух крайних участков спонтанная активность выявлена также и в средней области органа, хотя всего в 20% случаев [7]. На целом же животном при изучении электрофизиологических свойств мочеточника в центральной его области были обнаружены латентные пейсмекеры, способные становиться ритмоводителем в определенных экстремальных условиях (нарушение электрической проводимости, стимуляция физиологически активными веществами).

Настоящая работа посвящена анализу характеристик потенциалов действия при регистрации активностей из различных областей мочеточника на целом животном.

Опыты проводили на 15 морских свинках массой 350-500 г, наркотизированных нембуталом (45-50 мг/кг). Мочеточник денервировали путем перерезки корешков чревного и тазового нервов. Регистрация электрической активности проводилась из трех (околопочечной, средней и околопузырной) областей мочеточника биполярными электродами. Нарушение связи между различными отделами мочеточника осуществлялось путем перерезки органа. Биоэлектрическая активность мочеточника регистрировалась на электроэнцефаллографе.

Электрофизиологическими исследованиями в гладкомышечной ткани мочеточника кошки, крысы и морской свинки в области пиелoureтерального соустья зарегистрирована локальная медленноволновая активность, создающая впоследствии распространяющиеся потенциалы действия.



Влияние перерезки мочеточника морской свинки на спонтанную электрическую активность различных областей органа. Активность каждой зоны мочеточника представлена соответственно кривыми: сверху вниз-околопочечная, средняя, околопузырная области.

- 1 - типичная проходящая волна мочеточника из околопочечной области;
- 2 - перерезка мочеточника между почечной и средней частями;
- 3 - вторая кривая через 3-6 мин после перерезки мочеточника; третья кривая - после перерезки мочеточника между средней и околопузырной областями.

Калибровка 2 с, 2 мВ. Преведенные записи экспериментов на рисунке представляют собой данные регистрации на 8-10 животных.

На рисунке, 1 показана описанная типичная активность для мочеточника морской свинки. Ритм распространяющихся спайков, зарегистрированных из средней и околопузырной зон мочеточника, строго соответствует медленным волнам околопочечной области. Перерезка мочеточника между почечной и средней частями приводит к исчезновению распространения потенциалов действия и несколько изменяет картину медленноволновой активности, не изменяя при этом его ритм (рисунок, 2, первая и вторая кривые). Возможно также сохранение и, более того, урегулирование ритмогенеза в околопузырной зоне (третья кривая).

Характеристики потенциалов действия из трех областей мочеточника при наличии распространяющейся волны

Эксперимент, гладкие мышцы	Амплитуда, мВ	Продолжительность, с	Частота генераций, мин	Количество осцилляций, шт.
Пейсмекерная область	1.1±0.07 (n 18)	2.2±0.2 (n 18)	7.4±0.6 (n 22)	4.6±0.4 (n 19)
Средняя область	1.35±0.08 (n 22)	1.98±0.36 (n 16)	4.5±0.33 (n 23)	4.1±0.33 (n 24)
Околопузырная область	1.07±0.07 (n 13)	1.9±0.03 (n 12)	4.2±0.32 (n 10)	4.2±0.4 (n 14)

Через определенный промежуток времени (3-6 мин) более чем в половине из всех наблюдаемых случаев (60-65%) возможно зарождение собственной активности в средней части мочеточника морской свинки (рисунок, 3, вторая кривая). Последующая же перерезка мочеточника между средней и околопузырной областями оказывает заметное влияние на автономный ритмогенез, представленный на третьей кривой (учащается и регулируется автоматизм данной зоны) (рисунок, 3, третья кривая).

Таблица 2

Характеристики потенциалов действия из трех изолированных областей мочеточника

Эксперимент, гладкие мышцы	Амплитуда, мВ	Продолжительность, с	Частота генераций, мин	Количество осцилляций, шт.
Средняя область	1.26±0.05 (n 10)	1.8±0.27 (n 11)	12±0.53 (n 15)	3.5±0.2 (n 15)
Околопузырная область	0.94±0.1 (n 10)	1.7±0.26 (n 14)	6.2±0.68 (n 11)	4.4±0.56 (n 8)

Таким образом, подобная постановка эксперимента позволяет зарегистрировать три различных независимых друг от друга типа активности, отличных по своим параметрам от исходно наблюдаемой.

В настоящей работе нами проведен анализ основных характеристик (продолжительность генерации потенциалов действия, амплитуда, частота ритма, количество осцилляций на фазе плато) спайковой активности для каждой из рассматриваемых трех областей как при распространении спайка вдоль органа (табл. 1), так и изоляции каждого участка (табл. 2).

Для сравнения параметров активности в этой серии экспериментов были проанализированы потенциалы действия, зарегистрированные непосредственно из области, прилегающей к пиелoureтеральному соустью (область, характеризующаяся локальной медленноволновой активностью). Результаты, представленные в первой строчке табл.1, соответствуют этим показателям. Согласно приведенным данным, наибольшей амплитудой обладают спайки, зарегистрированные из центральной

части мочеточника, при этом для проходящих волн этот показатель несколько выше. Наименьшая амплитуда отмечается у потенциалов действия околопузырной зоны. Несколько иначе выглядит картина для продолжительностей спайков. Наибольшей длительностью характеризуется активность основного ритмоводителя, наименьшей - околопузырной области (подобно амплитуде). Латентные пейсмекеры центральной зоны мочеточника морской свинки способны становиться ритмоводителями с более высокой импульсацией, чем пейсмекеры околопочечной зоны.

Нами было показано также наличие градиента медленного потенциала вдоль мочеточника от его крайних областей к центральной части [8]. Определение величин потенциалов покоя исходно активных и латентной средней зон выявило разницу в данном показателе в 14 мВ (-42 мВ - для молчащих клеток и -56 мВ для активных) [9, 10].

Таким образом, выявлена определенная разница в показателях спонтанной активности трех областей мочеточника, причина которой, на наш взгляд, кроется в определенных различиях в свойствах клеточных мембран из рассматриваемых зон.

Результаты настоящих исследований могут явиться косвенным доказательством наличия вдоль мочеточника морской свинки разного типа пейсмекерных клеток.

Институт физиологии им. акад. Л. А. Орбели НАН РА

Литература

1. *Бакунц С. А.* Вопросы физиологии мочеточников. Л. Наука. 1970.
2. *Kobajashi M, Nagai C. A., Prosser C. L.* - Am J. Physiol. 1969. V. 216. № 5. P. 1279-1285.
3. *Santicioli P., Maggi C. A.* - Pharmacol Rev. 1998. V. 50. № 4. P. 683-721.
4. *Weis R. M.* Im: Uredynamies (S. Boyarsky ed.). Academic Press. N. Y. 1971. P. 399-410.
5. *Казарян К. В., Ванцян В. Ц.* - Рос. физиол. журн. им. Сеченова. 1991. Т. 77. № 10. С. 120-126.
6. *Казарян К. В., Ванцян В. Ц., Тираян А. С., Акопян Р. Р.* - ДНАН Армении. 2000. Т. 100. № 1. С. 88-93.
7. *Казарян К. В., Тираян А. С., Маркосян С. А.* - Рос. физиол. журн. им. Сеченова. 1998. Т. 84. № 5-6. С. 553-555.
8. *Казарян К. В., Тираян А. С., Акопян Р. Р.* - Физиол. журн. СССР. 1990. Т. 76. № 10. С. 1459-1465.
9. *Lang R. L., Lang J.* - J. Urol. 1996. V. 155. P. 332-336.
10. *Tahara H. J.* - Anat. 1990. V. 170. P. 183-191.

Ք. Վ. Ղազարյան, Վ. Ց. Վանցյան, Ա. Ս. Տիրայան, Ռ. Ռ. Հակոբյան

**Ծովախոզուկի միզածորանի տարբեր հատվածների ռիթմածին
հատկությունների համեմատական վերլուծություն**

Աշխատանքում ուսումնասիրվել են ծովախոզուկի միզածորանի տարբեր հատվածների ինքնաբուխ սպայկային ակտիվությունների ցուցանիշները (ամպլիտուդա, տևողություն, ռիթմի հաճախականություն, օսցիլյացիաների քանակը պլատո ֆազի վրա): Կատարվել է նշված ցուցանիշների համեմատական վերլուծություն ինչպես անցողական էլեկտրական ալիքի, այնպես էլ օրգանի յուրաքանչյուր հատվածի ավտոնոմ ռիթմոգենեզի համար: Բացահայտվել է որոշակի դիֆերենցիալ ուսումնասիրվող ցուցանիշներում: Ենթադրվում է, որ օրգանի ամբողջ երկարությամբ կան տարբեր տիպի պեյսմեկերային բջիջներ:

УДК 612.57

К. Р. Арутюнян, С. Ш. Мартиросян

Действие киоторфина на регуляцию температурного гомеостаза у десимпатизированных крыс

(Представлено академиком В. В. Фанарджяном 15/VIII 2001)

Киоторфин, выделенный из мозга быка и организма гибернарующего суслика, обладает широким функциональным спектром. Описано его регулирующее действие на питьевое и пищевое поведение животных, стимулирующее влияние на гормонообразующую функцию, сосудистый тонус и деятельность нервных центров [1-5]. Дипептид неокиоторфин стимулирует выделение мет-энкефалина в спинном мозге, оказывая противосудорожное и антиноцицептивное действие [6-9]. Киоторфин участвует в самосогревании организма гибернарующих животных в период просыпания- внутрибрюшинное введение 500 мкг/кг нейропептида повышало ректальную температуру на 1–1.2⁰С [10]. Нами рассматривалась зависимость гипертермического эффекта от дозы киоторфина, а также от функциональных особенностей эффекторных органов термогенеза крыс.

В настоящем исследовании ставилась задача выяснить терморегуляторное действие киоторфина, опосредованное через периферические симпатические нервные структуры организма. С этой целью киоторфин вводился крысам на фоне полной химической десимпатизации организма изобарином.

В хронических условиях проводилось многочасовое высокочувствительное термограммирование температурных показателей в области "ядра" и "оболочки" организма у ненаркотизированных крыс. Температура "ядра" определялась в области скелетных мышц, обеспечивающих сократительный и несократительный термогенез, а также в области ободочной кишки. Последний показатель является интегрированным результатом несократительного термогенеза внутренних органов. Температура "оболочки" определялась с поверхности кожи хвоста, которая обильно снабжается кровью. Благодаря анатомическим особенностям кожа хвоста крысы является своеобразным теплообменником между организмом и средой. Регистрация исследуемых показателей проводилась на 12-канальном электрическом потенциометре типа ЭПП-09-МЗ, с помощью медно-константановых термопар диаметром 0.1 мм. Потенциометр подключался к выходу фотоэлектрического усилителя типа Ф-116/2, с чувствительностью 0.013⁰С для температуры "ядра" и 0.13⁰ С - для "оболочки" организма и термокамеры. Для регистрации мышечной температуры "рабочие" спаи термопар с помощью инъекционной иглы вводили в бедренную мышцу на глубину 2 см, а температуру ободочной кишки измеряли с помощью гибкой термопары, вводя ее в анус на глубину 6-7 см. Прикрепляя термодатчик на кожу хвоста, в области проксимального отдела хвостовой артерии, измеряли температуру "оболочки". "Свободные" спаи термопар помещали в ультратермостат типа У-10, где поддерживалась эталонная температура.

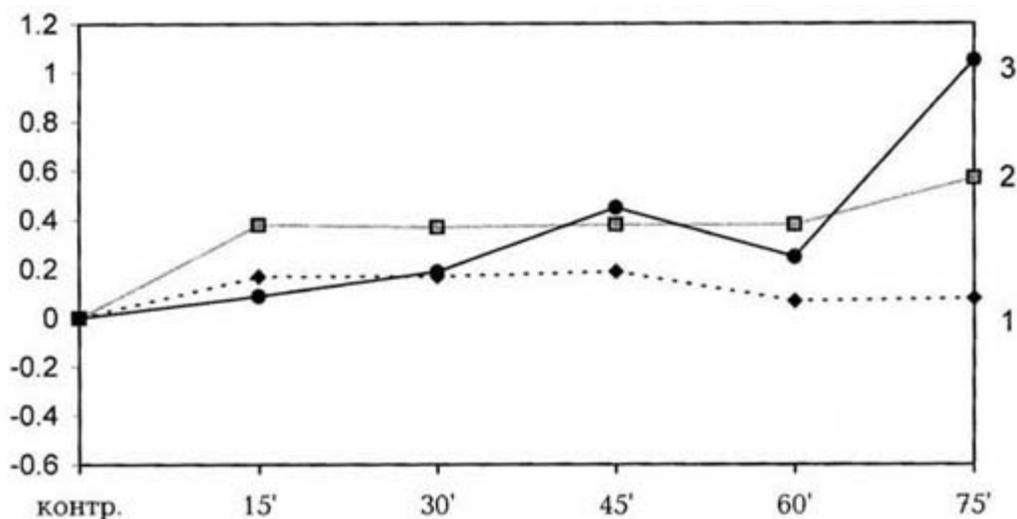


Рис. 1. Градиент изменений температурных показателей при введении киоторфина intactным крысам. На оси абсцисс - контроль и время регистрации показателей; на оси ординат - градиент изменения температуры (ΔT); 1 - скелетная мышца; 2 - ободочная кишка; 3 - артериальные сосуды.

Эксперименты проводили в следующей последовательности: в первые 30 мин у трех крыс одновременно проводили контрольную регистрацию исследуемых показателей; затем двум экспериментальным крысам внутривенно вводили изобарин (Sigma) в объеме 0.1 мл, содержащий 1 мг чистого препарата на 100 г массы крысы. Третьей крысе вводили физиологический раствор в соответствующем объеме. Далее в течение 40 мин проводили непрерывное термограммирование указанных показателей, после чего всем животным внутривенно вводили киоторфин в дозе 50 мкг/100 г массы тела и термограммирование продолжали в течение 90 мин. Температурные показатели третьей крысы служили контролем для первых двух. На 9 крысах проведено 18 опытов. Результаты экспериментов показали, что киоторфин, введенный на фоне физиологического раствора, индуцировал гипертермию организма (рис.1). Температура ободочной кишки достоверно повышалась и в течение 75 мин доходила до 38.84°C ($\Delta T = 0.57^{\circ}$). Невысокие колебания температуры скелетных мышц имели фазный характер: в первые 15 мин температура повышалась в среднем на 0.19°C , а к 75-й мин снижалась, доходя до исходного уровня. Температура периферической крови, регистрируемая с кожи хвоста, повышалась на 1.05°C ($P < 0.01$), что свидетельствует о чувствительности β -адренорецепторов кровеносных сосудов к действию препарата.

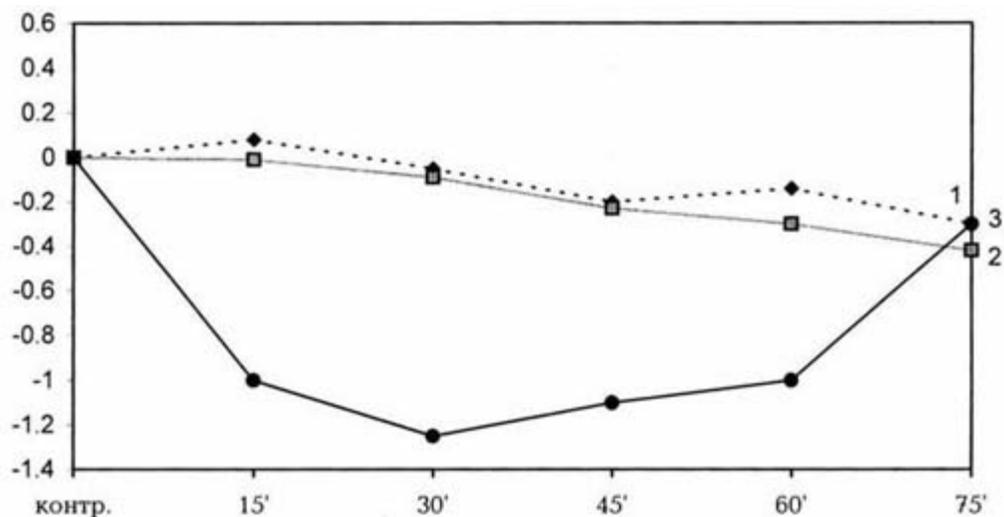


Рис. 2. Градиент изменений температурных показателей при введении киоторфина на фоне химической десимпатизации. На оси абсцисс - контроль и время регистрации показателей; на оси ординат - градиент изменения температуры (ΔT); 1 - скелетная мышца; 2 - ободочная кишка; 3 - артериальные сосуды.

Изобариновая десимпатизация приводила к умеренной гипотермии организма. Наблюдаемые параметры достоверно понижались, составляя соответственно ΔT мышц -0.35 , ободочной кишки -0.29 , артериальных сосудов $-0,36^{\circ}\text{C}$. Киоторфин не только не предотвращал, но и еще более углублял понижение температуры "ядра" крыс, которое регистрировалось в течение 75 мин и далее. Выявлено, что понижение температурных показателей в ободочной кишке составило 0.42 ($P < 0.01$), в мышцах -0.32 , а в артериальных сосудах 1.3°C ($P < 0.01$) (рис.2). Под действием киоторфина гипотермия у десимпатизированных крыс развивалась медленно и только к 75-й мин доходила до достоверных величин. Как у интактных, так и у десимпатизированных крыс периферические кровеносные сосуды оказались чувствительнее к киоторфину. Однако колебания температуры крови по времени были сдвинуты влево и наиболее низкие показатели регистрировались уже через 15 и 30 мин после инъекции, а к 75-й мин повышались, но не доходили до исходного уровня. Данный эффект, по-видимому, имел гомеостатическое значение и был направлен на сохранение температуры "ядра". Такое предположение согласуется с литературными данными [3] о тонизирующем влиянии киоторфина на кровеносные сосуды.

Известно, что изобарин является сильным симпатолитиком и истощает запасы норадреналина и адреналина в окончаниях постганглионарных симпатических волокон и в мозговом веществе надпочечников, т.е. вызывает полную химическую "симпатэктомию" [12]. Это подтверждается понижением температуры в эффекторах как сократительного, так и несократительного термогенеза. Гипотермия, наблюдаемая после введения киоторфина десимпатизированным крысам, свидетельствует о том, что для реализации термогенного эффекта киоторфина необходима целостность симпатической нервной системы. Причем у десимпатизированных крыс киоторфин понижает не только температуру "ядра", но и

параллельно температуру "оболочки" организма, что способствует куммуляции тепла в организме и направлено на компенсацию теплопотерь. В то же время у интактных крыс киноторфин повышает теплоотдачу, тем самым предохраняя организм от чрезмерного перегрева.

Таким образом, действие киноторфина может опосредоваться не только через собственные, но и через симпатические нервные окончания. Киноторфин, изменяя температурный гомеостаз организма, одновременно активизирует механизмы, ответственные за его поддержание.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели НАН РА

Литература

1. *Пушкарев Ю. П., Иванова О. И.* В сб: Симпозиум физиологии пептидов. Л. 1988. С. 145-146.
2. *May E. T., Miller J.* - Hormone. Metabol. Res. 1979. V. 11. P. 30-33.
3. *Hellone R. F.* - J. Physiol. 1975. V.3. P.29.
4. *Попова Н. К., Воронцова И. П.* В кн.: Система терморегуляции при адаптации организма к факторам среды. Новосибирск. 1990. С. 13.
5. *Янский Л., Выбирал С. и др.* В кн.: Нейропептиды и терморегуляция, Минск. 1990. С. 76-90.
6. *Брусенцов А. И.* - Рос. физиол. ж. им. Сеченова. 1998. Т.127. N2. С.160-165
7. *Данилов Е. И., Графова В. Н.* - Бюлл. экспер. биол. и мед. 1999. Т. 127. С. 160-165.
8. *Павлова И. Ю., Мационус Э. А. и др.* - Бюлл. экспер. биол. и мед. 1998. Т. 126. N7. С. 113-115.
9. *Chen P.* - J. Med Chem. 1998. V. 41 (20). P. 3773-3781.
10. *Неба Н.* - Japan. J. Physiol. 1990. V. 79. N 3. P. 263-268.
11. *Арутюнян К.Р., Мартиросян С. Ш.* - ДНАН Армении. 2000. Т. 100. N 4. С. 369-372.
12. *Авакян О. М.* Симпато-адреналовая система. Ереван, Изд-во АН Арм ССР. 1973. 256 с.

Ք. Ռ. Հարությունյան, Ս. Շ. Մարտիրոսյան

**Կլիտորֆինի ազդեցությունը դեսիմպատիզացված առնետների
ջերմային հոմեոստազի կարգավորման վրա**

Ապացուցված է, որ կլիտորֆինի ջերմակարգավորիչ ազդեցությունը իրականացվում է ոչ միայն կլիտորֆինազգաց սեփական ռեցեպտորների, այլ նաև սիմպաթիկ նյարդային վերջույթների միջոցով: Դեսիմպատիզացված առնետների մոտ կլիտորֆինը, իջեցնելով «կորիզի» և «թաղանթի» ջերմությունը, միաժամանակ նպաստում է օրգանիզմում ջերմակորստի նվազմանը և ջերմային հոմեոստազի պահպանմանը: