

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

ISSN 0321-1339

ՉԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
REPORTS

2000

Երևան

Երևան

Yerevan

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

Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Ս. Ա. ՆԱՄԲԱՐՇՈՒՄՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ Գ.Ա. ԱՐԶՈՒՄԱՆՅԱՆ (պար. քարտուղար), ակադեմիկոս Է.Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ե. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԲՐՈՒՏՅԱՆ, ակադեմիկոս Է.Ս. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԳԱԼՈՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Վ. ԴՈՎԼԱՏՅԱՆ (գլխ. խմբագրի տեղակալ), ակադեմիկոս Ա.Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Կ.Գ. ՂԱՐԱԳՅՈՋՅԱՆ, ակադեմիկոս Յու.Շ. ՇՈՒԲՈՒՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Դ.Մ. ՍԵԴՐԱԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Բ. ՖԱՆԱՐԶՅԱՆ:

Главный редактор академик С. А. АМБАРЦУМЯН

Редакционная коллегия: Г.А. АРЗУМАНЫАН (отв. секретарь), академик Э.Г. АФРИКЯН, академик Г.Е. БАГДАСАРЯН, 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 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 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

Տեղ. 52-44-61

Խմբագրության վարիչ՝ Գ.Ա. Աբրահամյան

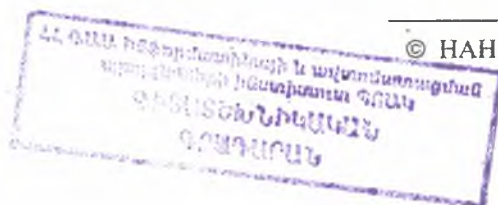
Адрес редакции: 375019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

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

- Գ. Վ. Դալլարյան - R⁰-ում տրված կիսաէլիպտիկ հավասարման լուծումների մոտարկումը մեծ շառավղով ընդհանրացված գնդի վրա դրված եզրային խնդիրների լուծումներով..... 5
- Կ. Ի. Ղարախանյան - Երկրորդ կարգի սովորական գծային համասեռ դիֆերենցիալ հավասարումների ինտեգրման մի եղանակի և նրա կիրառությունների մասին..... 11

ՍԵՆԱՆԻԿԱ

- Կ. Ա. Կարապետյան - Առանցքային ձգող ճիգի ազդեցությունը ոլորման ենթարկված ապակեպլաստե խողովակաձև փորձանմուշների սողքի վրա..... 20
- Մ. Ա. Ջադոյան - Բաղադրյալ բազմասեպի թերլարվածությունը..... 26
- Գ. Վ. Գևորգյան - Մալի ամրությունը լարումների կոնցենտրացիայի դեպքում..... 33

ԳԵՏՆԱՀՈՂԵՐԻ ՍԵՆԱՆԻԿԱ

- Ս. Ռ. Մեսչյան - Կավային գետնահողերի սարքի դիմադրության որոշումը նմուշների կրկնակի փորձարկման եղանակով..... 41

ՖԻԶԻԿԱ

- Ն. Ա. Ղորիսմազյան, Ն. Ն. Ղորիսմազյան - Անգույն տարրական մասնիկների համաչափությունը..... 47

ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ

- Գ. Լ. Արեշյան - Ասինխրոն շարժիչի բանեցման ժամանակ սինխրոն գեներատորի լարումների անկման բանաձևերը..... 52

ՍԵՔԵՆԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Ի. Ռ. Հովակիմյան, Հ. Հ. Բաբայան, Ա. Ս. Դեղոյան - Փոփոխական ռեգիստրների օպտիմալ ընտրության հարցերը ԱՌԿԳ-ի վրա ավտոմատ հավաքման դրությունից ելնելով..... 56

ՍՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Ա. Լ. Ջրբաշյան, Ռ. Ա. Ջաքարյան, Պ. Ա. Ղազարյան, Ս. Ն. Սիմոնյան, Կ. Գ. Ղարազդրյան - ես-Ռ-ԼԹ-ի և պոլիմուկլետիդների ազդեցությունը ապոպտոզի վրա..... 60
- Ա. Ա. Ղազինյան - Սպիտակ առնետների լյարդի միտոքոնդրիալ ֆրակցիայի ֆոսֆոլիպիդների փոփոխությունների առանձնահատկությունները ենթաստոծանի երկկողմանի վազոտոմիայի պայմաններում..... 64

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

- Ա. Ա. Սիմոնյան, Ա. Ա. Գալոյան, Ռ. Բ. Բադալյան, Ռ. Ա. Ստեփանյան, Լ. Ա. Սիմոնյան - Հիպոթալամուսի ցիտոկին նոր բազմապեպտիդի ազդեցությունը առնետի հյուսվածքների Mg²⁺ և Ca²⁺ - ակտիվացող ԱՏՌ-ազների վրա 70

ՊԱՐԱԶԻՏՈԼՈԳԻԱ

- Ջ. Ա. Կարապետյան, Հ. Ս. Սկրտչյան - Ֆիտոնեմատոդի նոր տեսակ (Ditylenchus chaerophyllum sp. nov.) մանդակ բույսի վրա (ընտ. Apiacea)..... 74

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

- Ռ. Ա. Հարությունյան, Ա. Վ. Ոսկանյան, Զ. Ռ. Հարությունյան, Ս. Շ. Մարտիրոսյան - Առնետների ջերմակարգավորման վրա գյուրգայի թույնի ազդեցության մեխանիզմների հետազոտումը..... 79
- Խ. Հ. Նահապետյան, Ռ. Ա. Հարությունյան, Լ. Ա. Մատինյան, Զ. Ռ. Հարությունյան, Լ. Վ. Նուրբեկյան - α և β ադրենոլնկալիչների շրջափակման ազդեցությունն առնետների ջերմակարգավորման գործընթացների վրա ստրեսային իրավիճակներում..... 82
- Կ. Վ. Ղազարյան, Վ. Յ. Վանցյան, Ա. Ս. Տիրայան, Ռ. Ռ. Հակոբյան - Կատվի միզածորանի հարմիզապարկի պեյամեկերային շրջանի ակտիվության բնութագրերը..... 88

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- Г.В. Даллакян* — Аппроксимация решений полуэллиптического уравнения в R^n решениями граничных задач в обобщенном шаре большого радиуса..... 5

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

- К.И. Караханян* — Об одном способе интегрирования обыкновенных однородных линейных дифференциальных уравнений второго порядка и его приложениях..... 11

МЕХАНИКА

- К.А. Карапетян* — Влияние осевого растягивающего усилия на ползучесть стеклопластиковых трубчатых образцов, подверженных кручению..... 20
- М.А. Задоян* — Малонапряженность составного многоклина..... 26
- Г.В. Геворкян* — Прочность плиты при концентрации напряжений..... 33

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

- С.Р. Месчан* — Определение сопротивления сдвигу глинистых грунтов методом повторного испытания образцов..... 41

ФИЗИКА

- Н.А. Корхмазян, Н.Н. Корхмазян* — Симметрия бесцветных элементарных частиц..... 47

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- Г.Л. Арешян* — Формулы провалов напряжений синхронного генератора при пуске асинхронного двигателя..... 52

МАШИНОСТРОЕНИЕ

- И.Р. Овакимян, Г.Г. Бабаян, А.С. Дегоян* — Об оптимальном выборе переменных резисторов с позиций автоматизированной сборки на АРКЛ..... 56

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

- А.Р. Джербашьян, Р.А. Захарян, П.А. Казарян, С.Н. Симонян, К.Г. Карагезян* — Действие дсРНК и полинуклеотидов на апоптоз..... 60
- А.А. Казинян* — Особенности изменений фосфолипидов митохондриальной фракции печени белых крыс при двусторонней поддиафрагмальной ваготомии..... 64

БИОХИМИЯ

- А.А. Симонян, А.А. Галоян, Р.Б. Бадалян, Р.А. Степанян, Л.А. Симонян* — Влияние нового гипоталамического полипептида цитокина на Mg^{2+} - и Ca^{2+} -активируемые АТФазы тканей крыс..... 70

ПАРАЗИТОЛОГИЯ

- Дж.А. Карапетян, Р.С. Мкртчян* — Новый вид фитонематоды — *Ditylenchus Chaerophyllum* sp. nov. на бутене клубненосном (сем. *Ariaceae*)..... 74

ФИЗИОЛОГИЯ

- Р.А. Арутюнян, А.В. Восканян, К.Р. Арутюнян, С.Ш. Мартиросян* — Исследование механизмов влияния яда гюрзы на терморегуляцию у крыс..... 79
- Х.О. Нагапетян, Р.А. Арутюнян, Л.А. Матинян, К.Р. Арутюнян, Л.В. Нурбекян* — Влияние блокады α и β адреноблокаторов на терморегуляцию у крыс при стрессовых ситуациях..... 82
- К.В. Казарян, В.Ц. Ванцян, А.С. Тираян, Р.Р. Акоюн* — Характеристики пейсмекерной активности околопузырной области мочеочника кошки..... 88

CONTENTS

MATHEMATICS

- G.V. Dallakyan* – Approximation of the solutions of semi-elliptic equations in R^n by the solutions of boundary-value problems in a generalized sphere of large radius..... 5

APPLIED MATHEMATICS

- K.E. Karakhanyan* – About one mode of integration of ordinary homogeneous linear differential equations of the second order and its supplement..... 11

MECHANICS

- K.A. Karapetian* – The influence of an axial strain force on creep of glass-plastic tubular specimens, subjected to torsion..... 20
- M.A. Zadoyan* – Love stress level of the compound polywedge..... 26
- G.V. Gevorgyan* – The strength of the plate under the stresses concentration..... 33

SOIL MECHANICS

- S.R. Meschyan* – Determination of a shear strength of clayey soils by the method of repeated test of samples..... 41

PHYSICS

- N.A. Korkhmazyan, N.N. Korkhmazyan* – Symmetry of colorless elementary particles..... 47

ELECTROTECHNICS

- G.L. Areshian* – Formulae of instant voltage downfalls of synchronous generator in starting asynchronous motor..... 52

MACHINE – BUILDING

- I.R. Hovakimyan, H.H. Babayan, A.S. Degoyan* – Development of standard structures of rotor and rotor-conveyer lineselectron industry items assembly..... 56

MOLECULAR BIOLOGY

- A.R. Jrbashyan, R.A. Zakharyan, P.A. Kazaryan, S.N. Symonyan, K.G. Karageuzyan* – The action of dsRNA and polynucleotides on the apoptosis..... 60
- A.A. Chazinyan* – The changes of rat liver phospholipid metabolism under the truncal vagotomy..... 64

BIOCHEMISTRY

- A.A. Simonyan, A.A. Galoyan, R.B. Badalyan, R.A. Stepanyan, L.A. Simonyan* – The influence of new hypothalamic cytokine polypeptide on Mg^{2+} - and Ca^{2+} -activated ATPase in rat tissues. 70

PARASITOLOGY

- J.A. Karapetian, R.S. Mkrtchian* – New species of the phytonematodes *Ditylenchus Chaerophyllum* sp. nov. on parsnip chevil (fam. Apiacea)..... 74

PHYSIOLOGY

- R.A. Haroutunyan, A.V. Voskanyan, K.R. Haroutunyan, S.Sh. Martirosyan* – Investigation of mechanisms of viper lebetina's venom influence on thermoregulation in rats..... 79
- Kh.O. Nahapetyan, R.A. Haroutunyan, L.A. Matinyan, K.R. Haroutunyan, L.V. Nourbekyan* – The influence of α - and β - adrenoreceptors blockade on thermoregulation in rats in stress situations..... 82
- K.V. Kazarian, V.Ts. Vantsian, A.S. Tirayan, R.R. Hakobyan* – Characteristics of pacemaker activity of the cat's ureter pericystic region..... 88

Г. В. Даллакян

Аппроксимация решений полуэллиптического уравнения в R^n решениями граничных задач в обобщенном шаре большого радиуса

(Представлено академиком Г. Е. Багдасаряном 11/VIII 1999)

Пусть R^n – n -мерное евклидово пространство точек с вещественными координатами, N_0^n – множество n -мерных мультииндексов, т.е. векторов $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ с целыми неотрицательными компонентами, $m = (m_1, \dots, m_n)$ – вектор с натуральными компонентами, $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n) = ([1/(m_1)], \dots, [1/(m_n)])$,

$$|\mu| = \sum_{j=1}^n \mu_j, \mu_0 = \min_{1 \leq j \leq n} \mu_j. \text{ Если } x \in R^n, \alpha \in N_0^n, \text{ то положим}$$

$$(\mu, \alpha) = \sum_{j=1}^n \mu_j \alpha_j, |x|_\mu = \left(\sum_{j=1}^n |x_j|^{2/\mu_j} \right)^{1/2},$$

$$x^\alpha = (x^{\alpha_1}_1, \dots, x^{\alpha_n}_n), D^\alpha = D^{\alpha_1}_1 \dots D^{\alpha_n}_n, D_j = \frac{1}{i} \frac{\partial}{\partial x_j}, j=1, \dots, n.$$

Пусть $P(D)$ -линейный дифференциальный оператор с постоянными коэффициентами, символ $P(\xi)$ которого представлен в виде

$$P(\xi) = P^0(\xi) + P^1(\xi) = \sum_{(\mu, \alpha)=2} \gamma_\alpha \xi^\alpha + \sum_{(\mu, \alpha) < 2} \gamma_\alpha \xi^\alpha. \quad (1)$$

Определение. Оператор $P(D)$ называется полуэллиптическим (см.[1]), если существует число $\chi > 0$ такое, что

$$|P^0(\xi)| \geq \chi \left(|\xi_1|^{2/\mu_1} + \dots + |\xi_n|^{2/\mu_n} \right), \forall \xi \in R^n.$$

Для любой области $\Omega \subset R^n$ обозначим через $H^{sm}(\Omega)$ анизотропное соболевское пространство функций с конечной нормой

$$\|u\|_{H^{sm}(\Omega)} = \|u\|_{L^2(\Omega)} + \sum_{i=1}^n \|D^{sm}_i u\|_{L^2(\Omega)} \quad (2)$$

0

Замыкание множества $C^\infty_0(\Omega)$ по норме (2) обозначим через $H^{sm}\Omega$.

Пусть $P=P(D)$ - полуэллиптический оператор вида (1) (т.е. μ порядка 2) и $Q=Q(x,D)$ - дифференциальный оператор μ - порядка не выше 2 с гладкими коэффициентами, равными нулю вне μ - шара $B_{a,\mu}=\{x \in R^n; |x|_\mu < a\}$.

Будем рассматривать в R^n полуэллиптическое уравнение

$$(P+Q)u=f \quad (3)$$

В [2] это уравнение рассмотрено при условии $P(\varepsilon) \neq 0, \forall \varepsilon \in R^n$. Там же доказано, что если $f \in L_2(R^n)$, то существует единственное стремящиеся к 0 при $|x|_\mu \rightarrow \infty$ решение $u \in H^{2m}(R^n)$ уравнения (3). Кроме того, в (2) доказано, что если $f \in L_{2,a}(R^n)$ (т.е. $f \in L_2(R^n)$ при $|x|_\mu > a$), то для любого $\sigma \geq a$ краевая задача

$$(P+Q)u_\sigma(x)=f(x), x \in B_{\sigma,\mu}, \quad (4)$$

$$u_\sigma \in H^{sm} \Omega(B_{\sigma,\mu}) \quad (5)$$

имеет единственное решение $u_\sigma \in H^m(B_{\sigma,\mu}) \cap H^{2m}(B_{\sigma,\mu})$, при этом выполняется неравенство

$$\|u-u_\sigma\|_{H^m(B_{\sigma,\mu})} \leq c e^{-\gamma_1 \sigma \mu(0)} \sigma^{1+[(|\mu|-\mu_0)/2]} \|f\|_{L_{2,a}(R^n)}, \quad (6)$$

где c, γ_1 положительные постоянные, не зависящие от f и σ .

Цель настоящей статьи - получить результаты такого типа в случае

$$P(\xi) \neq 0, \xi \in R^n \setminus \{0\}, P(0)=0 \quad (7)$$

Отметим, что для эллиптических уравнений подобная задача решена Л. Шимоном (см. (30)).

Представим оператор $P(D)$ в виде суммы μ -однородных (обобщенно однородных [4]) многочленов

$$P(D) = \sum_{j=l}^M P_j(D) \equiv \sum_{j=l}^M \sum_{(\mu,\alpha)=d_j} \gamma_\alpha D^\alpha, \quad (8)$$

где $2=d_M > d_{M-1} > \dots > d_1 \geq 0$.

Имеют место следующие леммы.

Лемма 1. Пусть оператор (8) полуэллиптичен и удовлетворяет условию (7), $P_l(\xi) \neq 0, \forall \xi \in R^n \setminus \{0\}, d_l < |\mu|$. Тогда $P(D)$ имеет единственное фундаментальное решение E , удовлетворяющее условию

$$D^\alpha E(x) = O \left(\frac{1}{|x|^{|\mu|-d_l+(\mu,\alpha)}_\mu} \right), \quad |x|_\mu \rightarrow \infty.$$

Лемма 2. Пусть оператор (8) удовлетворяет условиям леммы 1, $f \in L_{2,a}(R^n)$. Тогда уравнение

$$P(D)u=f \quad (9)$$

имеет сходящееся к нулю при $|x|_{\mu} \rightarrow \infty$ решение, притом единственное ($u(x) = O(1/(|x|_{\mu} - d_{1\mu}))$). Это решение имеет вид $u = E * f$, где E - фундаментальное решение P из леммы 1 и для любого компакта $K \subset R^n$ имеет место неравенство

$$\|u\|_{L_2(K)} \leq c(K) \|f\|_{L_{2,a}(R^n)}.$$

Для случая $|\mu| > 2d_1$ можно получить более точную оценку, а именно справедлива следующая

Лемма 3. Пусть оператор $P(D)$ удовлетворяет условиям леммы 1, $|\mu| > 2d_1$ и $f \in L_1(R^n) \cap L_2(R^n)$. Тогда уравнение (9) имеет одно, и только одно, решение $u \in H^{2m}R^n$ (решение единственно также в $L_2(R^n)$), при этом

$$\|u\|_{H^{2m}(R^n)} \leq c[\|f\|_{L_1(R^n)} + \|f\|_{L_1(R^n)}]$$

Рассмотрим задачу Дирихле

$$P(D)u_{\sigma} = f \quad \text{в} \quad B_{\sigma,\mu}, \quad (10)$$

$$D^{\nu_j} u_{\sigma}|_{S_{\sigma,\mu}} = 0, j=1, \dots, n, \nu_j=0, 1, \dots, m_j-1, \quad (11)$$

где $S_{\sigma,\mu} = \{x \in R^n; |x|_{\mu} = \sigma\}$ (μ -сфера).

Теорема 1. Пусть μ - однородный оператор $P(D)$ вида (8) удовлетворяет условиям леммы 2. Задача (10), (11) для $\sigma = 1$ и произвольной $f \in L_{2,1}(R^n)$ имеет единственное решение $u_1 \in H^{2m}(B_{1,\mu})$ (см. [5]). Тогда задача (10), (11) имеет решение, притом единственное, $u_{\sigma} \in H^{2m}(B_{\sigma,\mu})$, для всех $\sigma > a$ и $f \in L_{2,a}(R^n)$. Более того, разность u_{σ} и решения и уравнения (9) при достаточно больших σ может быть оценена следующим образом:

$$\|D^{\beta} u - D^{\beta} u_{\sigma}\|_{L_2(B_{\sigma,\mu})} \leq \frac{c}{\sigma^{[(|\mu|)/2]-1+(\mu,\beta)}} \|f\|_{L_{2,a}(R^n)}; (\mu,\beta) \leq 1,$$

кроме того, если $\mu_0 > \mu_i/2$ ($i=1, \dots, n$), то для любого компакта $K \subset R^n$ и $(\mu,\tau) \leq 2$

$$\sup_K |D^{\tau} u - D^{\tau} u_{\sigma}| \leq \frac{c(K)}{\sigma^{|\mu|-2+(\mu,\tau)}} \|f\|_{L_{2,a}(R^n)}.$$

В случае, когда оператор $P(D)$ не является μ -однородным, получается следующий результат:

Теорема 2. Пусть оператор (8) удовлетворяет условиям леммы 3. Многочлен $P(\xi)$ имеет вид

$$P(\xi) = \sum_{[(\mu,\alpha) \leq 1] \parallel [(\mu,\beta) \leq 1]} \gamma_{\alpha,\beta} \xi^{\alpha+\beta},$$

где $\gamma_{\alpha,\beta} \in R^1$, и для любого комплексного вектора $(\zeta_0, \dots, \zeta_{\alpha}, \dots) \neq 0$ имеют место следующие неравенства:

$$\sum_{[(\mu, \alpha) = 1] \parallel [(\mu, \beta) = 1]} \gamma_{\alpha, \beta} \zeta_{\alpha} \bar{\zeta}_{\beta} > 0, \quad \sum_{[(\mu, \alpha) < 1] \parallel [(\mu, \beta) < 1]} \gamma_{\alpha, \beta} \zeta_{\alpha} \bar{\zeta}_{\beta} \geq 0.$$

Тогда для любых $f \in L_1(R^n) \cup L_2(R^n)$ и $\sigma > 0$ задача (10), (11) имеет единственное решение $u_{\sigma} \in H^{2m}(B_{\sigma, \mu})$, при этом, если $\mu_0 > \mu_i/2 (i=1, \dots, n)$, то для любого компакта $K \subset R^n$

$$\sup_K |D^{\tau} u - D^{\tau} u_{\sigma}| \leq \frac{c(K)}{\sigma^{[(|\mu|)/2] - 2 - d_1 + (\mu, \tau)}} [\|f\|_{L_1(R^n)} + \|f\|_{L_1(R^n)}],$$

где $\tau \in N_0^n$, $(\mu, \tau) \leq 2$.

Следствие. Из теорем 1,2 следует, что если $|\mu| > 2$ и $(\mu, \tau) \leq 2$, то

$$\lim_{\sigma \rightarrow \infty} \|u - u_{\sigma}\|_{H^m(B_{\sigma, \mu})} = 0,$$

$$\lim_{\sigma \rightarrow \infty} \sup_K |D^{\tau} u - D^{\tau} u_{\sigma}| = 0.$$

Рассмотрим уравнение

$$P(D)u + \lambda Q(x, D)u = f, \quad (12)$$

где $P = P(D)$ - оператор (8), $Q = Q(x, D)$ - линейный дифференциальный оператор μ - порядка не выше 2 с гладкими коэффициентами, которые равняются нулю при $|x|_{\mu} \geq a$, λ - комплексный параметр, $f \in L_{2,a}(R^n)$.

Ясно, что если $|\lambda|$ достаточно мало, то $P + \lambda Q$ полуэллиптический. Обозначим через Δ множество всех значений λ , при которых оператор $P + \lambda Q$ полуэллиптический. Очевидно, Δ открыто. Связное подмножество множества Δ , которое содержит точку $\lambda = 0$, обозначим через Δ_0 . Нетрудно заметить, что если μ - порядок оператора $Q(x, D)$ меньше 2, то Δ_0 совпадает со всей комплексной плоскостью λ .

В (6) доказано, что если $\lambda \in \Delta_0$, то индекс уравнения (12) равен нулю. Кроме того, если $\lambda \in \Delta_0 \setminus \Delta_1$, где Δ_1 - некоторое счетное множество, то для любой $f \in L_2(R^n)$ уравнение (12) имеет единственное, равное нулю в бесконечности решение $u \in H^{2m}(R^n)$. Наконец рассмотрим следующую задачу Дирихле:

$$P(D)u + \lambda Q(x, D)u = f \text{ в } B_{\sigma, \mu}, \quad (13)$$

$$D^{\nu_j} u_{\sigma}|_{S_{\sigma, \mu}} = 0, j=1, \dots, n, \nu_j = 0, 1, \dots, m_j - 1. \quad (14)$$

Теорема 3. Пусть $P(D)$ удовлетворяет условиям теоремы 2, а $Q(x, D)$ - вышеперечисленным условиям, $\lambda \in \Delta \setminus \Delta_1$ - фиксированное число. Тогда существует число $\sigma_0 > 0$ такое, что для всех $\sigma \geq \sigma_0$ и $f \in L_{2,a}(R^n)$ задача (13), (14) имеет единственное решение $u_{\sigma} \in H^{2m}(B_{\sigma, \mu})$ выполняются неравенства

$$\|u - u_\sigma\|_{H^{2m}(K)} \leq \frac{c_3(K)}{\sigma^{|\mu|-2}} \|f\|_{L^{2,a}(R^n)}.$$

$$\|u - u_\sigma\|_{H^m(B_{d\sigma\mu})} \leq \frac{c_4}{\sigma^{[(|\mu|)/2]-1}} \|f\|_{L^{2,a}(R^n)}.$$

Теорема 4. Пусть $P(D)$ удовлетворяет условиям теоремы 2, а $Q(x, D)$ - вышеперечисленным условиям, $\lambda \in \Delta_0 \setminus \Delta_1$ - фиксированное число. Тогда существует число $\sigma_0 > 0$ такое, что для всех $\sigma \geq \sigma_0$ и $f \in L^{2,a}(R^n)$ задача (13), (14) имеет единственное решение $u_\sigma \in H^{2m}(B_{\sigma,\mu})$ и для любого компакта $K \subset R^n$

$$\|u - u_\sigma\|_{H^{2m}(K)} \leq \frac{c_3'(K)}{\sigma^{[(|\mu|)/2]-2-d_1}} \|f\|_{L^{2,a}(R^n)}.$$

Ереванский государственный университет

Литература

1. Хермандер Л. Линейные дифференциальные операторы с частными производными. М.; Мир, 1965.
2. Даллакян Г.В. - Уч. зап. ЕГУ. 2000. № 1
3. Simon L. - Ann.sectio math. 1984. № 16. P. 241-256.
4. Бесов О.В., Ильин В.П., Никольский С.М. Интегральные представления функций и теоремы вложения., - М.: Наука 1975.
5. Мосолов П.П., - Мат. сборник. 1961: Т.55(97). № 13. С. 307-328
6. Карапетян Г.А., Даллакян Г.В. - Изв. НАН Армении. Математика. 1999. Т. 35. № 5 С.

Գ. Վ. Դավաթյան

**R_n - ում տրված կիսաէլիպտիկ հավասարման լուծումների մոտարկումը մեծ
շառավիղով ընդհանրացված գնդի վրա դրված եզրային խնդիրների
լուծումներով**

Աշխատանքում ուսումնասիրվում է

$$P(D)u + Q(x, D)u = f, \quad x \in R^n$$

կիսաէլիպտիկ հավասարումը, որտեղ $P(D) = \sum_{|\alpha| \leq 2} \gamma_\alpha D^\alpha$ - ն որոշակի դասի հաստատուն գործակիցներով (2μ - կարգի) գծային դիֆերենցիալ օպերատոր է, իսկ $Q(x, D)$ - ն՝ ողորկ փոփոխական գործակիցներով $2 - \mu$ - ը չգերազանցող μ - կարգի գծային դիֆերենցիալ օպերատոր է, որի գործակիցները $B_{\sigma, \mu} = \{x \in R^n; |x|_\mu < \sigma\}$ ընդհանրացված գնդից դուրս 0 են դառնում: Ապացուցվում է, որ այդ հավասարման լուծումը կարող է ստացվել որպես $B_{\sigma, \mu}$ -ի վրա դրված $P(D)u_\sigma = f, D_j^\nu u_\sigma|_{S_{\sigma, \mu}} = 0, \quad j=1, \dots, n, \nu=0, 1, \dots, m_j-1$ եզրային խնդրի u_σ լուծման սահման, երբ $\sigma \rightarrow \infty$:

К. И. Караханян

**Об одном способе интегрирования обыкновенных
однородных линейных дифференциальных
уравнений второго порядка и его приложениях**

(Представлено академиком Л. А. Агаловяном 27/I 2000)

Большое количество задач во многих областях науки и техники сводится к обыкновенным однородным линейным дифференциальным уравнениям второго порядка с переменными коэффициентами

$$y'' + 2Gy' + Hy = 0. \quad (1)$$

Решение ряда краевых задач математической физики, в частности теории упругости, выражаемых уравнениями с частными производными, с применением метода разделения переменных, как известно, также приводится к этим уравнениям.

В качестве примера рассмотрим простейшую задачу поперечных свободных колебаний неоднородной струны. Смещение $u(x,t)$ точки струны удовлетворяет дифференциальному уравнению в частных производных

$$F_0 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = \rho(x) \cdot \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2}, \quad (2)$$

где $F_0 = \text{const}$ - сила натяжения, $\rho(x)$ - линейная плотность в точке x . Представляя $u(x,t)$ в виде произведения $X(x) \cdot T(t)$, после разделения переменных получим два уравнения типа (1):

$$X''(x) + J(x) \cdot X(x) = 0, \quad J(x) = \lambda \frac{\rho(x)}{F_0}, \quad (3)$$

$$T''(t) + \lambda T(t) = 0$$

Решение этих уравнений для произвольной $\rho(x)$, при соответствующих граничных и начальных условиях, является, как известно, довольно трудной задачей.

Хотя существует большое количество достаточно эффективных методов, нахождение решения основных уравнений в общем случае остается одной из актуальных проблем современной теории упругости, механики сплошной среды и вообще прикладной математики. Эти вопросы отражены во многих трудах, в частности [1–3], в которых приведена также обширная библиография.

В данной статье предложен способ, позволяющий найти решение (1), предполагая лишь, что $G(x)$ - непрерывно дифференцируемая, а $H(x)$ - непрерывная функция от x в той области, в которой требуется проинтегрировать это уравнение. Эти условия, накладываемые на коэффициенты $G(x)$ и $H(x)$, не ограничивают общность предложенного способа, так как во многих прикладных задачах они удовлетворяются. В этом смысле способ можно считать общим.

Из теории линейных дифференциальных уравнений известно, что если найдено одно нетривиальное частное решение $y_1(x)$ уравнения (1), то в принципе его можно считать решенным, так как общий интеграл может быть найден при помощи квадратур

$$y = c_1 y_1 + c_2 y_1 \int \frac{e^{-2 \int G dx}}{y_1^2} dx, \quad (4)$$

где c_1 и c_2 - произвольные постоянные.

Хотя теория линейных дифференциальных уравнений является наиболее разработанной частью теории дифференциальных уравнений, в настоящее время не разработаны достаточно эффективные аналитические методы для определения $y_1(x)$ в конечном виде или даже при помощи квадратур при произвольных $G(x)$ и $H(x)$. Как известно, такой метод существует только для уравнений с постоянными коэффициентами.

Перейдем к изложению сущности предложенного способа. Полагая

$$y = w e^{-\int G dx}, \quad (5)$$

получаем из (1) нормальную форму уравнения типа (3)

$$\begin{aligned} w'' + Jw &= 0, \\ J &= H - G^2 - G', \end{aligned} \quad (6)$$

где $J=J(x)$ называется инвариантом уравнения (1). Эта функция остается неизменной при всех преобразованиях вида (5), и следовательно, ее можно принять за главную характеристику данного уравнения. Существование и непрерывность $J(x)$ обеспечены вышеуказанными условиями, накладываемыми на коэффициенты $H(x)$ и $G(x)$.

Выразим $y_1(x)$ через $J(x)$. С этой целью введем вместо $y_1(x)$ новую искомую функцию $u(x)$

$$y_1 = u e^{\int ([1/2] - G) dx}. \quad (7)$$

Подстановка в уравнение (1) дает

$$u'' + u' + \left(J + \frac{1}{4} \right) u = 0. \quad (8)$$

Частное решение уравнения (8) ищем в виде ряда [4]

$$u = \sum_{k=0}^{\infty} u_k. \quad (9)$$

Предполагая, что ряд (9) сходится равномерно, подставив в (8), получим

$$u''_0 + u'_0 + \frac{u_0}{4} + \sum_{k=0}^{\infty} \left(u''_{k+1} + u'_{k+1} + \frac{u_{k+1}}{4} + J u_k \right) = 0. \quad (10)$$

Подберем коэффициенты $u_k(x)$ ряда (9) так, чтобы

$$u''_0 + u'_0 + \frac{u_0}{4} = 0,$$

$$u''_{k+1} + u'_{k+1} + \frac{u_{k+1}}{4} = -Ju_k, \quad k=0, 1, 2, \dots$$

Рассматривая второе уравнение как неоднородное и произведя интегрирование этого уравнения, для коэффициентов $u_k(x)$ получим рекуррентную формулу

$$u_0 = e^{-x/2},$$

$$u_{k+1} = -e^{-x/2} \int \left(\int Ju_k e^{x/2} dx \right) dx = (-1)^{k+1} e^{-x/2} T_{k+1}, \quad k=0, 1, 2, \dots$$

Здесь введены новые коэффициенты $T_k(x)$, которые определяются аналогичной рекуррентной формулой

$$T_0 = 1,$$

$$T_{k+1} = \int \left(\int JT_k dx \right) dx, \quad k=0, 1, 2, \dots$$

или

$$T''_{k+1} = JT_k, \quad k=0, 1, 2, \dots \quad (11)$$

Тогда частное решение уравнения (8) будет представляться в виде ряда из коэффициентов $T_k(x)$

$$u = -e^{-x/2} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k T_k. \quad (12)$$

При этом предполагается, что ряд (12) сходится равномерно и существуют все входящие сюда интегралы.

Подставив (12) в (7) и используя (5), легко найдем частные решения уравнений (1) и (6). Они, соответственно, будут иметь вид

$$y_1 = e^{-\int G dx} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k T_k, \quad (13)$$

$$w_1 = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k T_k. \quad (14)$$

Будем считать, что рассматриваемый интервал содержит точку $x=x_0$. Путем интегрирования в промежутке значения от x_0 до переменного значения x , а также используя формулу Дирихле об изменении порядка интегрирования для $T_k(x)$ из рекуррентной формулы (11), получим

$$\begin{aligned}
 T_1(x) &= \int_{x_0}^x dx \int_{x_0}^x J(t) dt = \int_{x_0}^x J(t) dt \int_t^x dx = \int_{x_0}^x (x-t) J(t) dt, \\
 T_2(x) &= \int_{x_0}^x dx \int_{x_0}^x J(t_1) T_1(t_1) dt_1 = \int_{x_0}^x (x-t_1) J(t_1) dt_1 \int_{x_0}^{t_1} (t_1-t) J(t) dt, \\
 T_k(x) &= \int_{x_0}^x (x-t_{k-1}) J(t_{k-1}) dt_{k-1} \int_{x_0}^{t_{k-1}} (t_{k-1}-t_{k-2}) J(t_{k-2}) dt_{k-2} \dots \int_{x_0}^{t_1} (t_1-t) J(t) dt.
 \end{aligned} \tag{15}$$

Таким образом, предложенный способ позволяет привести интегрирование всех уравнений типа (1) к повторным квадратурам, при произвольных $G(x)$ и $H(x)$. При этом задача интегрирования этих уравнений считается выполненной. Такой подход является вполне закономерным, поскольку для любой непрерывной функции всегда можно (точно или приближенно) найти квадратуру и тем самым полностью решить поставленную задачу, в частности задачу (3) при произвольной $\rho(x)$.

Отличие предложенного способа от существующих многочисленных методов заключается в том, что он является достаточно общим: не основывается на конкретных видах коэффициентов уравнения (1) и не предполагает каких-либо связей между ними, позволяет строить алгоритмы рекуррентного типа для этого уравнения, которые легко программируются на ЭВМ, а также провести нужную классификацию уравнений вида (1) по их инварианту, если это уравнение представить в виде

$$y'' + 2Gy' + (J + G^1 + G^2)y = 0. \tag{16}$$

Беря рекуррентную формулу (11) в виде

$$T_0 = 1, \quad T_{k+1}^{(n)} = J T_k, \quad n=1, 2, \dots, \quad k=0, 1, 2, \dots$$

легко показать, что способ позволяет найти также частное решение уравнения n -го порядка

$$U^{(n)} + J U = 0.$$

Если независимую переменную x , как при выводе формулы (15), ограничить в интервале (x_0, x) , то коэффициенты $T_k(x)$ вместе со своими производными до $(n-1)$ -го порядка обращаются в нули при $x=x_0$. Поэтому при нахождении этих коэффициентов можно использовать формулу Коши, позволяющую n -кратный повторный интеграл преобразовать к одному интегралу по параметру. Тогда для $T_k(x)$ получим

$$T_1(x) = \int_{x_0}^x dx \int_{x_0}^x dx \dots \int_{x_0}^x J(x) dx = \int_{x_0}^x \frac{(x-t)^{n-1}}{(n-1)!} J(t) dt,$$

$$T_2(x) = \int_{x_0}^x \frac{(x-t_1)^{n-1}}{(n-1)!} J(t_1) T_1(t_1) dt_1 = \int_{x_0}^x \frac{(x-t_1)^{n-1}}{(n-1)!} J(t_1) dt_1 \int_{x_0}^{t_1} \frac{(t_1-t)^{n-1}}{(n-1)!} J(t) dt,$$

$$T_k(x) = \int_{x_0}^x \frac{(x-t_{k-1})^{n-1}}{(n-1)!} J(t_{k-1}) dt_{k-1} \int_{x_0}^{t_{k-1}} \frac{(t_{k-1}-t_{k-2})^{n-1}}{(n-1)!} J(t_{k-2}) dt_{k-2} \dots \int_{x_0}^{t_1} \frac{(t_1-t)^{n-1}}{(n-1)!} J(t) dt$$

В качестве приложения предложенного способа решения дифференциальных уравнений приведем решения некоторых типов уравнения (1). Будем указывать для них выражения инварианта $J(x)$, коэффициентов $T_k(x)$ и частное решение $y_1(x)$.

$$1. y'' + 2Gy' + (G^2 + G')y = 0, \quad J=0,$$

$$T_0=1, \quad T_k=0, \quad \text{при } k \geq 1,$$

$$y_1 = e^{-\int G dx}.$$

$$2. y'' + 2Gy' + (a + G^2 + G')y = 0, \quad J=a=\text{const},$$

$$T_k = \frac{a^k x^{2k}}{(2k)!}, \quad \text{при } k \geq 0,$$

$$y_1 = e^{-\int G dx} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{a^k x^{2k}}{(2k)!} = e^{-\int G dx} \begin{cases} \cos \sqrt{a}x, & \text{при } a > 0 \\ \text{ch } \sqrt{a}x, & \text{при } a < 0 \end{cases}$$

К уравнениям этого типа относятся также дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, для которых корни характеристического уравнения различны, если $J \neq 0$, и кратные при $J=0$

$$3. y'' + 2Gy' + (a e^{bx} + G' + G^2)y = 0, \quad J = a e^{bx},$$

$$T_k = \frac{a^k}{(k!)^2 b^{2k}} e^{kbx} \quad \text{при } k \geq 0,$$

$$y_1 = e^{-\int G dx} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{a^k}{(k!)^2 b^{2k}} e^{kbx} = e^{-\int G dx} J_0 \left(2 \frac{\sqrt{a}}{b} e^{[bx/2]} \right),$$

J_0 - функция Бесселя нулевого порядка.

$$4. y'' + 2Gy' + (ax^\alpha + G^2 + G')y = 0, \quad J = ax^\alpha,$$

$$\alpha \geq 0, \quad T_k = \frac{(av^2x^{[1/(v)]})^k \Gamma(1-v)}{k! \Gamma(k-v+1)}, \quad v = \frac{1}{\alpha+2}, \quad \text{при } k \geq 0,$$

$$y_1 = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{(av^2x^{[1/(v)]})^k \Gamma(1-v)}{k! \Gamma(k-v+1)} = \sqrt{x} e^{-\int G dx} J_{-v}(2\sqrt{avx^{[1/(2v)]}}).$$

5. Общее уравнение Риккати

$$z'(x) = f(x)z^2 + g(x)z + h(x)$$

подстановкой $z = -(y'/fy)$ сводится к уравнению (1) с инвариантом

$$J = fh - \frac{1}{4} \left(\frac{f'}{f} + g \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{f'}{f} + g \right),$$

и, следовательно, может быть решено предложенным способом.

$$6. \quad y'' + 2Gy' + (a + bx^\alpha + G^2 + G')y = 0, \quad J = a + bx^\alpha, \quad \alpha \geq 0.$$

Решение этого уравнения при произвольных α неизвестно.

В [5] приводится частный случай, когда $G(x) = 0$; $\alpha = 2n$; $y'' = (a^2x^{2n} - 1)y$. В результате последовательного интегрирования получим

$$T_k = \sum_{n=0}^k a^{k-n} b^n T_{kn} x^{n\alpha+2k}, \quad \text{при } k \geq 0.$$

Величины T_{kn} составляют левую треугольную матрицу

$$\begin{matrix} T_{00} \\ T_{10} & T_{11} \\ T_{k0} & T_{k1} & T_{k2} & \dots & T_{kk} \end{matrix}$$

и определяются рекуррентными формулами

$$T_{k0} = \frac{1}{(2k)!} \quad \text{при } k \geq 0, \quad a(0)! = 1$$

$$T_{kn} = \frac{T_{k-1n} + T_{k-1n-1}}{\left[\begin{matrix} n \\ -+2(k-n) \\ v \end{matrix} \right] \left[\begin{matrix} n \\ -+2(k-n)-1 \\ v \end{matrix} \right]} \quad \text{при } k \geq 1, \quad \text{при } n \geq 1, \quad a \quad v = \frac{1}{\alpha+2}.$$

Отсюда для $k=1, 2, \dots; n=1, 2, \dots, k$

$$T_{kn} = \frac{1}{\Gamma \left[\begin{matrix} n \\ -+2(k-n)+1 \\ v \end{matrix} \right]} \sum_{j_1=0}^{k-n} \frac{\Gamma \left(2j_1-1+\frac{1}{v} \right)}{\Gamma(2j_1+1)} \left(\sum_{j_2=j_1}^{k-n} \frac{\Gamma \left(2j_2-1+\frac{2}{v} \right)}{\Gamma \left(2j_2+1+\frac{1}{v} \right)} \right) \dots$$

$$\dots \sum_{j_n=j_{n-1}}^{k-n} \frac{\Gamma \left(2j_n-1+\frac{n}{v} \right)}{\Gamma \left(2j_n+1+\frac{n-1}{v} \right)} .$$

Число членов в каждом элементе T_{kn} равно $(k \parallel n)$, а в каждой строке матрицы - 2^k , так что

$$\sum_{n=0}^k \left(\begin{matrix} k \\ n \end{matrix} \right) = 2^k .$$

Совместимость полученных результатов для T_{kn} легко показать, так как любую повторную сумму такого типа можно представить в виде

$$\underbrace{\sum_{j_1=0}^{k-n} a(j_1) \dots \sum_{j_n=j_{n-1}}^{k-n} a(j_n)}_n = \underbrace{\sum_{j_1=0}^{k-n-1} a(j_1) \dots \sum_{j_n=j_{n-1}}^{k-n-1} a(j_n)}_n + a(k-n) \underbrace{\sum_{j_1=0}^{k-n} a(j_1) \dots \sum_{j_{n-1}=j_{n-2}}^{k-n} a(j_{n-1})}_{n-1} .$$

Частным решением этого уравнения в общем случае будет ряд (13). Подробное исследование его сходимости и свойства при различных α и параметрах a и b - предмет отдельного рассмотрения.

Выражаю благодарность С. М. Мхитаряну за обсуждение полученных результатов и ценные замечания.

Литература

1. В. З. Партон, П. И. Перлин. Методы математической теории упругости. М.: Наука. 1981.
2. Л. И. Седов. Механика сплошной среды. Т. 1, 2. ФМ. 1983, 1984.
3. Л. А. Агаловян. Асимптотическая теория анизотропных пластин и оболочек. М.: Наука. 1997.
4. Э. Т. Уиттекер, Дж. Н. Ватсон. Курс современного анализа. Ч. 1. М.: Наука, 1963.
5. Э. Камке. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Наука, 1976.

Կ. Ի. Ղարախանյան
Երկրորդ կարգի սովորական գծային համասեռ
դիֆերենցիալ հավասարումների ինտեգրման մի եղանակի
և նրա կիրառությունների մասին

Առաջարկվում է փոփոխական գործակիցներով երկրորդ կարգի սովորական գծային համասեռ դիֆերենցիալ հավասարումների լուծումների կառուցման եղանակ: Ցույց է տրվում,
որ $J(x)=H(x)-G^2(x)-G'(x)$ ինվարիանտն ունեցող

$$y''+2Gy'+Hy=0$$

հավասարման մասնակի լուծումը կարելի է ներկայացնել

$$y_1=e^{-\int Gdx} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k T_k(x),$$

անվերջ շարքի տեսքով, եթե մտցվեն $T_k(x)$ գործակիցներն այնպես, որ որոշվեն
 $T_0=1, \quad T''_k=JT_{k-1}, \quad k=0, 1, 2, \dots$

ռեկուրենտ բանաձևով:

Ենթադրվում է, որ $G(x)$ -ը անընդհատ դիֆերենցելի, իսկ $H(x)$ -ը անընդհատ ֆունկցիաներ են, և շարքը զուգամիտում է հավասարաչափ: Եղանակի կիրառմամբ ստացված են մի շարք դիֆերենցիալ հավասարումների ինտեգրալները:

УДК 678.067:620.17:539.4:539.37

К. А. Карапетян**Влияние осевого растягивающего усилия на ползучесть
стеклопластиковых трубчатых образцов, подверженных кручению.**

(Представлено академиком Г. Е. Багдасаряном 23/VII 1999)

В современном машиностроении армированные пластики получают все большее применение, что определяет актуальность исследования их реологических свойств в условиях сложного напряженного состояния.

В работе [1] было показано, что в случае предварительного приложения осевого растягивающего усилия, сохранявшегося в процессе испытания постоянным, имеет место существенное увеличение прочности трубчатых стеклопластиковых образцов, подверженных кручению. При этом максимальный рост прочности наблюдался у образцов, предварительно нагруженных осевым растягивающим усилием, соответствующим $0,6\sigma_B$ (σ_B - прочность при одноосном растяжении), и составлял более чем 30%. В той же работе было показано, что наличие осевого растягивающего усилия приводит к существенному уменьшению угловых деформаций опытных образцов при уровнях касательного напряжения, превышающих $0,6-0,64\tau_B$ (τ_B - предел прочности трубчатых образцов при кручении).

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования ползучести стеклопластиковых труб, подверженных кручению при одновременном действии осевого растягивающего усилия различных уровней.

В качестве опытных образцов были использованы трубы с внутренним диаметром 38 мм, толщиной стенки 2,25 мм и длиной 285 мм, которые были изготовлены методом намотки предварительно пропитанной модифицированной эпоксидной смолой стеклоткани на металлическую оправку с последующим горячим прессованием по всей поверхности в специальных формах [2,3]. Была использована стекловолоконная ткань типа Т-10 (ГОСТ 19170-73) толщиной 0,15 мм, выпускаемая Севанским заводом "Электростеклоизоляция" (Республика Армения). Отметим, что направления основы стеклоткани и продольной оси опытных образцов совпадали ($\varphi = 0$).

Предварительно были определены пределы временного сопротивления образцов при одноосном растяжении σ_B и при кручении τ_B . Далее опытные образцы были нагружены определенным уровнем крутящего момента (соответствующим 0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 и $0,8\tau_B$) и велись наблюдения за изменениями деформаций во времени. При вышеуказанных уровнях крутящего момента и при его нулевом значении длительным испытаниям были подвергнуты и образцы-близнецы, предварительно нагруженные осевым растягивающим усилием $0,6\sigma_B$, при котором, как было отмечено выше, наблюдается максимальный рост прочности при кручении [1]. Нагружение опытных образцов крутящим моментом в обоих случаях испытания осуществлялось ступенчатым образом, с шагом, соответствующим $0,13-0,134\tau_B$, а растягивающим усилием - плавным приложением нагрузки.

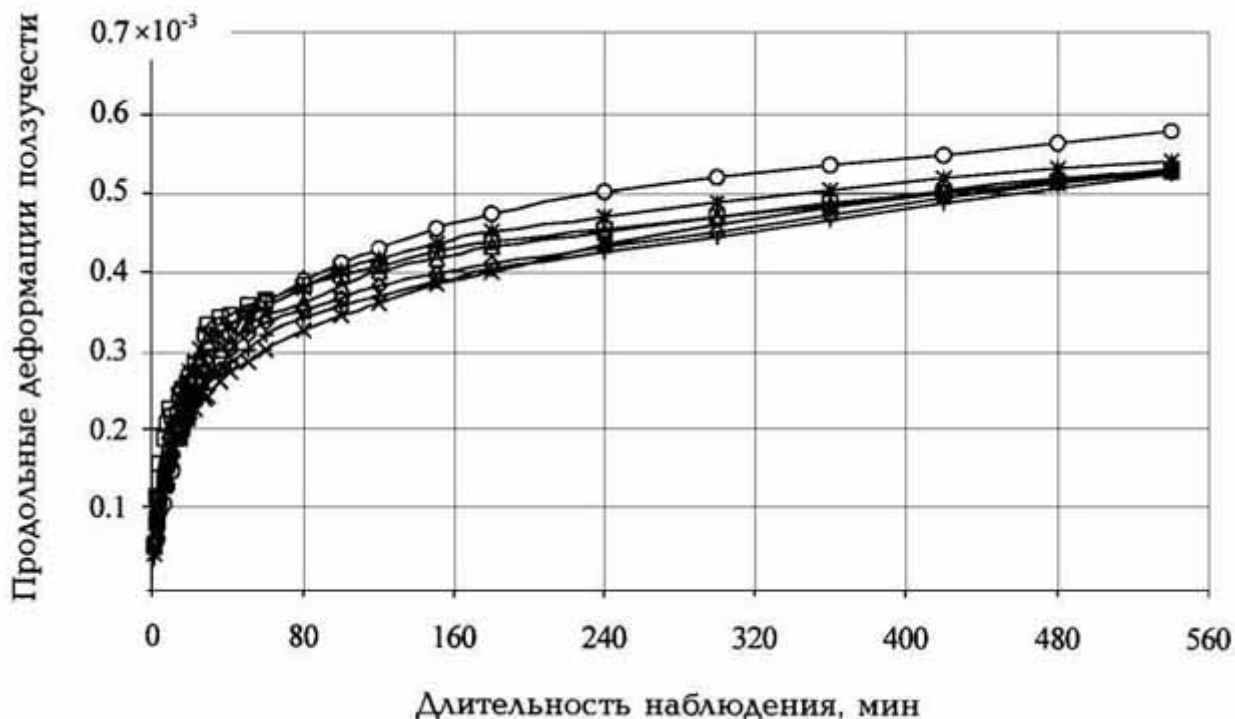


Рис. 1. Кривые продольных деформаций ползучести в условиях действия различных уровней крутящего момента

○— $M_K=0$; □— $M_K=0,2M_p$; △— $M_K=0,4M_p$;

◇— $M_K=0,5M_p$; + — $M_K=0,6M_p$; ×— $M_K=0,7M_p$; *— $M_K=0,8M_p$

В течение проведения опытов велись наблюдения как за угловыми, так и продольными деформациями. Измерения деформаций осуществлялись с помощью механических приборов часового типа с ценой деления 0,01 мм. В каждом случае испытания длительным нагружением были подвергнуты по 3, а в отдельных случаях по 5-6 образцов-близнецов. При этом максимальный разброс показателей деформационных характеристик по отношению к их среднему значению при испытании 3 образцов составил +6,7 и -7,2%, а коэффициент вариации при испытании 5-6 образцов - 0,13.

На рис. 1 показаны усредненные экспериментальные данные ползучести при действии напряжения $0,6\sigma_B$, приложенного в направлении продольной оси опытных образцов в условиях действия различных уровней крутящего момента.

Из рисунка можно заключить, что влияние предварительно приложенного крутящего момента, сохранявшегося постоянным в процессе испытания, на продольные деформации ползучести незначительно и не подчиняется какой-либо закономерности.

На рис. 2 изображены экспериментальные кривые сдвиговых деформаций ползучести трубчатых образцов при различных уровнях крутящего момента в условиях простого кручения и кручения при наличии осевого растягивающего усилия. Как следует из рисунка, при уровне крутящего момента $M_K=0,8M_p$ (M_p - величина разрушающего крутящего момента) в случае простого кручения деформации ползучести развиваются

интенсивно вплоть до разрушения опытных образцов, имевшего место через 22-33 мин после нагружения. Отметим при этом, что явление образования характерной кольцеобразной зоны разрушения на боковой поверхности трубчатых образцов, обнаруженное при их кратковременном испытании [1], имеет место и в данном случае.

При наличии же осевого растягивающего усилия, соответствующего $\sigma = 0,6\sigma_B$, для указанного уровня крутящего момента сдвиговые деформации ползучести развиваются с существенным затуханием, достигая примерно 63×10^{-3} к 540 мин после нагружения.

Анализ данных, приведенных на рис. 2, показывает, что для каждого уровня приложенного крутящего момента, вплоть до $M_k = 0,7M_p$, отношение величины сдвиговых деформаций ползучести при наличии растягивающего усилия ($\gamma_{п 06}$) к величине сдвиговой деформации ползучести при простом кручении ($\gamma_{п 0}$) практически не зависит от длительности нагружения образцов.

На рис. 3 дана кривая отношения $\gamma_{п 06} / \gamma_{п 0}$ в зависимости от уровня крутящего момента M_k . Из нее следует, что увеличение крутящего момента от 0,2 до 0,7 M_p приводит к уменьшению значения отношения $\gamma_{п 06} / \gamma_{п 0}$ от 3,8 до 0,8.

Таким образом, при нагружении трубчатых образцов из однонаправленного стеклопластика крутящим моментом $M_k < 0,6M_p$ наличие осевого растягивающего усилия приводит к увеличению сдвиговых деформаций ползучести по отношению к деформациям, полученным при простом кручении, и тем существеннее, чем меньше величина M_k . При нагружении же образцов крутящим моментом $M_k > 0,6M_p$ имеет место обратное явление. В случае $M_k = 0,6M_p$ величина отношения

$\gamma_{п 06} / \gamma_{п 0}$ практически равняется единице.

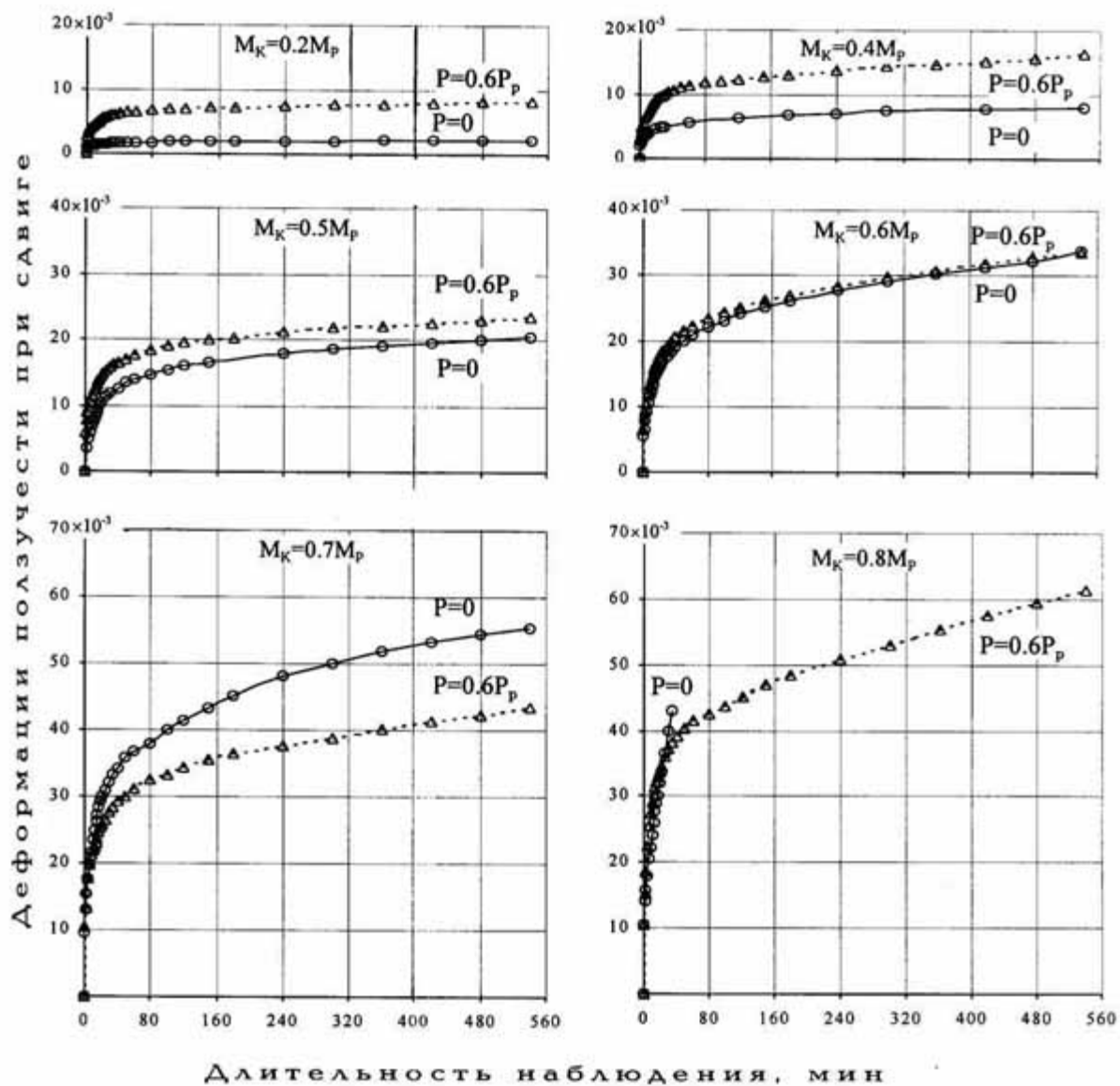


Рис. 2. Экспериментальные кривые сдвиговых деформаций ползучести при простом кручении и кручении при наличии осевого растягивающего усилия.

Представляется целесообразным отметить следующее. Экспериментальному исследованию одноосной ползучести нетканевых стеклопластиков

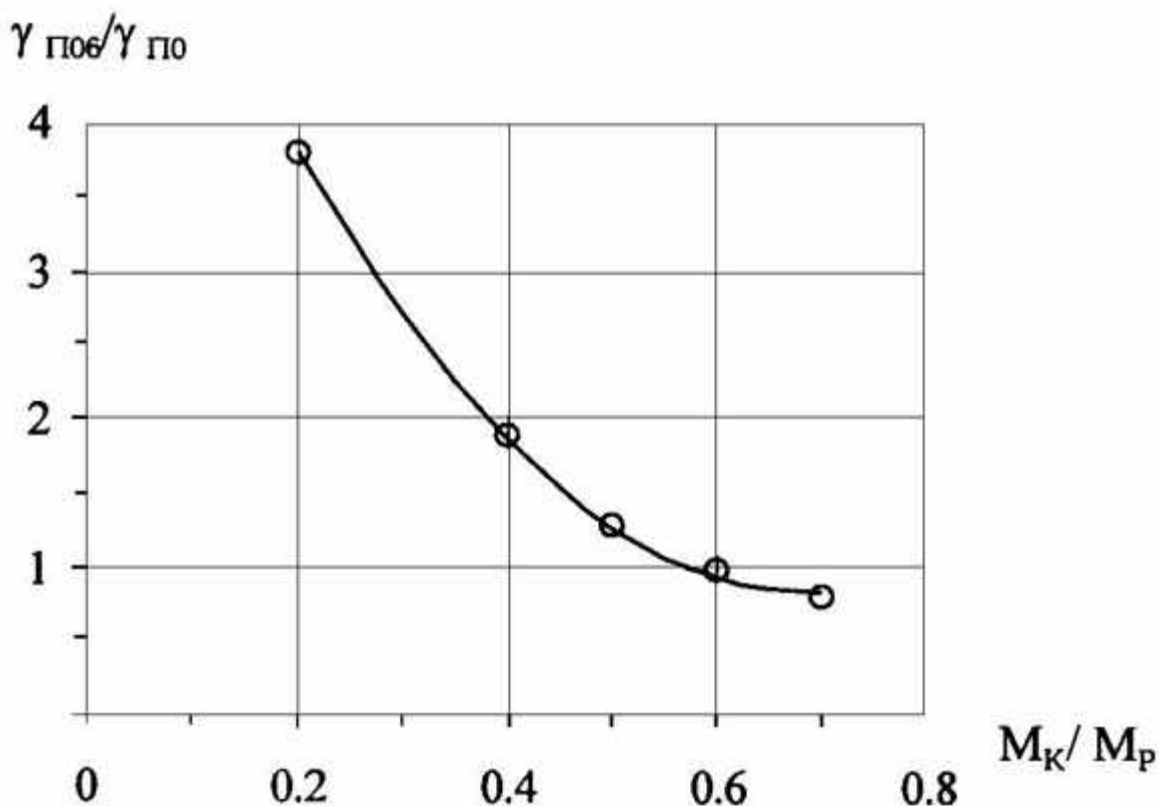


Рис. 3. Кривая зависимости $\gamma_{по6}/\gamma_{по}=f(M_K/M_P)$.

посвящен ряд работ ([4-9] и др.), в которых показано, что деформации ползучести в направлении волокон являются существенно затухающими, а в работе [7] приведены данные о практически полной стабилизации деформаций ползучести в течение 30 мин. Согласно же данным, приведенным на рис. 1 настоящей работы, стабилизация деформаций ползучести трубчатых образцов из слоистого стеклопластика при одноосном растяжении не наблюдается даже через 540 мин после нагружения.

Отмеченная разница в поведении тканевого и нетканевого стеклопластика при ползучести вдоль волокон, вероятно, связана со спецификой укладки армирующих компонентов.

Автор выражает благодарность сотруднику Института механики НАН РА А. А. Манасяну за оказанную помощь при проведении эксперимента.

Институт механики НАН РА

Литература

1. Карапетян К. А., Саркисян Н. Е., Хачикян А. Г.- Изв. НАН Армении и ГИУА. Серия техн. наук. 1998. N2. Т. 51. С. 127-132.
2. Pagano N. J., Whitney J. M.- J. Compos. Mater. 1970. July. P. 360-378.
3. Мартirosян М. М.- Промышленность Армении. 1971. N10. С. 56-57.

4. Керштейн М. М. В сб.: Всесоюзн. съезд по теоретич. и приклад. механике. Аннотации докладов. М. 1968. С. 157.
5. Крищук А. А.- Прикл. механика. 1968. N9. С. 39-42.
6. Малинин Н. И. В сб.: Ползучесть и длительная прочность. Новосибирск: Сиб. отд. АН СССР. 1963. С. 134-139.
7. Мартиросян М. М.- Механика полимеров. 1965. N2. С. 47-54.
8. Мартиросян М. М.- Изв. АН АрмССР. Серия физ.-мат. наук. 1964. N5. С. 51-60.
9. Bott T. R., Borher A. J.- Industr. and Enging. Chem. 1967. V. 59. N. 57 P. 46-51.

Կ. Ա. Կարապետյան

Առանցքային ձգող ճիգի ազդեցությունը ոլորման ենթարկված ապակեպլաստե խողովակաձև փորձանմուշների սողքի վրա

Ուսումնասիրված է ոլորման ենթարկված ապակեպլաստե բարակապատ խողովակների սողքը տարբեր մեծության ձգող ճիգի առկայության պայմաններում:

Որպես փորձանմուշներ օգտագործվել են ապակեթելե գործվածքի հիման վրա պատրաստված ներքին 38 մմ տրամագծով, պատի 2,25 մմ հաստությամբ և 285 մմ երկարությամբ խողովակներ:

Պարզվել է, որ ժամանակավոր դիմադրության 0,6 մասից փոքր մեծությամբ ոլորող մոմենտով բեռնավորված փորձանմուշների մոտ առանցքային ձգող ուժի առկայությունը բերում է սահքի սողքի դեֆորմացիաների էական մեծացմանը^a մաքուր ոլորման դեպքում ստացվող համապատասխան դեֆորմացիաների նկատմամբ: Նշված մեծությունից մեծ ոլորող մոմենտով բեռնավորված փորձանմուշների մոտ նկատվում է հակառակ երևույթը:

Պարզվել է նաև, որ փորձի ընթացքում հաստատուն պահպանվող ոլորող մոմենտի մեծության ազդեցությունը փորձանմուշների ընդերկայնական սողքի դեֆորմացիաների վրա չնչին է և այն չի ենթարկվում որևէ օրինաչափության:

УДК 239.374

Академик М. А. Задоян

Малонапряженность составного многоклина

(Представлено 22/X 1999)

Рассматривается задача малонапряженности при продольном сдвиге составного клина, изготовленного из n призматических тел, материалы которых упрочняются по степенному закону $\sigma_0 = k\varepsilon_0^m$, где σ_0 и ε_0 интенсивности напряжений и деформаций, параметр m для всех материалов принимается одинаковым, а модули деформации k - различными.

Проблема малонапряженности клина, составленного из двух линейно-упругих материалов, впервые исследована в [1]. Для упрочняющихся тел такая задача рассмотрена в [2].

Разберем отдельно случай, когда внешние края составного клина свободны от внешних сил (открытый клин), и случай, когда не имеется внешних радиальных краев, т.е. угловая точка находится внутри тела (закрытый клин). Задача исследуется без допущения о знакопеременности перемещения.

Углы при вершинах составляющих клиньев обозначим через $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$. Полагаем также $A_i = \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i$, причем $A_0 = 0$ и $i = 1, 2, \dots, n$.

В окрестности угловой точки для каждого составляющего клина решение ищем в форме

$$\begin{aligned} \tau_{ri} &= \lambda k_i r^{(\lambda-1)m} f_i \chi_i, & \tau_{\theta i} &= k_i r^{(\lambda-1)m} f_i' \chi_i \\ w_i &= r^\lambda f_i, & \chi_i &= \left(\frac{\sqrt{f_i^2 + \lambda^2 f_i'^2}}{f_i^2 + \lambda^2 f_i'^2} \right)^{m-1}, \end{aligned} \quad (1)$$

причем $i = 1, 2, \dots, n$, $f_i = f_i(\theta, \lambda)$ система искомых функций, λ неопределенный параметр, играющий роль собственного значения.

Подставляя выражения компонентов напряжений (1) в третьем уравнений равновесия, приходим к системе обыкновенных дифференциальных уравнений

$$(f_i \chi_i)' + \eta f_i \chi_i = 0, \quad \eta = \lambda[1 + (\lambda - 1)m], \quad (2)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$. Вводя новую функцию $\psi_i(\theta, \lambda)$ -

$$f_i = f_i \psi_i, \quad (3)$$

приходим к уравнению первого порядка

$$\psi_i' = - \frac{(\psi_i^2 + \lambda^2)(\psi_i^2 + \omega^2)}{\psi_i^2 + \lambda^2 p}, \quad (4)$$

где $\omega^2 = \lambda(\lambda + p - 1)$, $p = 1/m$. Общее решение этого уравнения будет

(5)

The diagram shows a circular sector with a central angle θ . The sector is divided into n regions by $n-1$ radial lines. The regions are labeled $k_1, k_2, \dots, k_n$ from right to left. The boundaries are labeled $A_0, A_1, \dots, A_n$. The central angle is θ . The radii are labeled r . The angles between the boundaries are labeled $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$.

1. Открытый клин. Когда внешние края клина свободны от внешних сил, имеем условия

В этом случае граничным условием для уравнения (4) будет

На контактных поверхностях имеем условия непрерывности $\tau_{\theta i}$ -

(7)

$$\mu_i = \psi_i(A_i, \lambda), \nu_i = \psi_{i+1}(A_i, \lambda), \delta_i = \frac{k_{i+1}}{k_i}. \quad (8)$$
$$\arctg \frac{\mu_1}{\lambda} + \frac{1-\lambda}{\omega} \arctg \frac{\mu_1}{\omega} = -\alpha_1, \quad (9)$$

$$\operatorname{arctg} \frac{v_{n-1}}{\lambda} + \frac{1-\lambda}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{v_{n-1}}{\omega} = \alpha_n,$$

Далее, используя решения (5) для различных составляющих клиньев, а затем исключая последовательно $H_2, H_3, \dots, H_{n-1}$, приходим к уравнениям

$$\operatorname{arctg} \frac{v_{i-1}}{\lambda} - \operatorname{arctg} \frac{\mu_i}{\lambda} + \frac{1-\lambda}{\omega} \left(\operatorname{arctg} \frac{v_{i-1}}{\omega} - \operatorname{arctg} \frac{\mu_i}{\omega} \right) = \alpha_i, \quad (10)$$

причем $i=2, 3, \dots, n-1$. Таким образом, (7), (9) и (10) образуют систему из $2n-1$ уравнений с $2n-1$ неизвестными постоянными $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{n-1}, v_1, v_2, \dots, v_{n-1}; \lambda$, определяющую собственное значение

$$\lambda = \lambda(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n; \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{n-1}; m),$$

в зависимости от $2n$ параметров составного клина.

Для линейно-упругих материалов, $m=1$, из (7) имеем

$$\mu_i = \delta_i v_i, \quad (11)$$

где $i=1, 2, \dots, n-1$. Вводя новые неизвестные постоянные φ_i -

$$v_{i-1} = \lambda \operatorname{tg} \lambda \varphi_i, \quad (12)$$

из (10) находим

$$\mu_i = \lambda \operatorname{tg} \lambda (\varphi_i - \alpha_i). \quad (13)$$

Используя (11), получаем

$$\operatorname{tg} \lambda (\alpha_i - \varphi_i) + \delta_i \operatorname{tg} \lambda \varphi_{i+1} = 1, \quad (14)$$

причем $i=1, 2, \dots, n-1$, $\varphi_1=0$, $\varphi_n=\alpha_n$. Полученная система (10) содержит $n-1$ уравнений с $n-1$ неизвестными постоянными $\varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_{n-1}, \lambda$.

Исключая последовательно из этих уравнений φ_i , приходим к трансцендентному уравнению относительно λ .

Перейдем к нелинейной задаче; полагая $\lambda = 1$, затем принимая $v_{i-1} = \operatorname{tg} \varphi_i$ согласно (11) и $\mu_i = \operatorname{tg}(\varphi_i - \alpha_i)$ согласно (13), из (7) приходим к следующей системе уравнений:

$$\operatorname{tg} (\alpha_i - \varphi_i) |\cos(\alpha_i - \varphi_i)|^{1-m} + \delta_i \operatorname{tg} \lambda \varphi_{i+1} |\cos \varphi_{i+1}|^{1-m} = 0 \quad (15)$$

причем $i=1, 2, \dots, n-1$. Полученная система состоит из $n-1$ уравнений с $n-2$ неизвестными постоянными φ_i . После исключения этих неизвестных в принципе проходим в $2n$ -мерном пространстве параметров $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n; \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{n-1}; m$ к уравнению гиперповерхности конечных напряжений.

Интегрируя уравнения (7), получаем

$$f_i = D_i \exp \left| \int_{A_{i-1}}^{\theta} \psi_i d\theta \right|, \quad A_{i-1} \leq \theta \leq A_i, \quad (16)$$

где D_i -произвольные постоянные, $i=1,2,\dots,n$. Используя условия непрерывности перемещения на контактных поверхностях, находим выражения D_i , через $D_1=f_i(0)$ –

$$D_i = D_1 \exp \left| \sum_{j=1}^{i-1} \int_{A_{j-1}}^{A_j} \psi_j d\theta \right|, \quad (17)$$

где $i=2,3,\dots,n$.

В частном случае трехклина $n=3$, обозначая $\alpha_1=\alpha$, $\alpha_2=\beta$, $\alpha_3=\gamma$, из (9), (10) получаем уравнения

$$\begin{aligned} \operatorname{arctg} \frac{\mu_1}{\lambda} + \frac{1-\lambda}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{\mu_1}{\lambda} &= -\alpha, \\ \operatorname{arctg} \frac{v_1}{\lambda} - \operatorname{arctg} \frac{\mu_2}{\lambda} + \frac{1-\lambda}{\omega} \left| \operatorname{arctg} \frac{v_1}{\omega} - \operatorname{arctg} \frac{\mu_2}{\omega} \right| &= \beta, \\ \operatorname{arctg} \frac{v_2}{\lambda} + \frac{1-\lambda}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{v_2}{\omega} &= \gamma, \end{aligned}$$

которые совместно с уравнениями (7) при $i=1,2$ составляют систему из 5 уравнений, определяющую $\lambda = \lambda(\alpha, \beta, \gamma, \delta_1, \delta_2, m)$. Полагая также в (15) $n=3$, $\varphi_2=\varphi$, будем иметь систему уравнений

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha |\cos \alpha|^{1-m+\delta_1} \operatorname{tg} \varphi |\cos \varphi|^{1-m} &= 0, \\ \operatorname{tg} (\beta - \varphi) |\cos (\beta - \varphi)|^{1-m+\delta_2} \operatorname{tg} \gamma |\cos \gamma|^{1-m} &= 0, \end{aligned}$$

определяющую в координатном пространстве $\alpha\beta\gamma$ поверхность конечных напряжений, отделяющую зону малонапряженности от зоны концентрации напряжений.

2. Закрытый клин. В этом случае тело состоит из n составляющих клиньев из различных материалов, соединенных по n контактным поверхностям (рис.2). В каждом составляющем клине решение представляется в виде (5), причем здесь $A_n=2\pi$ и имеем n контактных условий

$$\mu_i \left| \sqrt{\mu_i^2 + \lambda^2} \right|^{m-1} + \delta_i v_i \left| \sqrt{v_i^2 + \lambda^2} \right|^{m-1} = 0, \quad (18)$$

причем $i=1,2,\dots,n$. Обозначения (8) сохраняются, но следует принять

$$v_n = v_0 = \psi_1(0, \lambda), \quad \delta_n = k_1/k_n.$$

Применяя решения (5) для различных составляющих клиньев и последовательно исключая неизвестные постоянные H_i , получаем

$$\arctg \frac{v_{i-1}}{\lambda} + \arctg \frac{\mu_i}{\lambda} + \frac{1-\lambda}{\omega} \left| \arctg \frac{v_{i-1}}{\omega} + \arctg \frac{\mu_i}{\omega} \right| = \alpha_i, \quad (19)$$

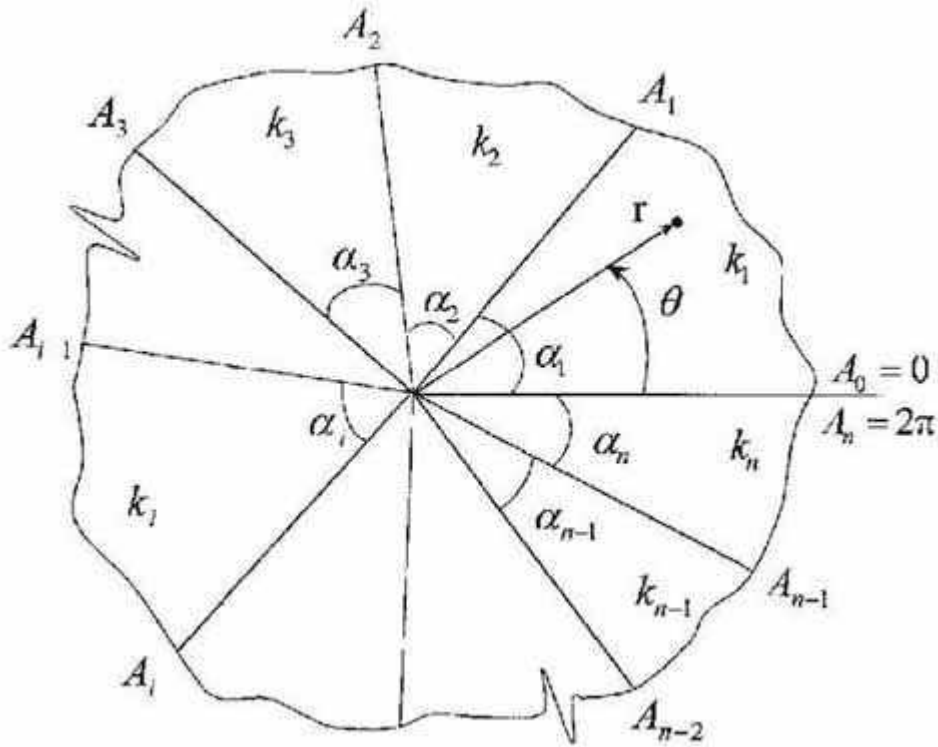


Рис. 2.

причем $i=1,2,\dots,n$. Таким образом (18) и (19) образуют систему из $2n$ уравнений с $2n+1$ неизвестными постоянными $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n; v_1, v_2, \dots, v_n, \lambda$.

Для получения недостающего уравнения используем условия непрерывности перемещения на контактных поверхностях. Выражения f_i , представленные в (16)-(17), удовлетворяют этим условиям на $n-1$ контактных поверхностях. На контактной же поверхности $\theta = 2\pi, 0$ имеем условие

$$f_n(2\pi)=f_1(0).$$

Подставляя в это условие f_n и f_1 из (16), получаем

$$\sum_{i=1}^n \int_{A_i-1}^{A_i} \psi_i d\theta = 0. \quad (20)$$

Таким образом, система уравнений (18)-(20) в принципе определяет λ –

$$\lambda = \lambda(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n, m),$$

следует отметить, что число независимых параметров будет $2n-1$, поскольку

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 2\pi \quad \text{и} \quad \delta_1 \delta_2 \dots \delta_n = 1.$$

Выражая в (5) постоянные H_i через μ_i , будем иметь

$$\arctg \frac{\psi_i}{\lambda} - \arctg \mu_i \lambda + \frac{1-\lambda}{\omega} \left(\arctg \frac{\psi_i}{\omega} - \arctg \frac{\mu_3}{\omega} \right) = A_i - \theta, \quad (21)$$

причем $i=1, 2, \dots, n$ и $A_n=2\pi$.

Для линейно-упругих материалов, $m=1$, вводя новые неизвестные постоянные φ_i ,

$$\mu_i = \lambda \operatorname{tg} \lambda \varphi_i, \quad (22)$$

где $i=1, 2, \dots, n$. Из (19) получаем

$$v_{i-1} = \lambda \operatorname{tg} \lambda (\varphi_i + \alpha_i). \quad (23)$$

Подставляя эти значения μ_i и v_i в уравнения (18), при $m=1$ получаем

$$\operatorname{tg} \lambda \varphi_i - \delta_i \operatorname{tg} \lambda (\varphi_{i+1} + \alpha_{i+1}) = 0, \quad (24)$$

причем $i=1, 2, \dots, n$ и $\varphi_{n+1} = \varphi_1$, $\alpha_{n+1} = \alpha_1$. Система (24) состоит из n уравнений с неизвестными постоянными $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$. Далее полагая в (21) $m=1$, находим

$$\psi_i = \lambda \operatorname{tg} \lambda (\varphi_i + A_i - \theta), \quad (25)$$

где $i=1, 2, \dots, n$. Подставляя (25) в условие (20), будем иметь

$$\prod_{i=1}^n (\cos \lambda \alpha_i + \sin \lambda \alpha_i \operatorname{tg} \lambda \varphi_i) = 1 \quad (26)$$

Исключая из (21) и (26) φ_i , приходим к трансцендентному уравнению относительно

$$\lambda = \lambda(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n).$$

Возвращаясь к нелинейной задаче, положим $\lambda = 1$. Далее, из (22)-(23) определяя

$$\mu_i = \operatorname{tg} \varphi_i, \quad v_{i-1} = \operatorname{tg} (\varphi_i + \alpha_i),$$

причем $i=1, 2, \dots, n$ и подставляя в (18), будем иметь

$$\operatorname{tg} \psi_i |\cos \varphi_i|^{1-m} - \delta_i \operatorname{tg} (\varphi_{i+1} + \alpha_{i+1} |\cos (\varphi_{i+1} + \alpha_{i+1})|^{1-m}) = 1. \quad (27)$$

Здесь $i=1,2,\dots,n$, а также $\varphi_{n+1}=\varphi_1$, $\alpha_{n+1}=\alpha_1$.

Система уравнений (27) содержит n неизвестных постоянных φ_i .

Далее принимая $\lambda = 1$ и используя (22), из (21) находим

$$\varphi_i = \operatorname{tg} (A_i + \varphi_i - \theta), \quad (28)$$

причем $i=1,2,\dots,n$. Подставляя (28) в (20), будем иметь

$$\prod_{i=1}^n (\cos \alpha_i - \sin \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i) = 1 \quad (29)$$

Полученное уравнение совместно с системой уравнений (27) в $2n-1$ -мерном пространстве параметров в принципе определяет уравнения гиперповерхности конечных напряжений.

В случае составного трехклина, $n=3$, написав уравнения (19) при $i=1,2,3$ и полагая $\alpha_1=\alpha$, $\alpha_2=\beta$, $\alpha_3=2\pi-(\alpha+\beta)$, приходим к системе из трех уравнений относительно неизвестных φ_1 , φ_2 , φ_3 , которые вместе с уравнением

$$(\cos \alpha - \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi_1)(\cos \beta - \sin \beta \operatorname{tg} \varphi_2)[\cos(\alpha+\beta) + \sin(\alpha+\beta) \operatorname{tg} \varphi_3] = 1,$$

следующим из (29), определяют в координатной плоскости $\alpha\beta$ уравнения предельных линий конечных напряжений.

Институт механики НАН РА

Литература

1. Чобанян К.С. Напряжения в упругих составных телах. Ереван: Изд. АН Арм ССР, 1987. 338 с.
2. Задоян М.А. Пространственные задачи теории пластичности. М.: Наука, 1992. 387 с.

Ակադեմիկոս Մ.Ա. Զադոյան

Բաղադրյալ բազմասեպի թերլարվածությունը

Ուսումնասիրվում է աստիճանային ամրապնդվող նյութերից կազմված բազմասեպի թերլարվածության խնդիրը երկայնական սահքի պայմաններում:

Առանձին-առանձին հետազոտվում են այն դեպքերը, երբ արտաքին եզրերը կոշտ ամրացված են, և երբ տրված են խառը եզրային պայմաններ, այսինքն մի եզրը կոշտ ամրացված է, իսկ մյուսը ազատ է: Այնուհետև քննարկվում է այն խնդիրը, երբ անկյունային կետը գտնվում է բաղադրյալ մարմնի ներսում:

Բոլոր ուսումնասիրվող դեպքերում վերջին հաշվով ստացվում են տրանսցենդենտ հավասարումների համակարգ, որից որոշվում է սեփական արժեքը և այնուհետև թերլարվածության հիպերմակերևույթը:

УДК 239.374

Г. В. Геворкян

Прочность плиты при концентрации напряжений

(Представлено академиком М. А. Задояном 9/II 2000)

Теоретические исследования прочности тела при различных условиях сводятся к решению задачи о состоянии тела с точки зрения малонапряженности или концентрации напряжений в угловой точке. Если тело не имеет концентрационных точек или концентраторов, то вопрос ограничивается обычным классическим методом вычисления границ прочности тела (материала). Однако особый интерес представляет состояние концентрации напряжений - ведь в реальных условиях в большинстве случаев технически невозможно избежать этого состояния. Возникает вопрос о вкладе концентрации напряжений в уменьшение запаса прочности тела, а также о зависимости его от геометрических и механических параметров концентратора. Есть некоторые работы в этом направлении [1-3]. Настоящая работа тоже выполнена для нахождения ответа на вышеуказанные вопросы, но только для частного случая - изгиба однородной плиты с концентратором. Для расчетов используется широко известный в строительной механике метод сечений [1].

Пусть однородная плита с поперечным угловым вырезом (со входящей угловой выточкой, в частности со щелью) подвергается поперечному изгибу (рис. 1). Допускается степенной закон упрочнения материала $\sigma_0 = k\varepsilon_0^m$.

Согласно методу сечений нужно иметь решение в целом для изгиба такой плиты без входящей выточки, а также местное решение окрестности угловой точки выточки плиты [1,3]. Для решения первой задачи, т. е. решения в целом, берутся декартова система координат и классические приближения.

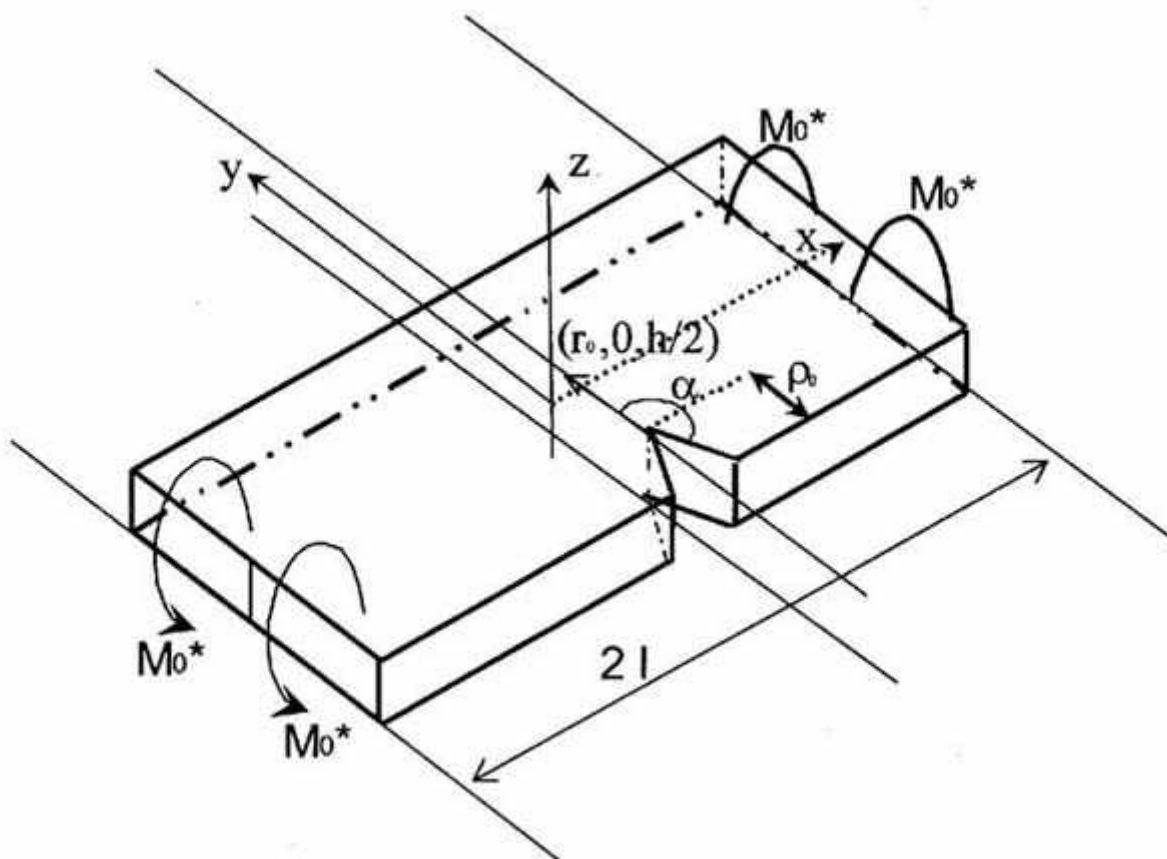


Рис. 1. Прочность плиты при концентрации напряжений.

Для изгибающих моментов имеем:

$$M_x = Dk_0^{m-1} \left(k_x + \frac{1}{2} k_y \right) ,$$

$$M_y = Dk_0^{m-1} \left(k_y + \frac{1}{2} k_x \right) ,$$

$$M_{xy} = \frac{1}{2} Dk_0^{m-1} k_{xy} ,$$

$$\text{где } D = \frac{kh^{m+2}}{m+2} ,$$

(1)

$$k_0 = \sqrt{k_x^2 + k_x k_y + k_y^2 + k_{xy}^2} , \quad (2)$$

$$k_{ij} = - \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} .$$

Изгибающие моменты выражаются через напряжения

$$\sigma_{ij}(x, y, z) = \frac{M_{ij}(x, y)}{2l} z/z^{m-1} ,$$

где h - толщина плиты и $l = [1/(m+2)] ([h/2])^{m+2}$.

Из системы уравнений равновесия получаем

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = 0 . \quad (3)$$

Устанавливая выражения (1) для моментов в (3), получим

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[k_0^{m-1} \left(k_x + \frac{1}{2} k_y \right) \right] + 2 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} [k_0^{m-1} k_{xy}] + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[k_0^{m-1} \left(k_y + \frac{1}{2} k_x \right) \right] = 0 . \quad (4)$$

Учитывая, что $k_y=0$; $k_{xy}=0$; $k_0 = |k_x|$ и не зависят от y , т. е. перемещение $w=w(x)$, уравнение (4) примет следующую форму:

$$\frac{d^2}{dx^2} [|k_x|^{m-1} k_x] = 0 . \quad (5)$$

Решением этого уравнения является:

$$|k_x|^{m-1} k_x = c_0 + c_1 x . \quad (6)$$

Учитывая следующие граничные условия:

$$M_x |_{x=\pm l} = D |k_x|^{m-1} k_x |_{x=\pm l} = M_0 \text{ и } w_x |_{x=\pm l} = 0 ,$$

получим для номинального решения соответственно следующие выражения:

$$\begin{aligned}
 M_x &= M_0, & M_y &= \frac{M_0}{2}, \\
 \sigma_x &= \frac{M_0}{2l} z |z|^{m-1}, & \sigma_y &= \frac{M_0}{4l} z |z|^{m-1}, \\
 w &= \frac{1}{2} \left(\frac{M_0}{D} \right)^{[1/m]} (l^2 - x^2).
 \end{aligned} \tag{7}$$

А теперь рассмотрим местное решение согласно [4], полученное в цилиндрической системе (r, θ, z) координат.

Согласно нашей задаче материал несжимаем и упрочняем по степенному закону:

$$\sigma_0 = k \varepsilon_0^m, \quad \varepsilon_r + \varepsilon_\theta + \varepsilon_z = 0.$$

Для местного решения используется уточненная теория. Компоненты моментов будут:

$$\begin{aligned}
 M_r &= Ak \int_0^r r^{(\lambda-1)m} \left[\left(\frac{\lambda}{2} + 1 \right) \varphi + \frac{1}{2} \phi' \right] \chi, \\
 M_\theta &= Ak \int_0^r r^{(\lambda-1)m} \left[\left(\frac{\lambda}{2} + 1 \right) \varphi + \phi' \right] \chi, \\
 M_{r\theta} &= A \frac{1}{4} k \int_0^r r^{(\lambda-1)m} [\phi' + (\lambda-1) \phi] \chi, \\
 Q_r &= Ak \int_0^r r^{(\lambda-1)m+1} [\phi + (\lambda+1) f] \chi, \\
 Q_\theta &= Ak \int_0^r r^{(\lambda-1)m+1} [f' + \phi] \chi,
 \end{aligned} \tag{8}$$

где $\chi = (\sqrt{ \{ \phi'^2 + (\lambda+2) \phi \phi' + (\lambda^2 + \lambda + 1) \phi^2 + [1/4] [\phi' + (\lambda-1) \phi]^2 \} })^{m-1}$, φ и ϕ есть функции напряжений, а A неопределенная постоянная (коэффициент) [4].

При малых r , т. е. для малой окрестности нашей угловой точки, имеем

$$\bigcap I \approx \frac{h^{m+2}}{m+2}, \quad \bigcap J \approx \frac{h^m}{m}.$$

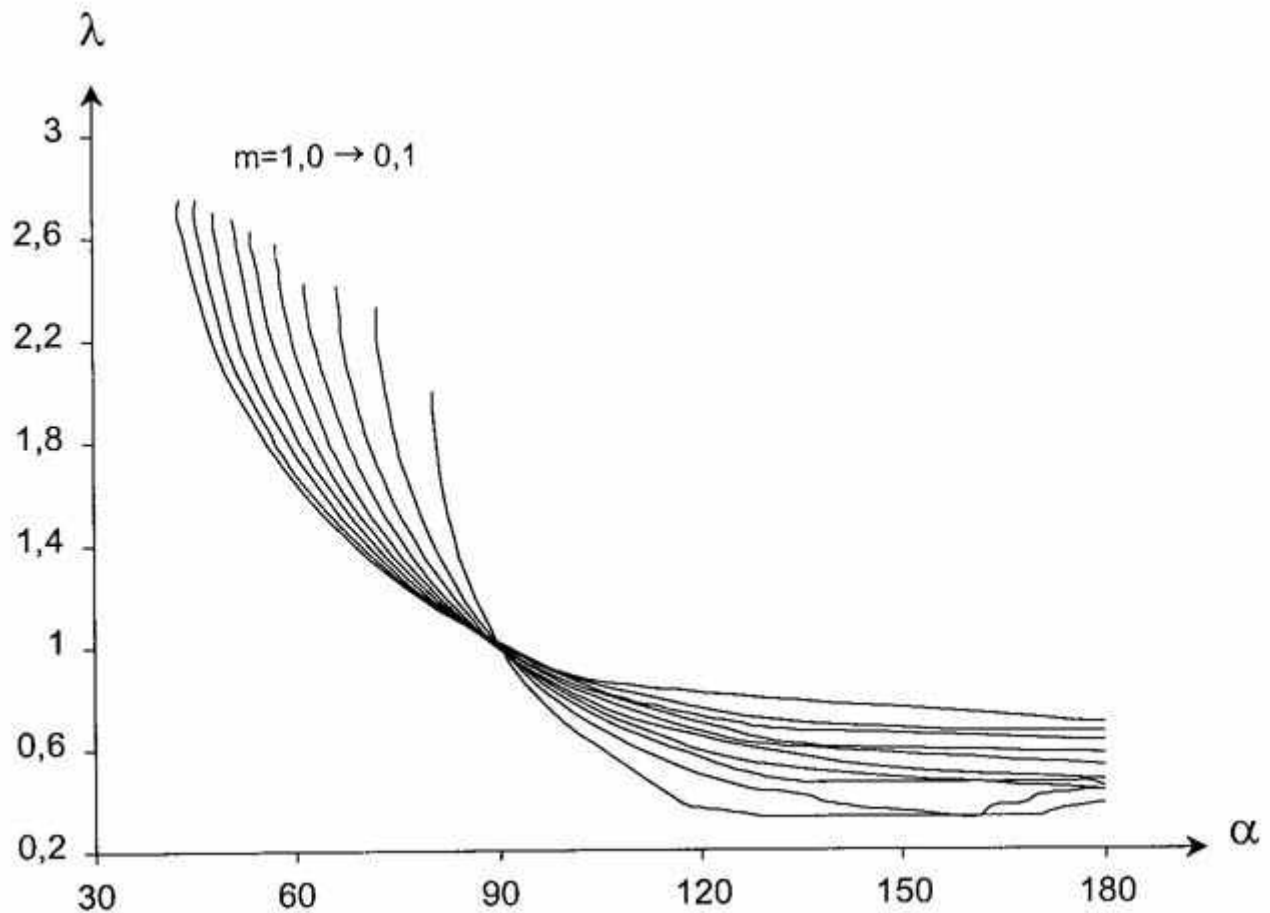


Рис. 2. Графики зависимости λ от угла выточки $(2\pi - 2\alpha)$ при разных m .
Графики получены путем решения системы дифференциальных уравнений второго порядка из [4] численным методом.

На рис. 2 изображены графики зависимости λ от угла выточки при разных m , полученные путем решения системы дифференциальных уравнений второго порядка из [4] численным методом.

Имея номинальное (7) и местное (8) решения, согласно методу сечений получим

$$\bigcap M_g(r_0, 0) = M_x(x|_{x=\alpha}, y|_{y=\rho_0+r}) = M_0,$$

$$\int_0^{r_0} \widehat{M}_\vartheta(r, 0) dr = \int_0^{\rho_0 + r_0} M_x(\alpha, y) dy = M_0 \cdot (\rho_0 + r_0) . \quad (9)$$

Подставляя выражения местных решений (8) в (9) , получим

$$\begin{aligned} r_0 &= \rho_0 \left(\frac{1}{(1-\lambda)m} - 1 \right) , \\ \widehat{M}_\theta &= \frac{M_0}{\left[\begin{pmatrix} \lambda \\ -+1 \\ 2 \end{pmatrix} \varphi(0, \lambda) + \phi'(0, \lambda) \right] \chi(0, \lambda) \left[\rho_0 \left(\frac{1}{(1-\lambda)m} - 1 \right) \right]^{(1-\lambda)m}} , \end{aligned} \quad (10)$$

Выражения для $\widehat{M}_\theta(r, \vartheta)$ напомним в следующих выражениях:

$$\begin{aligned} \widehat{M}_\theta(r, \vartheta) &= \frac{M_0}{\left[\rho_0 \left(\frac{1}{(1-\lambda)m} - 1 \right) \right]^{(\lambda-1)m} r^{(\lambda-1)m}} \times \\ &\quad \frac{\left[\begin{pmatrix} \lambda \\ -+1 \\ 2 \end{pmatrix} \varphi(\vartheta, \lambda) + \phi'(\vartheta, \lambda) \right] \chi(\vartheta, \lambda)}{\left[\begin{pmatrix} \lambda \\ -+1 \\ 2 \end{pmatrix} \varphi(0, \lambda) + \phi'(0, \lambda) \right] \chi(0, \lambda)} . \end{aligned} \quad (11)$$

После введения обозначений

$$N = \frac{M_0}{\left[\rho_0 \left(\frac{1}{(1-\lambda)m} - 1 \right) \right]^{(\lambda-1)m}} \quad (12)$$

перепишем выражения (11) в форме

$$\widehat{M}_\theta(r, \vartheta) = N r^{(\lambda-1)m} F(\vartheta) , \quad (13)$$

где

$$F(\theta) = \frac{[(\frac{[\lambda]}{2} + 1) \varphi(\vartheta, \lambda) + \varphi'(\vartheta, \lambda)] \chi(\vartheta, \lambda)}{[(\frac{[\lambda]}{2} + 1) \varphi(0, \lambda) + \varphi'(0, \lambda)] \chi(0, \lambda)}.$$

Из (13) видно, что N есть аналог коэффициента интенсивности напряжений из [1,3]. Поэтому назовем N коэффициентом интенсивности моментов. На рис. 3 изображены графики зависимости соотношения коэффициента интенсивности и разрушающего номинального момента (обозначен звездочкой) от угла выточки из формулы (12) при разных глубинах выточки и m .

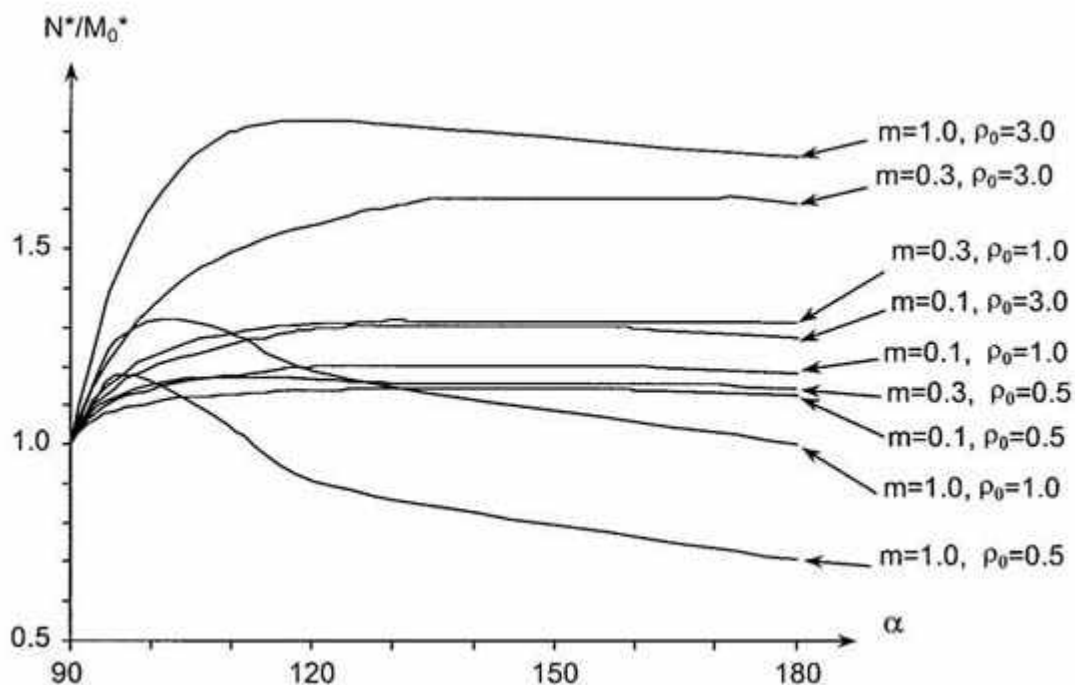


Рис. 3. Зависимость соотношения коэффициента интенсивности и разрушающего номинального момента от угла выточки.

Для местных разрушающих моментов (обозначены звездочкой) в окрестности угловой точки на линии $x=0$ или же $\vartheta = 0$ из (12) получим

$$M_{\theta}^*(r, 0) = \frac{M_0^*}{\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ (1-\lambda)m \end{bmatrix}^{(\lambda-1)m}} \begin{pmatrix} r \\ \rho_0 \end{pmatrix}^{(\lambda-1)m}. \quad (14)$$

Из формулы (14) видно, как будут вести себя значения моментов по мере приближения к концентрационной точке по линии $y=a$. На рис. 4 изображены графики зависимости соотношения местного разрушающего момента на линии $\vartheta=0$ и номинального разрушающего момента от соотношения расстояний от концентратора и глубины выточки при ее разных углах и m .

Из вышеприведенных формул видно, что экспериментально можно получить значения λ , которые зависят от угла входящей выточки и которые можно сверить с теоретическими расчетами.

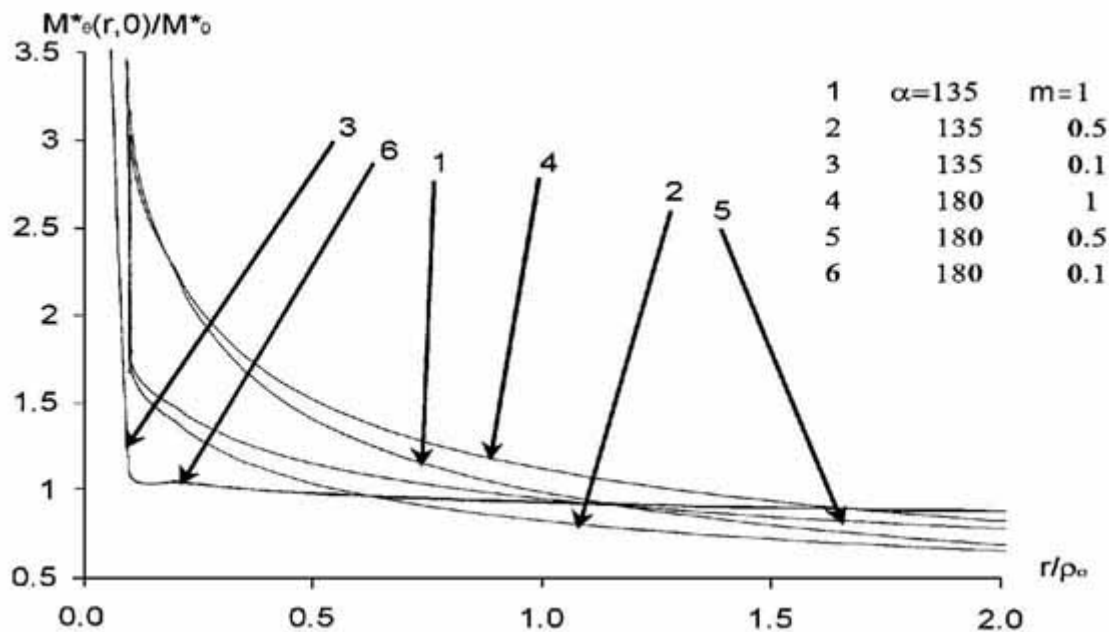


Рис. 4. Зависимость соотношения местного разрушающего момента на линии $\vartheta=0$ и номинального разрушающего момента от соотношения расстояния от концентратора и глубины выточки при ее разных углах и m .

Автор благодарит М. А. Задояна за обсуждения и ценные замечания об этой работе.

Институт механики НАН РА

Литература

1. Партон В. З., Морозов В. М. Механика упругопластического разрушения. М.: Наука, 1992.
2. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений. Т. 1-2. Под ред. Ю. Мураками. М.: Мир, 1990.
3. Задоян М. А.- ПМТФ. 1997. Т. 38, N 6.
4. Задоян М. А.- ДНАН Армении. 1998. Т. 98, N 4. С. 269-273.

Գ. Վ. Գևորգյան

Սալի ամբությունը լարումների կոնցենտրացիայի դեպքում

Կատարված աշխատանքում դիտարկված է համասեռ սալերի ծոման դեպքում կրիտիկական (քայքայման) մոմենտների դաշտերի վարքագիծը սալերի համար կոնցենտրացիոն կետ (տիրույթ) հանդիսացող բացվածքների անկյունային կետերում: Հաշվարկներում օգտագործված է շինարարական մեխանիկայում լայնորեն կիրառվող հատույթների մեթոդը:

Համաձայն այդ մեթոդի, կատարվել է լարումների (մոմենտների) վերադրում կոնցենտրացիոն տիրույթում, բացվածքի բացակայող տիրույթի մոմենտների ինտեգրալային գումարի չափով, ինչպես նաև տեղական և ընդհանուր լուծումներից առաջացող մոմենտների կատարում:

Ընդհանուր լուծումը ստացվել է դասական տեսությամբ, դեկարտյան կոորդինատական համակարգում: Տեղական լուծումը ստացվել է ճշգրտված տեսությամբ՝ հաշվի առնելով կտրող ուժերը:

Արդյունքում ստացվել են լարումների ինտենսիվության և կրիտիկական մոմենտների արտահայտությունները: Այդ արտահայտություններով է տրվել կապը վերոհիշյալ մեծությունների և մարմնի ֆիզիկական ու երկրաչափական բնութագրիչների, ինչպես նաև դրանց հետևանք հանդիսացող վիճակը բնութագրող մեծությունների միջև:

Թվային եղանակով ստացվել են վերը նշված կախվածությունների գրաֆիկները, որոնք մեծ կիրառություն ունեն շինարարական և կիրառական մեխանիկայի ոլորտներում:

С. Р. Месчан

Определение сопротивления сдвигу глинистых грунтов методом повторного испытания образцов

(Представлено академиком М.А. Задояном 15/VIII 1999)

Определения касательного стандартного $\tau_{f,st}$ и остаточного τ_r сопротивлений глинистых грунтов сдвигу по ГОСТ 12248-96 [1] и ГОСТ РА 178-99 [2], соответственно осуществляемые в режимах контроля деформации сдвига $\Delta s(\gamma)$ и касательного напряжения τ , следует выполнять испытанием образцов под действием не менее трех различных по величине нормальных напряжений σ_z . Параметры $\text{tg} \varphi$ и c в выражении сопротивления сдвигу (срезу): τ_r ($\tau_{f,st}$) = $\text{tg} \varphi + c$ по ГОСТ 20522-96 [3] вычисляются по результатам не менее трех определений τ_r ($\tau_{f,st}$) при различных значениях нормального напряжения σ_z . Это значит, что для определения параметров $\text{tg} \varphi$ и c следует испытать не менее девяти образцов близнецов, вырезанных из одного монолита или керна. Если даже ограничиваться двукратным повторением опытов, для указанной цели следует испытать не менее шести образцов-близнецов. К сожалению, довольно часто в лабораторию поступают монолиты небольшой величины и керны небольшой длины, из которых невозможно вырезать отмеченное выше количество образцов-близнецов. Нами предпринята попытка разработки упрощенного метода определения $\text{tg} \varphi$ и c испытанием небольшого количества образцов-близнецов грунта.

Для решения рассматриваемой проблемы мы воспользовались методом повторного (многократного) испытания образцов, допускаемым по ГОСТ 12248-96 и ГОСТ РА 178-99, под действием возрастающих по величине различных нормальных напряжений. При этом мы исходили из того положения, что при определении $\tau_{f,st}$ и τ_r при больших деформациях сдвига имеет место практически полное исключение влияния структурного сцепления [4] на показатели прочности грунта.

Повторное испытание образцов глинистых грунтов легко осуществить на приборах кручения образцов М-5м [5]. На этих приборах после первого испытания образца на кручение под действием σ_z следует освободить его от действия крутящего момента, не извлекая образец из рабочего органа, довести уплотняющую нагрузку до заданного ее значения $\sigma_{z,r} > \sigma_{z,l}$ и после условной деформации стабилизации уплотнения выполнить следующее испытание на кручение. В этом случае один и тот же образец может быть испытан на кручение под действием различных по величине нормальных напряжений $\sigma_{z,i}$.

Чтобы установить возможность использования метода повторного (многократного) испытания образцов на кручение для определения $\tau_{f,st}$, τ_r и их параметров $\text{tg} \varphi$ и c , осуществлено двукратное кручение образцов многих разновидностей грунтов, отобранных из ядер плотин ряда водохранилищ Армении.

В табл. 1 приведены показатели физических свойств испытанных грунтов и данные двукратного определения $\tau_{r,1}$ и $\tau_{r,2}$ в режиме контроля крутящих моментов M_{tor} [6] под действием одних и тех же нормальных напряжений σ_z . Опыты выполнены на образцах диаметром 101 мм, высотой 24 мм при скорости закручивания 1,8 мм/мин. Остаточное сопротивление сдвигу τ_r определено на интервале 60-80 мм абсолютной деформации сдвига (кручения) наружной грани образца.

Опыты показали (табл.1), что, за исключением грубой ошибки ($\tau_{r,2}/\tau_{r,1}=1,39$), при повторном испытании образцов начальное остаточное сопротивление сдвигу $\tau_{r,1}$ изменяются в ту или другую сторону не более чем на 15%, а повторное испытание образцов практически не оказывает влияния на величину τ_r , определенную при первом испытании. Аналогичные результаты получены как при трехкратном повторении опытов, так и при испытании образцов для определения $\tau_{f,st}$ в режиме контроля деформации сдвига $\Delta s(\gamma)$ [6].

Небезынтересно отметить, что при повторном кручении образцов среднее значение изменчивости $\tau_{r,I}$, вычисленное по данным всех испытаний (табл.1), не превышает 3 % ($\tau_{r,2}/\tau_{r,I}=0,97$).

Из изложенного выше следует, что применение метода повторного (многократного) испытания образцов при определении τ_r и $\tau_{f,st}$ вполне оправдано, и он может быть использован для получения дополнительной информации об прочностных свойствах грунтов.

Ниже приведены два примера применения метода повторного испытания образцов глинистых грунтов, отобранных из ядра плотины Базмабердского водохранилища (Армения), для получения дополнительной информации о прочностных свойствах.

Водохранилище (№ грунта)	ρ , г/см ³	ω	J_p	J_L	ρ_s , г/см ³	σ_z , МПа	$\tau_{r,1}$, МПа	$\tau_{r,2}$, МПа	$\tau_{r,2}/\tau_{r,1}$
Гехарткуникское № 20	1,78	0,345	0,276	0,226	2,69	0,10 0,15 0,25	0,0312 0,0740 0,0585	0,0249 0,0820 0,0527	0,80 1,11 0,90
Апаранское № 28	2,13	0,175	0,150	0,006	2,70	0,60	0,364	0,359	0,99
Советашенское № 31	2,06	0,208	0,258	0,12	2,73	0,20 0,25 0,35 0,50 0,50	0,0810 0,0980 0,1495 0,1740 0,2040	0,0850 0,1020 0,1470 0,1900 0,1980	1,05 1,04 0,98 1,09 0,97
Ахумское № 49	2,11	0,157	0,154	-0,13	2,72	0,15 0,25 0,35	0,0820 0,1350 (0,1510)	0,0890 0,1360 0,2100	1,08 1,0 (1,39)
Карнутское № 6		0,291	0,251	0,291	2,71	0,10 0,10 0,20 0,20 0,40	0,0350 0,0360 0,0630 0,0590 0,1000	0,335 0,0306 0,0570 0,0540 0,0850	0,96 0,85 0,904 0,915 0,85
									0,97

1. Попарно испытаны шесть образцов-близнецов грунта № 4 ($\rho_s=2,71$ г/см³; $w=0,34$; $w_L=0,438$; $w_P=0,209$; $J_P=0,229$; $J_L=0,572$) для определения $\tau_{f,st}$ в режиме контроля деформации сдвига по ГОСТ 12248-96 под действием $\sigma_z=0,1$ МПа. После выполнения первой серии испытаний образцы, испытанные под действием $\sigma_z=0,1$, соответственно уплотнены под действиями $\sigma_z=0,2$ и $0,3$ МПа и после условной стабилизации деформации испытаны на кручение.

Результаты испытания образцов грунта № 4 приведены в табл.2 и на рис.1.

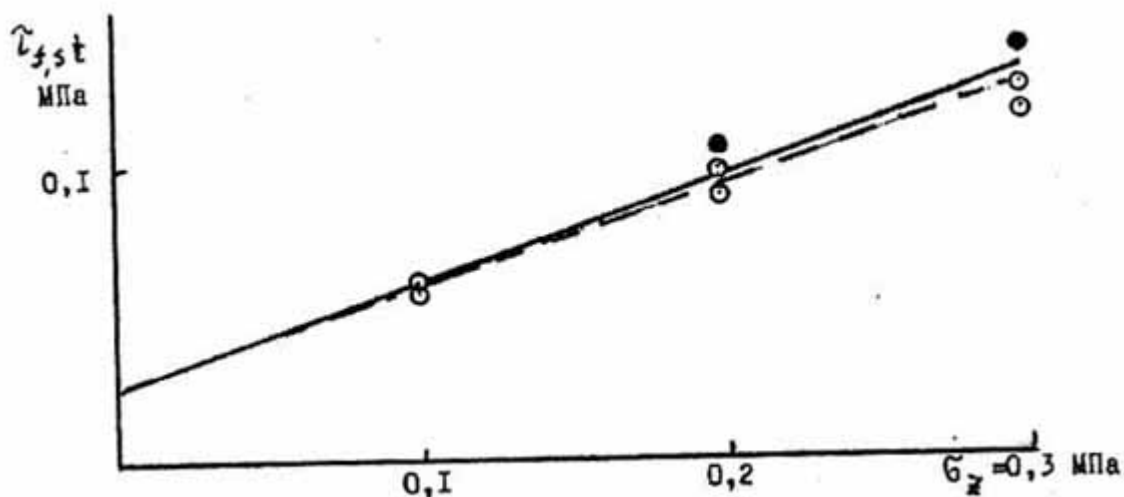


Рис.1.

Данные, полученные при повторном испытании образцов в табл.2, взяты в скобки, а на рис.1 отмечены черными точками.

Таблица 2

№ образцов	$\tau_{f,st}$ при нормальных напряжениях σ_z , МПа		
	0,1	0,2	0,3
1	0,060	(0,106)	—
2	0,057	—	(0,138)
3	—	0,0882	—
4	—	0,0970	—
5	—	—	0,115
6	—	—	0,129

На рис.1 штриховой линией изображена диаграмма сопротивления сдвигу грунта, построенная по данным однократного испытания шести образцов

($\operatorname{tg}\varphi = 0,3175$; $\varphi = 17,61^\circ$, $c=0,0275$ МПа), а сплошной линией - по данным всех восьми испытаний ($\operatorname{tg}\varphi = 0,3409$; $\varphi = 18,83^\circ$, $c=0,0262$ МПа).

Из данных табл.2 следует, что если разброс значений $\tau_{f,st}$ полученных при первичном попарном испытании образцов грунта под действием $\sigma_z=0,2$ и $0,3$ МПа, находится в пределах 10%, то их средние значения отличаются от $\tau_{f, st}$ полученных при повторном испытании ранее закрученных под действием $\sigma_z=0,1$ МПа образцов, в пределах 12%. Эти и другие, не приведенные в этой статье, аналогичные результаты большого объема экспериментальных исследований еще раз подтверждают целесообразность применения метода повторных (многократных) испытаний образцов для определения стандартного и остаточного сопротивлений сдвигу глинистых грунтов.

2. Рассмотрим пример определения остаточного сопротивления сдвигу τ_r грунта № 5 ($\rho = 1,82$ г/см³; $\rho_s=2,70$ г/см³; $w=0,340$; $w_L=0,423$; $w_P=0,214$; $J_P=0,209$; $J_L=0,603$) в режиме контроля крутящих моментов M_{tor} , когда из доставленного в лабораторию керна удалось вырезать всего четыре образца-близнеца.

Пара образцов-близнецов испытана на кручение под действием $\sigma_z=0,1$ МПа, один образец под действием $\beta_z=0,2$ МПа и один - под действием $\sigma_z=0,3$ МПа. После испытания образцов под действием $\sigma_z=0,1$ МПа их нормальные напряжения соответственно доведены до $0,2$ и $0,3$ МПа. После стабилизации деформации уплотнения они испытаны на кручение под действием этих нормальных напряжений.

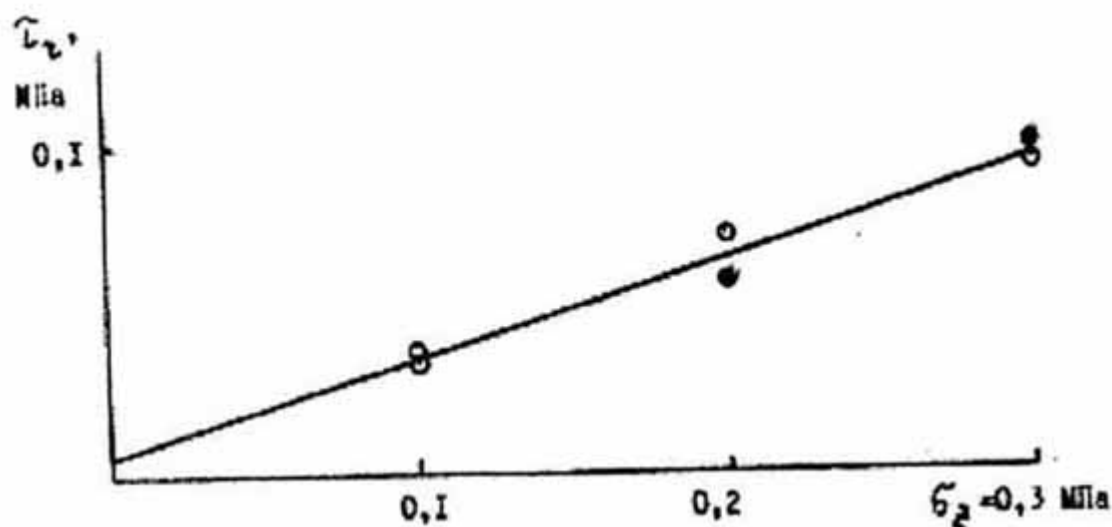


Рис.2.

Полученные от первичного испытания образцов данные остаточного сопротивления сдвигу τ_r на рис.2 показаны кружочками, а от повторного испытания - черными точками. По полученным данным вычислены параметры τ_r ($\operatorname{tg}\varphi = 0,3057$; $\varphi = 17^\circ$; $c=0,0046$) МПа и построена диаграмма сопротивления грунта сдвигу, которая на рис.2 изображена сплошной линией.

Изложенное выше позволяет утверждать, что при недостаточном количестве образцов-близнецов для определения $\tau_{f,st}$ и τ_r можно успешно воспользоваться методом повторного их испытания под действием различных, возрастающих по величине нормальных напряжений.

Литература

1. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
2. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
3. ГОСТ РА 178-99. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности посредством кручения.
4. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высшая школа, 1982.
5. Месчян С.Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов. М.: Недра, 1985. 342 с.
6. Месчян С.Р. Геоэкология, 1997. № 1. С. 121-127.

Ս.Ռ. Մեսչյան

Կավային գետնահողերի սահքի դիմադրության որոշումը նմուշների կրկնակի փորձարկման եղանակով

Հոդվածում բերված է կավային գետնահողերի փոքրաթիվ նմուշների դեպքում դրանց կրկնակի (բազմակի) փորձարկման միջոցով սահքի ստանդարտ $\tau_{f,st}$ և մընացորդային τ_r դիմադրությունների որոշման պարզեցված եղանակը: Բերված եղանակի հիմքում ընկած է այն հայտնի երևույթը, որ կավե գետնահողերի սահքի մեծ ձևախախտումների ժամանակ $\tau_{f,st}$ և τ_r դիմադրությունները որոշելիս նրանց կառուցվածքային ամրության ազդեցությունը ամրության վրա գործնականորեն հավասարվում է զրոյի: Գետնահողի նմուշների կրկնակի (բազմակի) փորձարկումը հարմար է իրականացնել ոլորման միջոցով՝ ինչպես սահքի ձևախախտումների $\Delta s(\gamma)$, այնպես էլ ոլորող մոմենտների M_{tor} վերահսկման ձևերով: Բազմաթիվ փորձերով հաստատված է առաջարկվող եղանակի օգտագործման հնարավորությունը գետնահողերի փոքրաթիվ նմուշների առկայության դեպքում, դրանց ամրության բնորոշիչների որոշման համար:

Н. А. Корхмазян, Н. Н. Корхмазян

Симметрия бесцветных элементарных частиц

(Представлено академиком Д. М. Седрабяном 30/X 1999)

В работе [1], исходя из соображений симметризации распределения кварков и лептонов на некоторой абстрактной плоскости (q, σ) , вводится новое аддитивное квантовое число σ , которое представляется следующим образом:

$$\sigma_B = q_B - 1, \quad \sigma_M = q_M, \quad \sigma_L = q_L + 1, \quad \sigma_\gamma = 0, \quad \tilde{\sigma} = -\sigma, \quad (1)$$

где q -заряд частицы, а индексы указывают на природу частиц. Легко показать, что для σ имеет место закон сохранения. Это видно из того, что все формулы, приведенные в (1), можно представить единой формулой

$$\sigma = q - (B - L), \quad (2)$$

где B и L -барионный и лептонный заряды частиц. Эта формула применима и для кварков, для которых $B=1/3$ и $L=0$. Таким образом, закон сохранения $B-L$ в работе [2] получен как следствие $SU(5)$ симметрии, а в работе [1] - как следствие закона сохранения σ -числа. Из сохранения σ -числа, в частности, следует, что, в согласии с теорией Дирака-Вейля и $SU(5)$ симметрией [3,4], масса электронного нейтрино в точности равна нулю.

В другой работе авторов [5], исходя из распределения кварков и лептонов на плоскости (q, σ) , была выявлена природа кварк-лептонной симметрии. В частности, было показано, что для частиц одного поколения существует группа преобразования симметрии, представляемая 4-группой диэдра [6].

Естественно ожидать, что существует симметрия также и между всеми бесцветными частицами. При этом, кроме лептонов и мезонов, мы имеем в виду все барионы, которые в принципе могут быть составлены из восемнадцати известных кварков (индекс указывает на цвет):

$$\begin{array}{ccccccccc} u_1 & u_2 & u_3 & c_1 & c_2 & c_3 & t_1 & t_2 & t_3 \\ d_1 & d_2 & d_3 & s_1 & s_2 & s_3 & b_1 & b_2 & b_3 \end{array} \quad (3)$$

В пользу такой возможности говорят как простая кварковая структура барионов, так и распределение обычных частиц на плоскости (q, σ) . При этом в каждой отмеченной точке мы поместили по одной частице в качестве представителя нескольких частиц (см. рис. 1). Например, в точке $(-1,0)$, кроме электрона, надо подразумевать и остальные

заряженные лептоны μ^- и τ^- . Из рисунка видно, что имеет место симметрия по отношению к оси σ' . При этом число частиц в симметричных точках одинаково. Легко показать, что такая симметрия имеет место также и для многокварковых барионов. Например, если барионы с квантовыми числами $B=5$, $q=3$, $\sigma=-2$ состоят из восьми верхних и семи нижних кварков, то симметрично расположенные барионы $B=5$, $q=3$, $\sigma=-3$, наоборот, состоят из семи верхних и восьми нижних кварков. Очевидно, что число бесцветных комбинаций одинаково.

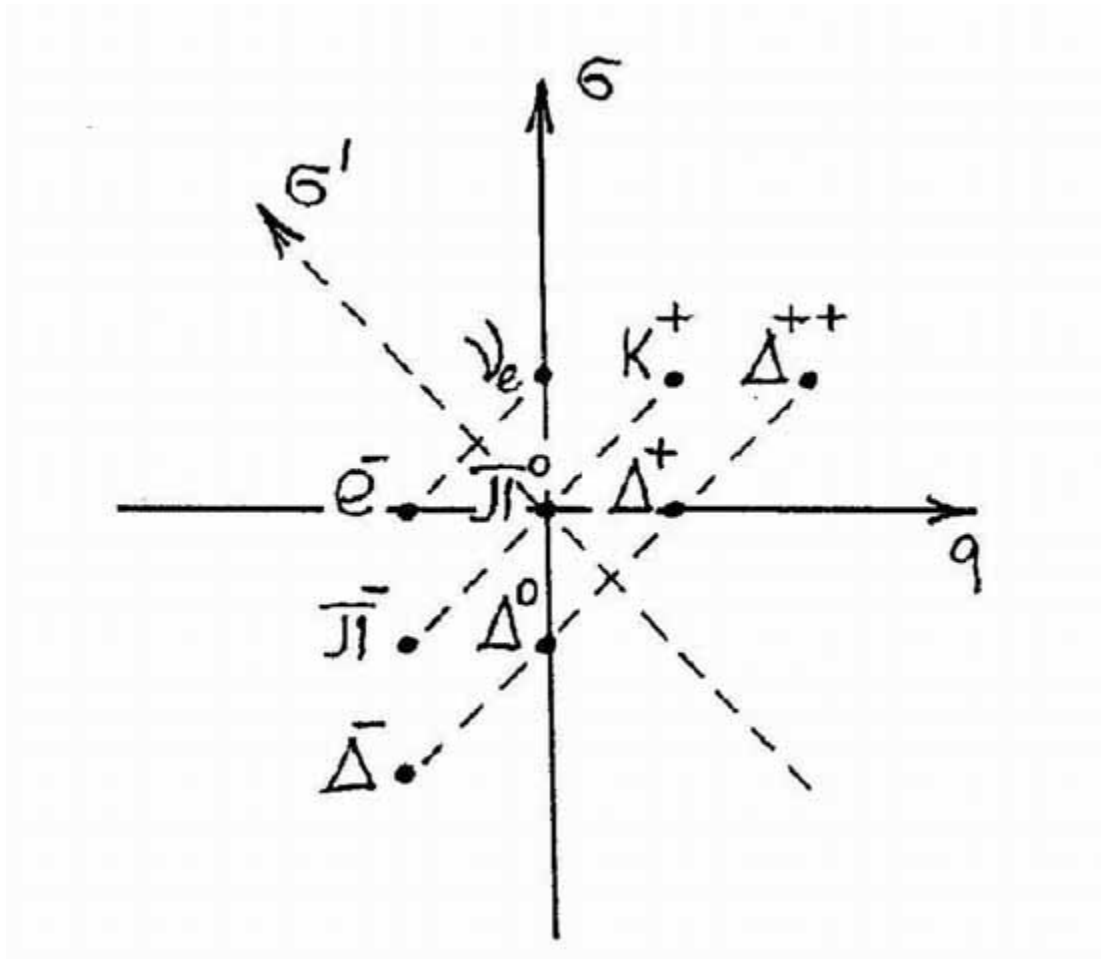


Рис. 1. Распределение обычных частиц на плоскости (q, σ) . За единицу измерения принято расстояние между соседними узлами по обоим осям.

Для барионов аналогичная симметрия имеет место также и по отношению к другой оси q' , определяемой уравнением $\sigma=q-3$. Легче всего в этом убедиться прямым подсчетом числа частиц во всех отмеченных точках (рис. 2). Числа, приведенные на рисунке, указывают на число возможных частиц в данном узле. Пунктирные линии, параллельные оси q' , удовлетворяют уравнениям $\sigma=q-B$. При этом вместо лептонного числа мы приписываем барионное число $B=-1$ лептонам, так как разность $B-L$ сводится к числу B для барионов и к числу L для лептонов. Тогда вместо закона сохранения $B-L$ можно говорить о законе сохранения барионного числа. Это, на первый взгляд, формальное переименование может привести, однако, к интересным физическим последствиям. Отсюда, в частности, следует, что во всех реакциях, где участвуют

антипротоны, их можно заменить на электрон с добавкой необходимой энергии. С тем же основанием протон можно заменить на соответствующий позитрон.

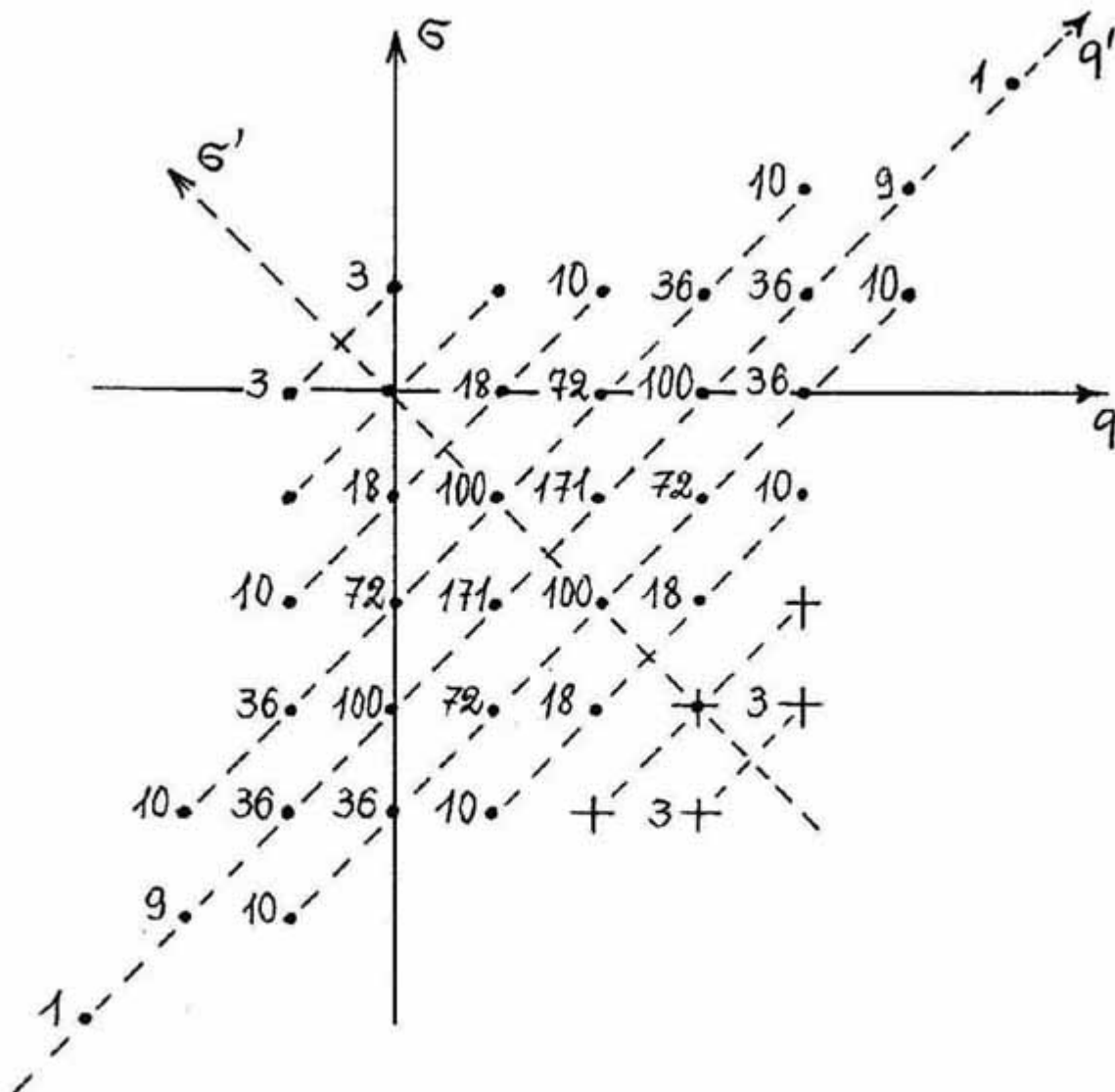


Рис. 2. Распределение всех бесцветных частиц на плоскости (q, σ) .
В узлах, отмеченных крестиками, находятся трансбарионные частицы.
Числа у узлов указывают на число возможных частиц в данном узле.

После замены лептонного заряда на барионный заряд формулу (2) можно заменить формулой $\sigma = q - B$. На прямой, определяемой этим уравнением, находятся все частицы с барионным числом B . В точке $(q=3, \sigma=-3, B=6)$ имеется лишь одна частица, состоящая из всех восемнадцати кварков.

Распределение частиц на рис. 2 подсказывает, что для завершения картины наблюдаемой симметрии необходимо в отмеченных крестиками точках подразумевать наличие некоторых новых частиц. Например, в точке $(q=4, \sigma=-3)$ должны существовать

три частицы, так как в симметричной с ними точке имеется три лептона. После этого распределение всех бесцветных частиц будет подчиняться той же группе преобразования подобий, которой подчиняются частицы одного поколения [5]. Предсказанные частицы находятся в пяти узлах, расположенных симметричным образом по отношению к лептонам и мезонам. Эти частицы, как и лептоны, не имеют кварковой структуры, так как для них $B=6$ и $B=7$. Надо полагать, что эти частицы (назовем их трансбарионными) на порядок тяжелее обычных тяжелых барионов.

Если в некотором узле, по каким-то правилам отбора, будет отсутствовать некоторое число частиц или даже все возможные частицы, то вследствие симметрии такое же число частиц должно отсутствовать и в остальных симметричных с ними узлах. Это замечание к отмеченным нами трансбарионным частицам не относится, так как симметричные с ними лептоны и мезоны уже давно известны. Отметим, что симметрия имеет место вне зависимости от числа поколения. К сожалению, это обстоятельство не дает нам возможности судить о наличии четвертого поколения. Однако обнаружение хотя бы одной частицы из сотни возможных частиц, находящихся за пределами третьего поколения, будет свидетельствовать о наличии четвертого поколения. Такими могут оказаться, например, частицы с $B=4$ и $q=\pm 2, \pm 3, \pm 4$. Другим свидетельством может служить наличие в одном узле большего числа частиц, чем это допустимо в пределах трех поколений. Например, если будет обнаружено более одной частицы с зарядами $q=6, B=3$ или $q=-3, B=3$. При наличии четвертого поколения число таких частиц может достигнуть двадцати.

В заключение отметим, что существование трансбарионных частиц также не зависит от числа поколений.

Армянский педагогический институт им. Абовяна

Литература

1. Корхмазян Н. А.- ДНАН Армении. 1999. Т. 99. N 2. С. 182-185.
2. Georgi H., Glashow Sh.- Phys. Rev. Lett. 1974. V. 32. N 8. P. 438.
3. Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц. М.: Наука, 1987.
4. Хелзен Ф., Мартин А. Кварки и лептоны. М.: Мир, 1987.
5. Корхмазян Н. А., Корхмазян Н. Н.- ДНАН Армении. 1999. Т. 99. N 4. С. 347-350.
6. Вигнер Е. Теория поля. М.: ИЛ, 1961.

Ն. Ա. Ղորխմազյան, Ն. Ն. Ղորխմազյան
Անգույն տարրական մասնիկների համաչափությունը

Ցույց է տրված, որ գոյություն ունի դիեդրի 4-խմբով ներկայացվող համաչափություն բոլոր անգույն մասնիկների միջև: Համաչափության հիման վրա կանխագուշակված է որոշ անհայտ մասնիկների գոյությունը: Ցույց է տրված, որ այդ մասնիկների (անվանենք դրանց տրանսֆարիոնային) թիվը լեպտոնների և միզոնների ընդհանուր թվից պակաս է մեկով: Նշված է, որ այդ մասնիկները չեն կարող ունենալ քվարկային կառուցվածք, քանի որ նրանց համար $B=6$ և $B=7$: Ցույց է տրված, որ տրանսֆարիոնային մասնիկների գոյության փաստը կախված չէ քվարկ-լեպտոնային սերունդների թվից:

УДК 621.313.322.01

Академик Г. Л. Арешян

Формулы провалов напряжений синхронного генератора при пуске асинхронного двигателя

(Представлено 25/VI 1999)

Рассмотрен случай подключения (пуска) асинхронного двигателя (АД) к автономно работающему синхронному генератору (СГ). Принято, что до подключения АД синхронный генератор работал в стационарном режиме с активно-индуктивной нагрузкой $Z_1 = pL_1 + r_1$. Учитывается, что в момент подключения происходит форсировка возбуждения СГ.

Линеаризованная система дифференциальных уравнений, записанная в операторной форме для приращений, имеет вид:
для цепей СГ

$$Z_d I_d + pM_d I_f + pM_d I_D + \omega_o L_q I_q + \omega_o M_q I_Q = -U_d + p^{-1} A_d^o ,$$

$$Z_q I_q + pM_q I_Q - \omega_o L_d I_d - \omega_o M_d I_f - \omega_o M_d I_D = -U_q + p^{-1} A_q^o ,$$

$$Z_f I_f + pM_d I_d + pM_d I_D = U_f + p^{-1} A_f^o ,$$

$$Z_D I_D + pM_d I_d + pM_d I_f = p^{-1} A_D^o ,$$

$$Z_Q I_Q + pM_q I_q = p^{-1} A_Q^o ;$$

для цепей первичной нагрузки

$$Z_1 I_{d1} + \omega_o L_1 I_{q1} = U_d + p^{-1} A_{d1}^o ,$$

$$Z_1 I_{q1} - \omega_o L_1 I_{d1} = U_q + p^{-1} A_{q1}^o ;$$

для цепей АД

$$Z_a I_{d2} + pM I_{D2} + \omega_a L_a I_{q2} + \omega_o M I_{Q2} = U_d + p^{-1} A_{d2}^o ,$$

$$Z_a I_{q2} + pM I_{Q2} - \omega_o L_a I_{d2} - \omega_o M I_{D2} = U_q + p^{-1} A_{q2}^o ,$$

$$Z_R I_{D2} + pM I_{d2} + \omega_o M I_{q2} + \omega_o L_R I_{Q2} = p^{-1} A_{D2}^o ,$$

$$Z_R I_{Q2} + p M I_{q2} - \omega_o M I_{d2} - \omega_o L_R I_{D2} = p^{-1} A_{Q2} .$$

Линеаризация произведена для многомерной точки

$$U_d^0, U_q^0, U_f^0, i_f^0, i_d^0, i_q^0, i_D^0, i_Q^0, i_{d1}^0, i_{q1}^0, i_{d2}^0, i_{q2}^0, i_{D2}^0, i_{Q2}^0, S^0=1, \omega_o=\text{const} .$$

Принято, что в момент подключения АД к СГ при $t=0^+$ скорость ротора СГ не успевает измениться, а ротор АД - начать вращаться. Поэтому дифференциальные уравнения движения маховых масс не используются. Постоянные начальных условий A_{ij}^0 для рассматриваемого случая (стационарный режим СГ до момента подключения АД) все равны нулю, кроме $A_{d2}^0=U_d^0$ и $A_{q2}^0=U_q^0$. Форсировка возбуждения учитывается выражением $U_f(p)=p^{-1}\Delta U_f$. К приведенным уравнениям добавляются уравнения токов генератора и нагрузок

$$I_d = I_{d1} + I_{d2}, \quad I_q = I_{q1} + I_{q2} .$$

Собственные операторные сопротивления электрических цепей обозначены

$$Z_d = pL_d + r_s, \quad Z_q = pL_q + r_s, \quad Z_f = pL_f + r_f, \quad Z_D = pL_D + r_D, \\ Z_Q = pL_Q + r_Q, \quad Z_\alpha = pL_\alpha + r_\alpha, \quad Z_R = pL_R + r_R, \quad Z_1 = pL_1 + r_1 .$$

Решения провалов напряжения при подключении АД определены тем же методом, который был использован при подключении к СГ дополнительной активно-индуктивной нагрузки [1], а именно, линеаризация исходных дифференциальных уравнений, их запись в операторной форме, получение решений для токов и напряжений в виде дробно-рациональных степенных полиномов от операторного параметра p , разложение их в ряды Лорана, построение асимптотических решений в виде степенных рядов от времени в окрестности $t=0$.

В результате для приращений получены следующие аналитические формулы провалов напряжений для момента $t=0^+$ с учетом форсировки:

$$\Delta U_d(0^+) = - \frac{L_1 L'_a k_{a\phi} \Delta U_f}{D''_d} - \frac{L_1 L''_{d0} U_d^0}{D''_d}, \quad (1)$$

$$\Delta U_q(0^+) = - \frac{L_1 L'_{q0} U_q^0}{D'_q}, \quad (2)$$

где

$$D''_d = L''_{do}(L_1 + L'_a) + L_1 L'_a, \quad D'_q = L'_{q0}(L_1 + L'_a) + L_1 L'_a. \quad (3)$$

Переходные и сверхпереходная индуктивности равны

$$\begin{aligned} L'_{do} &= L_d(1 - M_d^2 L_d^{-1} L_f^{-1}), \quad L'_{q0} = L_q(1 - M_q^2 L_q^{-1} L_Q^{-1}), \\ L'_a &= L_a(1 - M_d^2 L_a^{-1} L_R^{-1}), \quad M'_{do} = M_d(1 - M_d L_f^{-1}), \\ L'_{D0} &= L_D(1 - M_d^2 L_D^{-1} L_f^{-1}), \\ L''_{do} &= L'_{do} [1 - (M'_{do})^2 \cdot (L'_{do} L'_{D0})^{-1}]. \end{aligned} \quad (4)$$

В случае отсутствия у СГ демпферных клеток вместо L''_{do} берется L'_{d0} , а вместо L'_{q0} - L_q . Коэффициент форсировки $K_{a\phi}$ равен

$$k_{a\phi} = \sigma'_{D0} k_f, \quad \sigma'_{D0} = 1 - M'_{do}(L'_{D0})^{-1}, \quad k_f = M_d L_f^{-1}. \quad (5)$$

В случае отсутствия демпферных клеток коэффициент форсировки становится равным

$$k_{a\phi} = k_f = M_d L_f^{-1}. \quad (6)$$

Полные напряжения на зажимах СГ в момент $t=0^+$ будут равны

$$U_d(0^+) = U_d^0 + \Delta U_d(0^+), \quad U_q(0^+) = U_q^0 + \Delta U_q(0^+). \quad (7)$$

Из уравнений (1), (2) и (3) получаем провалы напряжений в частном случае, когда АД подключается к СГ, который находится в режиме холостого хода, т. е. нагрузка $Z_1 = pL_1 + r_1$ отсутствует.

Устремляя в уравнениях (1), (2) и (3) $L_1 \rightarrow \infty$, получаем с учетом того, что при холостом ходе $U_d^0 = 0$, $U_q^0 = E_0$,

$$\Delta U_d(0^+) = - \frac{L'_a k_{a\phi} \Delta U_f}{L''_{do} + L'_a}; \quad \Delta U_q(0^+) = - \frac{L'_{q0} E_0}{L'_{q0} + L'_a}. \quad (8)$$

В заключение отметим, что полученные аналитические формулы имеют важное значение для автономной электроэнергетики малых и средних мощностей, когда СГ питает электронную аппаратуру, которая очень чувствительна к провалам и всплескам

напряжения. Полученные формулы позволяют достоверно определять величину провалов напряжения, а на этапе проектирования СГ правильно выбрать параметры демпферных клеток СГ и величину напряжения форсировки в обмотке возбуждения.

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. Арешян Г. Л. - Электричество. 1998. N 10.

Ակադեմիկոս Գ. Լ. Արեշյան
Ասինխրոն շարժիչի բանեցման ժամանակ սինխրոն
գեներատորի լարումների անկման բանաձևերը

$t=0+$ ժամանակի համար տրված են սինխրոն գեներատորի լարման անկումների անալիտիկ արտահայտություններ , որոնք ստացվել են դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի լուծման հիման վրա: Ընդունված է, որ մինչ ասինխրոն շարժիչի բանեցումը, սինխրոն գեներատորն աշխատում էր ստացիոնար ընթացքում ակտիվ ինդուկտիվ բեռի տակ: Հաշվի է առնվում, որ ասինխրոն շարժիչի միացման ժամանակ տեղի է ունենում գրգռման ուժեղացում:

И. Р. Овакимян, Г. Г. Бабаян, А. С. Дегоян

Об оптимальном выборе переменных резисторов с позиций автоматизированной сборки на АРКЛ

(Представлено академиком Г. Л. Арешяном 19/X 1999)

Нами разработана автоматизированная роторно-конвейерная линия (АРКЛ), предназначенная для совершенствования существующих способов и устройств для загрузки, ориентации, подачи, транспортировки, сборки и разгрузки элементов деталей изделий. Применение роторных принципов в разработке структур АРКЛ резко увеличивает производительность труда, снижает затраты времени, материало- и энергоемкость, высвобождает рабочую силу и производственные площади. В настоящей работе описана разработка типовой структуры АРКЛ сборки узлов переменных резисторов. Типовая структурная схема роторных линий состоит из:

- 1) загрузочных, разгрузочных и питающих устройств по числу собираемых элементов (деталей или узлов);
- 2) технологических роторов (в зависимости от числа выполняемых операций, загрузки, установки, закрепления и разгрузки);
- 3) транспортных роторов (по числу необходимых переходов с одного технологического ротора на другой).

Транспортирование элементов сборки на АРКЛ производится, как правило, цепным конвейером, в связи с чем необходимость в транспортных роторах полностью или частично отпадает. Несколько одноименных деталей простой конфигурации, устанавливаемых в едином месте, могут подаваться на сборку комплектно из одного загрузочного устройства. В этом случае производительность загрузочного устройства определяется числом выданных комплектов деталей в единицу времени.

Организационно-технологические и производственные особенности изготовления переменных резисторов во многом зависят от технологичности их конструкции:

- 1) технологической рациональности конструкторских решений (трудоемкость изготовления, материалоемкость, технологическая себестоимость, коэффициент использования материалов, сборность конструкции, возможность применения типовых технологических процессов);
- 2) преемственности конструкции - показателя уровня стандартизации [1]. Переменные резисторы имеют весьма разнообразные конструкции. Для выбора оптимального варианта, удобного для механизированной и автоматизированной сборки, необходим анализ технологичности конструкции и всего изделия.

Технологичность переменных резисторов зависит от факторов, влияющих на процесс автоматической сборки: способности детали сохранять форму, несцепляемости, устойчивости, наличия поверхностей, пригодных для базирования при сборке, возможности ориентирования и сохранения ее при сборке, использования технологических баз в качестве установочных. Высокая технологичность конструкции необходима для последовательной автоматической сборки узлов, обеспечения их соединения и др.

Количественная оценка технологичности конструкции переменных резисторов проведена по методике, описанной в [1]. Она учитывает технические возможности или степень трудности автоматизации процесса сборки. Технологичность изделий

оценивается с учетом способа сборки, уровня развития технических средств автоматизации сборочных процессов.

По нашим разработкам, уровень технологичности конструкций переменных резисторов определяется следующим образом:

- 1) технологичность удовлетворительная, если ее общий показатель $T > 0.85$;
- 2) при показателях $0.85 > T > 0.5$ необходимо определить роль отдельных составных частей, минимальные значения T_j и a_{ji} , установить причины низкой оценки технологичности изделия, провести экспериментальные работы по ее повышению либо внести изменения в конструкцию;
- 3) при $T < 0.5$ сборка изделия на АРКЛ нецелесообразна, необходима основательная переработка конструкции или переход на другой тип сборки;
- 4) при оценке по одному из признаков технологичности, близкой к нулевой, автоматизация процесса сборки невозможна.

Для процесса сборки наиболее характерны операции закрепления, которые используются при сборке переменных резисторов. Основными рабочими операциями сборки являются установка деталей и их закрепление. Предварительная установка деталей в сборочном узле производится без закрепления. В некоторых случаях установка и закрепление могут выполняться на одной позиции. В автоматическую сборку могут входить также операции контроля, включая испытание, регулировочные, вспомогательные операции и механическую обработку.

Автоматизированный технологический процесс сборки определяет число и назначение позиций в сборочном оборудовании и меры обеспечения высокой надежности процесса. Первостепенное значение имеет выбор базовой детали. Если в состав сборочной единицы входит корпусная деталь, она, как правило, принимается за базовую. В других же случаях необходима оценка условия базирования каждой детали, в том числе и добавляемых при сборке. Детали, представляющие собой тела вращения и не требующие угловой ориентации, нуждаются лишь в совмещении осей (центрировании). Такие детали собираются с помощью центрирующих матриц, при этом для введения одной детали в другую может использоваться также вибрационный метод. Сборка деталей произвольной формы требует строго определенного их взаимного расположения. Это обеспечивается специальными ориентирующими приспособлениями и применением транспортных средств для межоперационной передачи деталей.

Если собираемые детали представляют собой тела вращения со шпоночным или шлицевым сочленением, то предварительно центрируются без угловой ориентации посредством центрирующих матриц или пуансонов.

В ряде случаев несколько деталей соединяются в одну. Например, несколько деталей запрессовываются в общее основание, создавая специальные блоки. Они имеют несколько приемников для собираемых деталей и направляющих, центрирующих матриц с запрессовываемыми деталями. При сборке с последовательной подачей собираемых деталей на базовую их сопряжение осуществляется на сборочных роторах специфичным для данной операции инструментом. Эти роторы соединяются в линию посредством межоперационных транспортных роторов и обслуживаются питающими роторами, подающими собираемые детали.

Инструменты в рабочем органе ротора должны соответствовать собираемым деталям. Роторная система должна иметь несколько питающих роторов, подающих собираемые детали в рабочую зону сборки.

Сборочный процесс заключается в запрессовке или вставке нескольких последовательно подаваемых штырей или втулок в параллельно расположенные гнезда основной детали.

Большинство операций закрепления деталей (запрессовка, развальцовка, сварка,

пайка и др.) выполняется посредством прямолинейного движения. В некоторых случаях используется круговое или винтовое движения исполнительного органа. Рассмотренные методы сборки переменных резисторов могут быть использованы для соединения деталей типа тел вращения корпусов, валов, шайб, заклепок и т. п.

Созданная нами роторная технология позволила повысить, по сравнению с ручным производством, производительность труда в 30÷50 раз, снизить трудоемкость изготовления деталей в 8÷10 раз, сократить производственные площади и рабочую силу в 4÷5 раз. Производительность роторной линии составляет 270 шт/мин.

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. Муценек К. Я. Основы проектирования сборочных автоматов и линий. Рига: Знание, 1981.

Ի. Ռ. Հովակիմյան, Հ. Հ. Բաբայան, Ա. Ս. Դեղոյան

**Փոփոխական ռեգիստրների օպտիմալ ընտրության
հարցերը ԱՌԿԳ-ի վրա ավտոմատ հավաքման
դրությունից ելնելով**

Էլեկտրոնային տեխնիկայի զարգացման բարձր տեմպերը և ԷՏԻ արտադրության ծավալի նշանակալից մեծացման անհրաժեշտության ապահովումը հիմնականում կախված է պատրաստման տեխնիկայի մեքենայացումից և ավտոմատացումից՝ հատկապես նրանց հավաքման պրոցեսում:

Մեր հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ԷՏԻ ժամանակակից արտադրությունում օգտագործելով ռոտորային և ռոտորակոնվեյերային զծերը, կտրուկ բարձրացնում են աշխատանքի արտադրողականությունը, որակը, հուսալիությունը, իջեցնում արտադրանքի ինքնարժեքը, տնտեսում ժամանակը, կրճատում բանվորական ուժը, արտադրահրապարակի մակերեսը և այլն:

УДК 547.963.3

А. Р. Джербашьян, Р. А. Захарян, П. А. Казарян,
С.Н. Симонян, академик К.Г. Карагезян

Действие дсРНК и полинуклеотидов на апоптоз

(Представлено 19/VII 1999)

Индукция глюкокортикоидами межнуклеосомной фрагментации ДНК хроматина впервые была показана в [1]. В дальнейшем описанное явление получило название "запрограммированной гибели" клетки. Это феномен, являющийся наиболее характерным биохимическим тестом апоптоза [2]. Апоптоз рассматривается как необходимый процесс для поддержания гомеостаза организма (3). Известны гены как индуцирующие (сed 3, sed 4), так и подавляющие (red 9) апоптоз [4].

Показано, что двухспиральная РНК (дсРНК) обладает антивирусной, интерферониндуцирующей, противоопухолевой и иммуностимулирующей активностью [5, 6].

В данной работе мы исследовали действие дсРНК, полинуклеотидов поли (А), поли (У) и поли (Г) на апоптоз как с целью изучения регуляции апоптоза, так и для оценки антивирального и противоопухолевого действия вышеуказанных веществ.

В работе использовали 3 - 4-недельные белые крысы. Клетки тимуса извлекали гомогенизацией тимуса в слабо притертом гомогенизаторе Даунса в среде RPMI 1640, 2 mM глютамин с 10% телячьей эмбриональной сывороткой. Суспензию клеток фильтровали через 4 слоя марли и инкубировали 4 ч при 37°C.

После инкубации клетки осаждали центрифугированием 400 x g 10 мин. Осадок клеток суспензировали в 20 mM трис-HCl pH 7.4, 25 mM Na-ЭДТА буфере, клетки лизировали добавлением тритона X-100 до конечной концентрации 1% с последующей инкубацией 10 мин при 0°C. Добавляли Na-додецилсульфат до конечной концентрации 0.5%. ДНК выделяли обработкой протеиназой К, депротенизацией смесью хлороформ - изоамиловым спиртом (24:1) и последующей обработкой РНК-азой.

Фрагменты ДНК разделяли электрофоретически в 1.5%-ной агарозе в системе трис-борат pH 8.0 [7].

In vitro инкубация тимоцитов без добавок вызывает слабый апоптоз. В наших экспериментах мы обнаружили слабую межнуклеосомную деградацию ДНК хроматина при инкубации тимоцитов в среде без добавок (рис. 1, ряд 1).



Рис.1.



Рис.2.

Рис.1. Действие дсРНК на межнуклеосомную фрагментацию ДНК хроматина тимоцитов крыс: 1-контроль без добавок; 2-инкубация клеток с дексаметазон ацетатом 5 мкг/мл; 3-инкубация с дексаметазон ацетатом 10 мкг/мл; 4-инкубация с дексаметазон ацетатом 10^{-6} м; 5-инкубация с дсРНК 100 мкг/мл; 6-инкубация с дсРНК 250 мкг/мл; 7-инкубация с дсРНК 500 мкг/мл; 8-инкубация с дсРНК 250 мкг/мл и дексаметазон ацетатом 10^{-6} м.

Рис.2. Действие полинуклеотидов на межнуклеосомную фрагментацию ДНК хроматина тимоцитов: 1-ДНК тимуса без инкубации, контроль; 2-инкубация клеток с поли (А) 50 мкг/мл; 3-инкубация с поли (А) 100 мкг/мл; 4-инкубация с поли (У) 50 мкг/мл; 5-инкубация с поли (У) 100 мкг/мл; 6-инкубация с поли (Г) 50 мкг/мл; 7-инкубация с поли (Г) 100 мкг/мл.

дсРНК индуцирует апоптоз при *in vitro* действии и в концентрациях 100, 250 и 500 мкг/мл вызывает межнуклеосомную фрагментацию ДНК хроматина тимоцитов (рис. 1, ряд 5-7).

В качестве контрольного апоптоза анализировали действие дексаметазонацетата (рис. 1, ряд 2-4). Индукция апоптоза усиливается при совместном действии дсРНК и дексаметазон ацетата (рис. 1, ряд 8).

Полинуклеотиды поли (А), поли (У) и поли (Г) индуцируют апоптоз и в концентрациях 50 и 100 мкг/мл вызывают межнуклеосомальную фрагментацию хроматина (рис. 2, ряды 2-7; ряд 1 - ДНК тимоцитов без инкубации).

Наибольший индуцирующий эффект на апоптоз имеет действие поли (У), наименьший индуцирующий эффект имеет поли (Г).

Ранее было показано лигантообразование дсРНК с белками мозга [8].

Известно, что при вирусных инфекциях и раковых образованиях подавляется апоптоз [3, 9].

Полученные результаты показали, что молекулярный механизм действия дсРНК, поли (А), поли (У) и поли (Г) опосредован через индукцию запрограммированной гибели клетки.

Вышеуказанные вещества, а из полинуклеотидов особенно поли (У), могут быть рекомендованы к применению при вирусных заболеваниях как апоптоз - индуцирующие вспомогательные терапевтические средства.

Институт молекулярной биологии НАН РА
Республиканский гематологический центр

Литература

1. Захарян Р.А., Погосян Р.Г. ДАН АрмССР 1978. Т. 67. № 2. С. 110-113.
2. Willie A.N. - Nature. 1980. V. 284. P. 555-556.
3. Thompson C.B. - Science. 1995. V. 267. P. 1456-1462.
4. Steller H. - Science - 1995.V. 267. P. 1445-1449.
5. Фелдмане Г.Я., Умбрашко Ю.Б., Буйкис А.Х. и др. - Вопр. вирусологии. 1984. Т. 4. С. 463-468.
6. Фомина А.Н., Григорян С.С., Зайцева О.В. и др. - Антибиотики. 1980. Т. 1. С. 28-32.
7. Хансон К.П. - Изв. АН РФ. Сер. биол. 1998. Т. 2. С. 134-141.
8. Маниатис Т., Фриг Э., Сембрук Дж. Методы генетической инженерии. М., 1984.
9. Zakharyan R.A. - QLT/congress, ENA/FBBS-BRA. Cambridge. 1991.

**Ա.Ռ. Զրբաշյան, Ռ.Ա. Զաքարյան, Պ.Ա. Ղազարյան,
Ս.Ն. Սիմոնյան, ակադեմիկոս Կ.Գ. Ղարազյոզյան
ԷսՌՆԹ-ի և պոլինուկլեոտիդների ազդեցությունը ապոպտոզի վրա**

Հետազոտվել է երկսպիրալ ՌՆԹ-ի (ԷսՌՆԹ), պոլինուկլեոտիդների պոլի (Ա), պոլի (ՈԻ) և պոլի (Գ)-ի ազդեցությունը ապոպտոզի վրա առնետների թիմոցիտներում: Ապոպտոզի առկայությունը դիտարկվել է ըստ բջիջների քրոմատինի ԴՆԹ-ի միջնուկլեոտմային ֆրագմենտացիայի: Ցույց է տրված, որ ԷսՌՆԹ-ն, պոլի (Ա)-ն , պոլի (ՈԻ)-ն և ավելի թույլ պոլի (Գ)-ն առաջացնում են ապոպտոզ: ԷսՌՆԹ-ի և պոլինուկլեոտիդներ պոլի (Ա), պոլի (ՈԻ) և պոլի (Գ)-ի ազդեցության մոլեկուլային մեխանիզմները առնչվում են բջջի ծրագրավորված մահի հետ:

УДК 546.185+616-056.49

А. А. Казинян

Особенности изменений фосфолипидов
митохондриальной фракции печени белых крыс при
двусторонней поддиафрагмальной ваготомии

(Представлено академиком К.Г. Карагезяном 12/VII 1999)

В настоящем исследовании выявлены особенности качественных и количественных изменений состава фосфолипидов (ФЛ) митохондриальной фракции печени белых крыс в разные сроки после двусторонней поддиафрагмальной ваготомии. Наблюдаемые сдвиги свидетельствуют о возможных изменениях митохондрий в виде их набухания, исчезновения крист, разрыва внутренних и наружных мембран, структурная организация и функциональная активность которых обусловлены в физиологически метаболизирующей биологической системе филогенетически сложившимся в ней постоянством фосфолипид-фосфолипидных соотношений.

Полученные результаты способствуют выявлению и изучению особенностей формирования тонких молекулярных механизмов нервной регуляции тканевого обмена, имеющих важное значение в разрешении ряда кардинальных положений современной трансплантологии и осмыслении сути неврэктомии как перспективно хирургического метода лечения многих недугов пищеварительного тракта.

Исследования были проведены на 122 белых крысах-самцах массой 180-200 г, содержащихся в обычных условиях вивария.

Через операционную рану, образованную срединным разрезом брюшной стенки в области нижнего отдела пищевода, производили перерезку левой и правой ветвей обоих блуждающих нервов с удалением их на протяжении 2 мм. Выделение митохондриальной фракции производили известным классическим методом [1]. Экстракцию ФЛ из митохондриальной фракции осуществляли в модификации К. Г. Карагезяна [2]. Для этого к митохондриальной массе в фарфоровой ступке неоднократно приливали по 3-4 мл высокоочищенного повторным дистиллированием ацетона. Процедуру тщательного растирания содержимого ступки пестиком и выпаривания его жидкой фракции каждый раз проводили под током холодного воздуха, нагнетаемого с помощью фена (аппарата для сушки волос); в конечном счете она приводила к образованию ацетонового порошка митохондриальной фракции. Экстракцию ФЛ производили 3-кратной экстракцией их с помощью хлороформ-метаноловой смеси в соотношениях (1:2), (1:1) и (2:10). Объединенные экстракты промывали 0,025 Н раствором HCl или физиологическим раствором с целью удаления следов неорганического фосфата и прочих водорастворимых примесей. Смесь ФЛ выпаривали под током газообразного азота насухо. К остатку добавляли 1-2 мл хлороформа, после чего объем наносимого для хроматографии экстракта варьировали в пределах количеств, содержащих не более 8-10 мкг липидного фосфора.

Фракционирование индивидуальных ФЛ осуществляли с помощью одномерной восходящей хроматографии в тонком слое силикагеля марки КСК в системе растворителей хлороформ-метанол-аммиак (65:35:5). Идентификацию пятен ФЛ проводили в атмосфере, насыщенной парами йода.

Минерализацию липидного фосфора осуществляли в среде серной и азотной кислот в песочной бане при 180-200°С с последующим пересчетом содержания ФЛ в мкг липидного фосфора на 1 мг сухого остатка [3].

Статистическую обработку полученных результатов производили общеизвестным методом Стьюдента-Фишера.

Результаты проведенных исследований, отраженные в таблице, показывают, что в ранние сроки после двусторонней поддиафрагмальной ваготомии (1, 3 и 7 сутки) происходит заметное уменьшение суммарных ФЛ (-26,2, -24,3 и -23,3% соответственно), а также их отдельных представителей, в частности, фосфатидилхолинов (ФХ) - (-50,0, -53,8 и -46,2% соответственно), фосфатидилэтаноламинов (ФЭА) - (-33,3, -26,7 и -20,0% соответственно), фосфатидилсе-ринов (ФС) - (-38,5, -30,8 и -15,4% соответственно) и суммы фосфатидных кислот и кардиолипинов (ФК+КЛ) - (-42,1%) в указанные сроки наблюдения. При этом отмечалось резкое увеличение содержания лизофосфатидилхолинов (ЛФХ) - (+100,0, +100,0 и +85,7% соответственно), что мы склонны объяснить возрастанием активности фосфолипазы A₂, приводящим к интенсивно совершающемуся деацилированию ненасыщенных жирных кислот с активным вовлечением их в реакции свободнорадикального окисления, продукты переокисления которых, наряду с возросшим количеством ЛФХ, выступают в роли мощных агентов токсического и литического действия, проявляющегося на уровне митохондриальных мембран, в частности, в виде подавления активности мембраносвязанных липидзависимых ферментных систем.

Динамика количественных изменений фосфолипидов (в мкг липидного фосфора/на мг сухого остатка)
митохондриальной фракции печени белых крыс в контроле (К)
в различные сроки после двусторонней поддиафрагмальной ваготомии

Показатели	<i>K</i> <i>n</i> =14	1 день <i>n</i> =16	% разницы от <i>K</i>	3 день <i>n</i> =20	% разницы от <i>K</i>	7 день <i>n</i> =26	% разницы от <i>K</i>	30 день <i>n</i> =22	% разницы от <i>K</i>	90 день <i>n</i> =24	% разницы от <i>K</i>
Монофосфоинозитиды	0.9±0.06	0.70±0.04 ^a	-22.2	0.80±0.06 ^a	-11.1	0.70±0.04 ^a	-22.2	0.70±0.03 ^a	-22.2	0.80±0.04 ^a	-11.1
Лизофосфатидилхолины	0.7±0.05	1.40±0.5 ^a	+100.0	1.40±0.07 ^a	+100.0	1.30±0.07 ^a	+85.7	1.00±0.08 ^a	+42.9	0.80±0.07 ^a	+14.3
Сфингомиелины	1.4±0.06	1.30±0.07 ^a	-7.1	1.30±0.04 ^a	-7.1	1.10±0.04 ^a	-21.4	1.30±0.09 ^a	-7.1	1.30±0.12 ^a	-7.1
Фосфатидилхолины	2.6±0.22	1.30±0.06 ^a	-50.0	1.20±0.09 ^a	-53.8	1.40±0.09 ^a	-46.2	1.60±0.10 ^a	-38.5	1.90±0.17 ^a	-26.9
Фосфатидилсерины	1.3±0.11	0.08±0.09 ^a	-38.5	0.90±0.09 ^a	-30.8	1.10±0.11 ^a	-15.4	1.70±0.10 ^a	+30.8	1.70±0.09 ^a	+30.8
Фосфатидилэтаноламины	1.5±0.10	1.00±0.09 ^a	-33.3	1.10±0.09 ^a	-26.7	1.20±0.08 ^d	-20.0	1.40±0.10 ^a	-6.6	1.20±0.08 ^a	-20.0
Фосфатидные кислоты + кардиолипины	1.9±0.11	1.10±0.09 ^a	-42.1	1.10±0.13 ^a	-42.1	1.10±0.08 ^a	-42.1	1.40±0.12 ^a	-26.3	1.80±0.09 ^a	-5.3
Сумма нейтральных фосфолипидов (СНФЛ)	6.2±0.43	5.00±0.27 ^a	-19.4	5.00±0.09 ^a	-19.4	5.00±0.28 ^a	-19.4	5.30±0.37 ^b	-14.5	5.20±0.44 ^c	-16.1
Сумма кислых	4.1±0.28	2.60±0.22 ^a	-36.6	2.80±0.28 ^a	-31.7	2.90±0.22 ^a	-29.3	3.80±0.25 ^d	-7.3	4.30±0.22 ^c	+4.9

фосфолипидов (СКФЛ)											
Сумма фосфолипидов	10.3±0.71	7.60±0.49 ^b	-26.2	7.80±0.57 ^a	-24.3	7.90±0.51 ^a	-23.3	9.10±0.62 ^d	-11.7	9.50±0.66 ^c	-7.8
Коэффициент	1.5±0.03	1.92±0.02 ^a	+27.1	1.79±0.03 ^a	+18.5	1.72±0.03 ^a	+13.9	13.9±0.03 ^a	-8.0	1.21±0.03 ^a	-20.0
СНФЛ/СКФЛ											

Примечание: *a-P* < 0.001; *b-P* < 0.01; *c-P* < 0.002; *d-P* < 0.05 .

В связи с вышеизложенным существенный интерес представляет изменение соотношений сумм нейтральных и кислых ФЛ (СНФЛ/СКФЛ), относительное повышение которых свидетельствует об интенсификации реакций катаболизма ФЛ, что также чревато развитием деструктивных превращений в мембранах митохондрий. Расстройство кооперирования фосфатидилхолинового цикла, связанное преимущественно с уменьшением количества ФХ и увеличением содержания ЛФХ, а также с интенсификацией процессов деацилирования и реацилирования ФЛ, свидетельствует о глубине срывов физико-химических свойств ФЛ, падении темпа их обменяемости и подавлении систем антирадикальной защиты как митохондрий, так и печеночных клеток в целом.

В более поздние сроки ваготомии (30 и 90 сутки) обнаруживается постепенное возрастание количества ФС, оказывающегося выше контрольного уровня (в обоих случаях +30,8%), что может быть обусловлено подавлением активности сериндекарбоксилазы в реакции трансформации ФС в ФЭ и, наоборот, интенсификации противоположно направленного процесса. Уменьшение коэффициента СНФЛ/СКФЛ по сравнению с контрольным говорит о повышении темпа обменяемости ФЛ и стремлении к нормализации их метаболизма. Однако уменьшение содержания ФХ и продолжающееся увеличение количества ЛФХ указывают на имеющие место срывы обменных процессов ФЛ митохондриальной фракции и неполное восстановление их биосинтетических реакций, подтверждая тем самым важную роль ВНЦ в регуляции структурной организации и функциональной активности субклеточных элементов и клеток различных органов и систем.

Согласно литературе последних лет, расстройства статуса ФЛ-ФЛ соотношений в митохондриях чреваты резким нарушением активности цитохромной системы, катализирующей электронтранспортирующие механизмы на уровне внутренних мембран этих образований. С отмеченной точки зрения особый интерес представляют, в первую очередь, КЛ [4], затем ФЭ [5] и, наконец, ФХ [6], уровень которых, согласно нашим наблюдениям, претерпевает существенный спад в митохондриальной фракции гепатоцитов в условиях ваготомии. По всей вероятности, аналогичным образом следует интерпретировать отрицательное воздействие выключения парасимпатического звена ВНС на активность плазматических мембран гепатоцитов и их митохондриальных образований. Стимулирующее воздействие ФХ, КЛ, а также ФС на функциональную активность Na⁺, K⁺ - АТФаз [7] в условиях нашего эксперимента, естественно, оказывается далеко не совершенным, поскольку, как уже отмечалось, содержание этих липидов заметно убывало. В отмеченном плане следует обратить особое внимание и на то, что прослеженная при ваготомии убыль содержания ФХ и ФЭ, отрицательно отражающаяся на активности пируватоксидазы [8], Mg²⁺- АТФазы [9], а КЛ - на функциональное состояние сукцинатдегидрогеназы, NADH - дегидрогеназы [10] и глутаматдегидрогеназы, в конечном счете приводит к резкому извращению статуса клеточной активности в целом. Это подчеркивает значение ВНС в обеспечении физиологичности и бесперебойности течения тонких биохимических и молекулярно-биологических превращений в общей канве компенсаторно-приспособительных механизмов организма как основного залога в достижении высокой степени терапевтической эффективности.

Институт молекулярной биологии НАН РА.

Литература

1. Johnson D., Lardy H.- Methods in enzymology. N. Y. 1967. V. 10. P. 94-102.
2. Карагезян К. Г. Фосфолипиды и их роль в жизнедеятельности организма. Ереван: Айастан. 1972. 267с.
3. Прохорова М. И. Методы биохимических исследований. Липиды и энергетический обмен. Учебное пособие. Изд-во ЛГУ. 1982. С.101.
4. Brierley G. P., Morola Aj.- Biochim.et biophys. acta. 1962. V. 64. P. 205-217.
5. Каган В. Е., Азизова О. А., Архипенко Ю. В.- Биофизика. 1977. Т. 22. N 4. С. 625-630.
6. Fleisher S., Casu A.- Biophys. Res. Communs. 1966. V. 24. N 2. P. 189-194.
7. Coleman R.- Biochim. et biophys. acta. 1973. V. 300. N 1. P. 1-30.
8. Cunningham C. C., Hager L. P.- J. Biol. Chem. 1971. V. 246. P. 1575-1582.
9. Peter H. W., Wiese F., Graszynski K.- J. Develop. Biol. 1975. V. 46. N 2. P. 439-445.
10. Микельсаар Х., Северина И. С., Скулачев А. П.- Усп. совр. биологии. 1974. Т. 78. N 3(6). С. 348-385.

Ա. Ա. Ղազինյան
Սպիտակ առնետների լյարդի միտոքոնդրիալ ֆրակցիայի
ֆոսֆոլիպիդների փոփոխությունների առանձնահատկությունները
երկկողմանի ենթաստոծանիական վագոտոմիայի պայմաններում

Տվյալ հետազոտության արդյունքներում արծարծված են սպիտակ առնետների լյարդի միտոքոնդրիալ ֆրակցիայի որակական և քանակական փոփոխությունները երկկողմանի ենթածորանի վագոտոմիայից հետո տարբեր ժամկետներում (1, 3, 7, 30, 90 օր անց): Ստացված տվյալները վկայում են միտոքոնդրիումներում կատարվող կառուցվածքային խախտումների մասին (ուռճեցում, կրիստների անհետացում, ներքին և արտաքին թաղանթների քայքայում), որոնք պայմանավորված են մասնավորապես ֆիլոգենետիկորեն կայունացած ֆոսֆոլիպիդ-ֆոսֆոլիպիդային փոխհարաբերության խախտումներով: Ստացված արդյունքները լույս են սփռում հյուսվածքային փոխանակության կանոնավորման մեջ նյարդային մեխանիզմների նուրբ մոլեկուլային ձևավորումների առանձնահատկությունների ուսումնասիրության վրա: Այս հետազոտությունները լուրջ հետաքրքրություն են առաջացնում ժամանակակից տրանսպլանտալոգիայի պարզաբանման և ներեկտոմիայի իմաստավորման բնագավառներում, հանդիսանալով ադեստամոքսային համակարգի մի շարք հիվանդությունների հեռանկարային վիրաբուժական մեթոդ:

А. А. Симонян, академик А. А. Галоян, Л. А. Симонян,
Р. Б. Бадалян, Р. А. Степанян

Влияние нового гипоталамического полипептида Цитокина на Mg^{2+} – и Ca^{2+} - активируемые АТРазаы тканей крыс

(Представлено 28/II 1999)

Из нейросекреторных гранул гипоталамо-гипофизарной системы крупного рогатого скота впервые была выделена новая группа полипептидов, так называемые пролин-богатые пептиды (ПБП), которые обладают сильно выраженными иммуномодуляторными свойствами [1,2]. Удалось выявить их первичную структуру. Предшествующим белком является нейрофизин-II-гликопротеин. Согласно Галояну нейросекреторные клетки гипоталамуса являются иммунокомпетентными клетками мозга, выполняющими функции Т- и В-лимфоцитов, и в них образуются цитокины для регуляции функции иммунной системы самого мозга и периферической иммунной системы. Из указанных нейросекреторных гранул удалось выделить также интерлейкины (ИЛ-I α , ИЛ-I β , ИЛ-2, ИЛ-6) - фактор некроза опухолей (ФНО- α)[1]. Эти данные открывают новые горизонты развития нейроиммунологии.

Цель настоящего исследования - изучить влияние одного из новых цитокинов, открытых Галояном и сотр. [1]: *Ala-Glu-Ala-Pro-Glu-Pro-Ala-Glu-Pro-Ala-Glu-Pro-Glu-Val-Tyr* на Mg^{2+} - и Ca^{2+} -активируемые АТРазаы различных органов крыс. Ранее было показано, что этот пептид активирует макрофаги, защищает мышей от летальных доз грамотрицательных бактерий и других инфекций [2]. Более того, было установлено, что этот полипептид защищает от нейронального повреждения, вызванного змеиным ядом (*Vipera raddeji* Boettger 1898)[5,6], и этот эффект превосходит эффект дексаметазона [6]. Очевидно, что ПБП может оказывать влияние на энергетический обмен и других органов. Поэтому мы изучали влияние ПБП как на Mg^{2+} -, так и Ca^{2+} -зависимую АТРазау мозга, печени, сердца и скелетной мышцы.

Опыты проводили на митохондриях, выделенных из головного мозга, печени, сердца и скелетных мышц беспородных половозрелых крыс-самцов. Ядерную фракцию из гомогенатов различных тканей осаждали при 600-800 g в течение 10 мин. Митохондриальную фракцию мозга выделяли при 18000, печени - при 9000, а миокарда и мышечной ткани - при 12000 g в течение 15 мин. Среда выделения митохондрий: 0,25 М сахарозы-0,02 М трис-НСI буфера, рН 7,4. Активность Mg^{2+} - и Ca^{2+} -АТРаза в изолированных митохондриях определяли по нарастанию неорганического фосфата в следующей инкубационной среде (2мл): 1,6 мл 0,25 М сахарозы - 0,02 М трис-НСI-буфера, 0,2 мл суспензии митохондрий (соответствующей 2-3 мг белка), 4 мг АТР, растворенного в 0,2 мл 0,25 М сахарозы (рН 7,4), и 0,5 мМ Ca^{2+} или Mg^{2+} . Конечная концентрация добавленного ПБП - 10^{-9} М. Время инкубации смеси 30 мин. Синтез указанного пептида был осуществлен в лаборатории Фелтера (Германия)[3]. Неорганический фосфат определяли по Лоури и сотр.[4] и пересчитывали на 1 мг белка. Определение белка проводили по Лоури и сотр. [5]. Полученные результаты обработаны статистически. Достоверность различий между средними величинами определяли по t-критерию Стьюдента [6].

Таблица 1

**Изменение активности Mg^{2+} -АТРазаы (ΔP в мкатамах/мг белка/30 мин)
митохондрий тканей крыс при добавлении ПБП (в количестве 10^{-9} М),
 $M \pm m$, n=6-7**

Интактные митохондрии;			Охлажденные митохондрии		
Mg ²⁺	Mg ²⁺ +ПБП		Mg ²⁺	Mg ²⁺ +ПБП	
Мозг					
6.04 ± 0.05	7.84 ±0.15	2938%	6.08±0.02	6.87±0.13	12.9%
	p <0.001			p < 0.001	
Печень					
3.67±0.02	5.15±0.24	40.3%	5.78±0.13	6.22±0.25	7.6%
	p < 0.001			p < 0.001	
Сердце					
6.43±0.20	6.37±.0.11		4.89±0.06	5.61±0.10	14.7%
				p < 0.001	
Мышцы					
3.91±0.80	3.32±0.72		4.57±0.12	5.08±0.60	11.1%
				p < 0.400	

В табл.1 показан эффект влияния ПБП(10^{-9}) на Mg^{2+} -АТФазу митохондрий мозга, печени, сердца и мышцы. Как видно из таблицы, статистически достоверно увеличивается активность Mg^{2+} -АТФазы intactных митохондрий мозга и печени (на 29,8 и 40,3% соответственно). ПБП оказывает также активирующее влияние на Mg^{2+} -АТФазу охлажденных митохондрий мозга и печени - 12,9 и 7,6% соответственно. Этот эффект намного больше выражен в митохондриях мозга, чем печени.

Опыты показали, что ПБП на активность intactных митохондрий Mg^{2+} -АТФазы сердца и мышцы почти не действуют, в то время как достоверно повышают активность фермента в охлажденных митохондриях сердца (14,7%). При этом наблюдается некоторая тенденция повышения каталитической активности фермента в охлажденных митохондриях сердца (14,7%). При этом наблюдается некоторая тенденция повышения каталитической активности фермента в охлажденных митохондриях мышцы (11,1%, $p > 0,400$).

Значительный интерес представляло изучение действия ПБП на активность Ca^{2+} -АТФазы intactных и охлажденных митохондрий мозга, печени, сердца и мышц.

Как видно из табл.2, активность фермента несколько подавляется под влиянием ПБП в мозгу (5,6%), а также в intactных митохондриях сердца и

Таблица 2
Изменение активности Ca^{2+} -АТФазы (ΔP в мкатомах/мг белка/30 мин)
митохондрий тканей крыс при добавлении ПБП (в количестве 10^{-9} М),
 $M \pm m$, $n=6-7$

Интактные митохондрии			Охлажденные митохондрии		
Ca ²⁺	Ca ²⁺ +ПБП		Ca ²⁺	Ca ²⁺ +ПБП	
Мозг					
6.35±0.12	5.99±0.08	−5.60%	6.94±0.04	7.69±0.12	10.8%
Печень					
6.05±0.08	7.51±0.09	24.1%	6.34±0.11	8.02±0.03	26.5%

Сердце				
5.37±0.33	479±0.08	4.05±0.56	3.88±0.61	-5.0%
Мышцы				
3.43±0.06	3.43±0.05	3.27±0.24	3.34±0.08	$p < 0.500$

мышц, в то время как в печени наблюдается достоверное повышение активности как в интактных митохондриях, так и охлажденных на 24,1 и 26,5% соответственно. В других органах (мозг, сердце, мышцы) активность фермента ощутимо не меняется. Эти данные показывают, что митохондрии мозга наиболее чувствительны к воздействию ПБП как ж норме, так и при стрессе митохондрий (охлаждение).

Под влиянием ПБП увеличивается активность Ca^{2+} -АТФазы только митохондрий печени, как интактных, так и охлажденных. Ca^{2+} -АТФаза митохондрий других органов (сердце, мозг, мышцы) на ПБП почти не реагирует. ПБП является активатором Ca^{2+} -АТФазы митохондрий печени.

Таким образом, данные новых исследований свидетельствуют об избирательности влияния ПБП на Mg^{2+} - и Ca^{2+} -зависимые АТФазы митохондрий мозга, печени, сердца и скелетных мышц.

Институт биохимии им. Г. Х. Бунятыана НАН РА

Литература

1. Galoyan A.A.. Biochemistry of Novel Cardioactive Hormones and Immunomodulators of the Functionl System Neurosecretory Hypothalamus - Endocrine Heart. Nauka publishers. Moscow, 1997. 240 P.
2. Априкян В.С., Галоян А.А. - ДНАН Армении 1994. Т. 99. № 4. С. 367-371.
3. Voelter W., Kapurniotu A., Mihelic M. et al. NeurochemRes. 1995. V.20. №1. P. 53-59.
4. Lowry O.H., Lopez J.A. - Biol.Chem. 1946. V. 162. P. 421.
5. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L. et al. J. Biol.Chem. 1951.V.193. P. 265-275.
6. Бессмертный Б.С. Математическая статистика в клинической профилактической и экспериментальной медицине. М., 1967.

Ա. Ա. Միմոնյան, Ա. Ա. Գալոյան, Ռ. Բ. Բադալյան,
Ռ. Ա. Ստեփանյան, Լ. Ա. Միմոնյան

**Հիպոթալամուսի ցիտոկին նոր բազմապեպտիդի ազդեցությունը
առնետի հյուսվածքների Mg^{2+} և Ca^{2+} ակտիվացող USP-ազների վրա**

Հետազոտվել է եզան հիպոթալամաճիպոֆիզար համակարգի նեյրոսեկրետոր գրանուլներից պրոլինով հարուստ պեպտիդի ազդեցությունը առնետի ուղեղից, լյարդից, սրտամկանից և կմաղքային մկաններից անջատված միտոքոնդրիումների Mg^{2+} և Ca^{2+} ակտիվացող USP-ազների վրա: Ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ նշված պեպտիդի ազդեցությունը տարբեր հյուսվածքներից անջատված միտոքոնդրիումներում հետազոտված ֆերմենտների կատալիտիկ ակտիվության վրա միանման չէ և ենթարկվում է որոշակի փոփոխությունների: Այդ բազմապեպտիդի ներկայությամբ հատկապես ակտիվանում է ուղեղի և լյարդի միտոքոնդրիումների ֆերմենտը:

Дж. А. Карапетян, Р.С. Мкртчян

Новый вид фитонематоды - *Ditylenchus chaerophyllum* sp.nov. на бутене клубненосном (сем. *Ariacea*)

(Представлено академиком С.О. Мовсисяном 8/VII 1999)

Представители патогенных видов рода *Ditylenchus* в Армении обнаружены на многих сельскохозяйственных культурах - картофеле, луке, чесноке, которые хорошо изучены [1], также на горохе, томате, перце, свекле и др. В 1963 г. Погосян на резаке был обнаружен новый экологический подвид - *Ditylenchus dipsaci falcariae*, который в дальнейшем Суменковой был возведен в ранг вида: *Ditylenchus falcariae* Pogossian, 1967.

В 1990 г. вблизи г. Джермука (Ехегнадзорский р-н) на высоте 2000 м над ур. м. нами был обнаружен *Ditylenchus* sp: на *Chaerophyllum bulbosum* L. симптомы поражения были хорошо выражены. На стеблях и листьях растения имелись округлые, продолговатые выпуклые утолщения. Далее в 1992 г. *D.chaerophyllum* нами был обнаружен на бутене в окрестностях с.Гарни (Котайкский р-н).

Ниже приводятся морфометрические данные *Ditylenchus chaerophyllum* sp. nov. (рис. 1).

Голотип - самка: длина тела 2010 мкм, ширина - 45 мкм, $a=44,0$; $b=7,44$; $c=21,5$; $V=87,20\%$; $St=10$ мкм, выделительная пора открывается на расстоянии 130 мкм от головного конца. Задняя матка - 60 мкм, яичник очень длинный, доходит до середины среднего бульбуса пищевода, кутикула покрыта продольными линиями.

Аллотип - самец: длина тела 1800 мкм, ширина - 30 мкм, $a=60$; $b=6,66$; $c=18,0$; спиккулы =35 мкм; длина рулька =11 мкм, $St=10$ мкм, длина хвоста =100 мкм. Кутикула покрыта продольными линиями.

Паратипы - самки ($n=15$): длина тела 1550–2500 мкм (2121,66), ширина 33 – 50 мкм (43,33), длина стилета 8–10(8,4), $V=83,47$ – $87,36\%$ (83,36%), $a=39,11$ – $58,00$ (46,47), $b=7,44$ – $10,7$ (7,47); $c=16,0$ – $25,0$ (21,24); -7 – 11 мкм, задняя матка 40–70 мкм.

Самцы ($n=10$): длина тела 1600–1850 мкм (1810 мкм), длина стилета =9,0 – 11,0 мкм (11,0 мкм), $a=48,0$ – 64,06 (45,50), $b=6,66$ – 10,52 (7,60), $c=18,0$ – 22,2 (20,45), спиккулы = 27,4 – 44,0 мкм (35,84 мкм), длина рулька = 9,0 – 11,9 мкм (10,0 мкм).

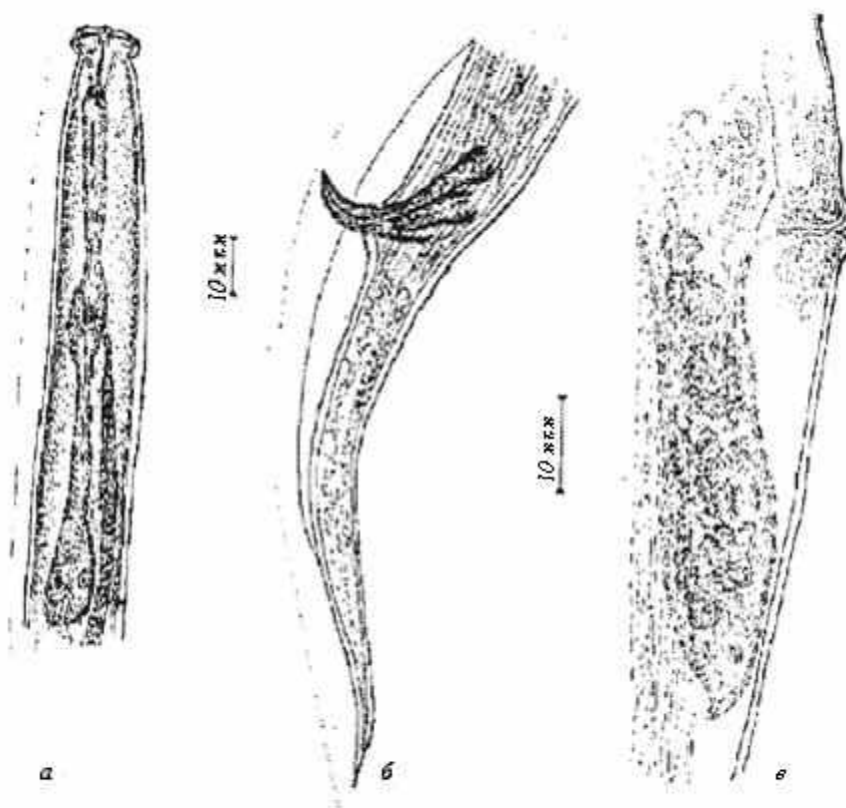


Рис. 1. Новый вид фитонематоды - *Ditylenchus chaetophyllum* sp. nov.:
 а - головной конец тела, ♀; б - задний конец тела, ♀; в - участок тела в области
 вульвы

Тело длинное, кутикула тонкокольчатая, голова отделена от контуров тела. Проток дорсальной железы пищевода открывается в просвет пищевода на расстоянии 1,5 мкм от головок стилета. Экскреторная пора открывается на расстоянии 125-130 мкм от головного конца. Яичник очень длинный, доходит до середины среднего бульбуса пищевода. Бурса несколько отстает от кончика хвоста. Кутикула у обоих полов полкрыта продольными линиями.

Дифференциальный диагноз. По общему строению тела, примерной величине стилета новый вид близок к *Ditylenchus falcariae*, однако отличается от него - у нового вида тело длинное, кутикула покрыта продольными линиями. Вульварные губы очень хорошо выражены, выпуклые. Яичник длинный. Хвост конический, кончается остро. Длина его у самок колеблется от 80 до 100 мкм, или в 4,7 раза превышает анальный диаметр тела, длина хвоста у самцов 80-110 мкм, или в 5,5 раза превышает анальный диаметр тела.

Голотип - препарат № 5[1](D), аллотип - препарат № 5[2](D). Паратипы хранятся в коллекциях института зоологии НАН РА.

Институт зоологии НАН РА

Литература

1. Погосян Э.Е. - Биол. журн. Армении. 1967. Т.20. № 4. С. 61-66.
2. Губина В.Г. Нематоды растений и почвы - род Дитиленхус. М.: Наука, 1982. 246 с.

Ջ.Ա. Կարապետյան, Հ.Ս. Մկրտչյան

**Ֆիտոնեմատոդի նոր տեսակ (Ditylenchus Chaerophyllum sp.nov.)
մանդակ բույսի վրա (ընտ. Apiacea)**

Ջերմուկ քաղաքի շրջակայքում, ծովի մակերևույթից 2000 մ բարձրության վրա Մանդակ բույսի ցողունների և տերևների վրա հայտնաբերվել է ֆիտոնեմատոդի *Ditylenchus* սեռի նոր տեսակ, որի առաջացրած ախտանշանները շատ ցայտուն արտահայտված երկարավուն և կլորավուն ուռուցքներ են: Հետազայում այդ տեսակը հայտնաբերվել է նաև Գառնի գյուղի շրջակայքում:

Р.А. Арутюнян, А.В. Восканян, К.Р. Арутюнян, С.Ш. Мартиросян

Исследование механизмов влияния яда гюрзы на терморегуляцию у крыс

(Представлено академиком О.Г. Баклаваджяном 19/VIII 1999)

В настоящее время многочисленные высокоэффективные препараты, полученные из ядов змей и пчел, успешно применяются в клинической медицине. Однако, несмотря на положительные результаты, многие механизмы их действия в том числе и физиологические, недостаточно изучены (1-6). Это касается также воздействия змеиного и пчелиного ядов на поддержание гомеостаза организма [7], в частности температурного.

В настоящей работе предпринята попытка изучить особенности влияния яда гюрзы на механизмы, реализующие температурный гомеостаз у крыс.

Методом длительного термографирования у интактных крыс, а также у крыс, десимпатизированных изобарином в термонеutralных условиях (21–22 °С) окружающей среды, определяли температуру "ядра" в области проксимального отдела хвостовой артерии. Датчиками для регистрации температуры с исследуемых участков тела являлись термопары диаметром 100 микрон. Регистрация производилась при помощи 12-канального самопишущего потенциометра, подключенного к выходу фотоэлектрического умножителя Ф-116/2 с чувствительностью 0,013 °С для определения температуры "ядра" и 0,13 °С для "оболочки" и термокамеры. "Рабочие" спайи термопар вводили: в мякоть бедренных мышц на глубину 1,5–2,0 см; через прямую кишку в ободочную на глубину 6–7 см; закрепляли над хвостовой артерией на расстоянии 1,5 см от анального отверстия. "Свободные" спайи всех термопар помещались в ультратермостат типа U-10, где поддерживалась эталонная температура.

Каждый эксперимент проводился на трех крысах. Изобарин ("СИГМА") вводился внутривенно в дозе 40 мкг/100 г, а яд гюрзы в серии опытов с изобарином 50 мкг/100 г массы тела, при LD_{50} , равном 1,9 мг/кг массы. Яд гюрзы был получен путем механической дойки змей одним из авторов статьи, А.В. Восканяном. Яд подвергался сушке в чашках Петри над дессикантом в эксикаторе при остаточном давлении - 0,9 атм до его полной "кристаллизации". Стандартизация яда проводилась в соответствии с наиболее распространенными требованиями по сертификации данного продукта [8]. За час до начала эксперимента 10 мг сухого яда растворяли в 10 мл физиологического раствора для получения стандартного раствора с концентрацией 1 мкг/мл. Крысам со средней массой 250 г вводилось в среднем 125 мкг яда, что составляло 0,125 мл раствора. Во время экспериментов животные находились в прозрачных камерах с ограниченным объемом, однако при визуальной оценке гиподинамический статус не вызывал девиантного поведения, не было отмечено полипноэ, саливации или какой-либо выраженной эмоциональной реакции. Работа выполнена на 26 крысах, проведено 18 опытов.

В наших экспериментах, проведенных ранее (2), было показано, что при действии разных ядов (пчела, кобра и гюрза) наиболее чувствительной к видеоспецифичности яда является кожа, мышцы реагируют более сглаженной реакцией, в реакции кишечной температуры отсутствуют какие-либо особенности динамики, связанные с медикацией того или иного яда. При этом действие яда гюрзы на некоторые висцеральные органы подобно действию симпатической нервной системы, поэтому было интересно исследовать действие яда гюрзы на десимпатизированный организм, чтобы выяснить, является ли это действие прямым, симтомиметическим или опосредованным симпатической системой. Была проведена серия экспериментов с медикацией изобарина, вызывающего фармакологическую десимпатизацию.

Эксперименты проводились в двух сериях. В экспериментах первой серии у крыс, предварительно десимпатизированных изобарином, изучались изменения терморегуляционных параметров при введении яда гюрзы, во второй серии исследовались те же параметры при одновременном введении изобарина и яда гюрзы.

Результаты первой серии экспериментов показывают, что фармакологическая десимпатизация изобарином снижает температурные показатели организма. Из рисунка видно (слева), что через 30 мин после введения изобарина температура ободочной кишки (ок) снижалась на 0,35°, температура скелетных мышц (см) - на 0,29°, Хвостовой артерии (ха) - на 0,36.

Введение яда гюрзы на фоне десимпатизации не блокировало гипотермический эффект изобарина, что приводило к значительному достоверному снижению показателей. Так, температура ободочной кишки через 30 мин

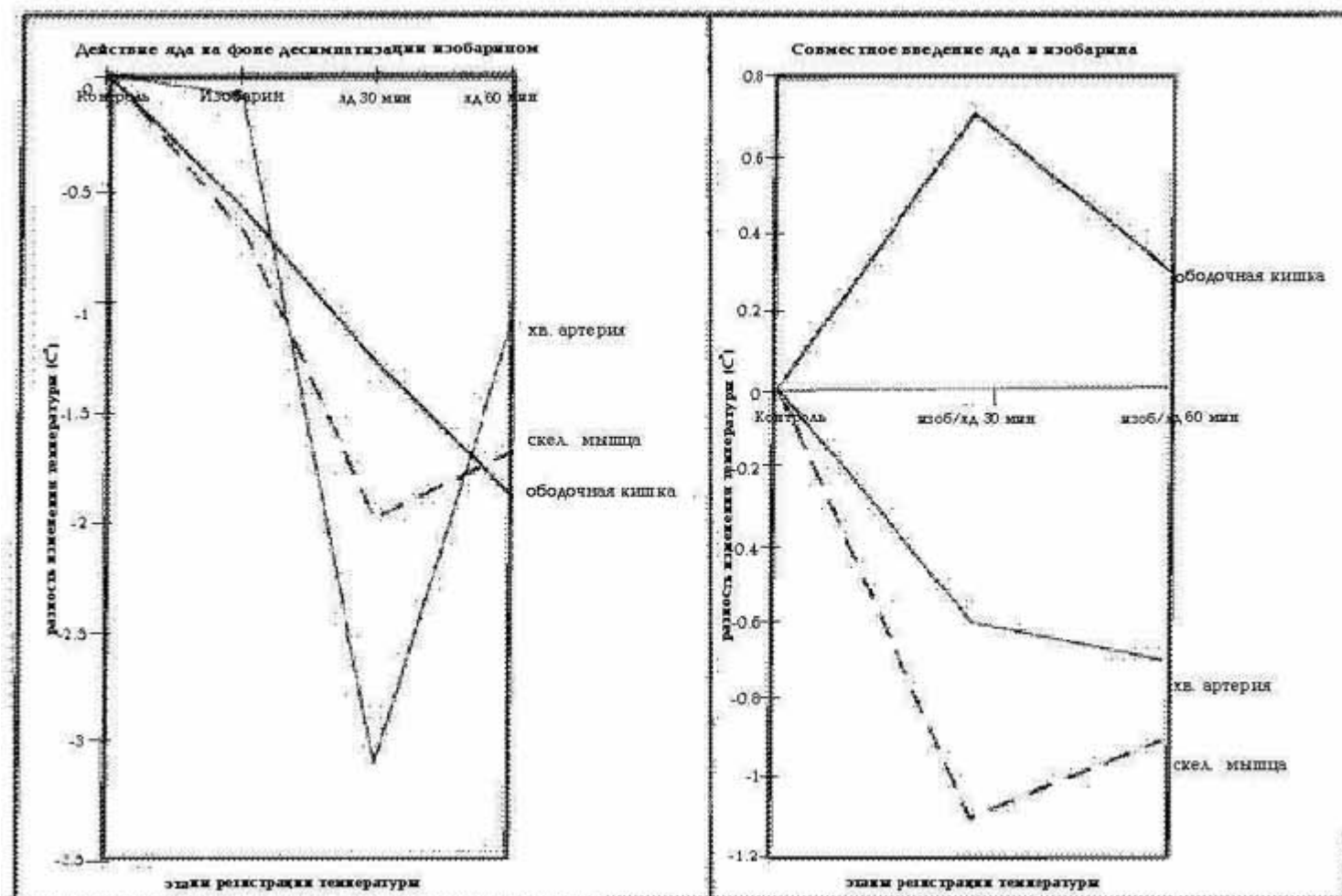


Рис. 1. Динамика действия яда гюрзы. Слева представлены кривые, полученные при регистрации температурных изменений, происходящих в организме крыс при введении яда гюрзы на фоне получасового действия изобарина и яда гюрзы при их одновременном введении.

Температура тела интактного животного обозначена нулевой линией, положительные значения оси координат означают повышение температуры данной области тела, отрицательные - понижение. разность температур приведена в градусах Цельсия, длительность этапа регистрации равна 30 мин. Ободочная кишка, скелетная мышца и хвостовая артерия определяют локализацию термодатчика на теле.

после введения яда снижалась в среднем на $1,0^{\circ}$, а через 60 мин - достигала $0,95^{\circ}$ ($p < 0,001$). Температура скелетных мышц в аналогичных условиях ($p < 0,01$) снижалась на $0,67-0,97^{\circ}$, температура хвостовой артерии в первые 30 минут после введения яда снижалась на $3,16^{\circ}$ ($p < 0,001$), а через 30 мин после введения яда снижалась на $3,16^{\circ}$ ($p < 0,001$), а через 60 мин достигала $1,36^{\circ}$.

Результаты второй серии экспериментов выявили, что через 30 мин после совместного введения изобарина с ядом гюрзы температура ободочной кишки повышалась на $0,64^{\circ}$, затем частично снижалась и через 60 мин превосходила исходный фон на $0,26^{\circ}$. Температура скелетной мускулатуры, наоборот, вначале снижалась на $1,14^{\circ}$, а затем - на $0,94^{\circ}$. Температура хвостовой артерии снижалась на $0,6^{\circ}$ (рисунок справа).

Известно, что изобарин является сильным симпатолитиком и истощает запасы норадреналина и адреналина в окончаниях постанглионарных симпатических волокон и мозговом веществе надпочечников, т.е. вызывает полную "химическую симпатэктомию". Следовательно, выключение симпатической нервной системы путем "химической симпатэктомии" смещает температурный гомеостаз организма и вызывает гипотермический эффект. Такое предположение подтверждается не только снижением температуры кишечника, но и снижением температуры скелетной мускулатуры.

Таким образом, введение яда гюрзы повышает температуру кишечника, т.е. яд действует синергично с симпатическим отделом, иннервирующим соответственные участки кишечника. Десимпатизация изобарином приводит к понижению температуры кишечника, при этом яд гюрзы уже не действует, а при одновременном введении яда и изобарина сначала действует яд, повышая температуру кишечника, затем изобарин, снижая ее и блокируя действие яда.

Отсюда можно сделать выводы о том, что: на терморегулирующие механизмы яд гюрзы действует через симпатический отдел нервной системы; яд гюрзы имеет симпатомиметическое действие, но не адренэргическое, ибо в этом случае он компенсировал бы изобариновое истощение катехоламинов, а опосредованное, так как введенный внутривенно, он провоцирует активацию симпатической нервной системы; яд гюрзы действует гораздо быстрее, чем изобарин при совместном введении.

Институт физиологии им.Л.А. Орбели НАН РА

Литература

1. Артемов Н.М., Орлов Б.Н. - Мат. XXI Междунар. конф. по пчеловодству. М., 1967.
2. Арутюнян Р.А., Арутюнян К.Р., Мартиросян С.Ш. и др. ДНАН Армении. Ереван, 1998. Т. 98. № 2. С. 175.
3. Орлов Б.Н., Вальцева И.А., Яды змей. Ташкент: Медицина, 1977. С. 251.
4. Кононенко И.Ф. Мат. XXI Междунар. конф. по пчеловодству. М., 1958.
5. Султанов М.Н. Лечебные свойства змеиного и пчелиного ядов. Ашхабад: Туркменистан, 1972.
6. Schrocter R., Vogt W. Arch. Pharm. 1973. № 2. P. 201-207.
7. Хомутов А.Е., Дерюгина А.В., Зимина Т.А. Мат. конф. "Кислотно-основной и температурный гомеостаз: физиология, биохимия и клиника". Сыктывкар. 1997. С. 175-178.
8. Восканян А.В., Стандартизация животных ядов, используемых в исследованиях нервной системы. Науч. сессия, посвященная 50-летию организации Ин-та физиол. НАН РА. Ереван 1993.
9. Авакян О.М. Симпато-адреналовая система. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1973. С. 256.

Ռ.Ա. Հարությունյան, Ա.Վ. Ոսկանյան,
Ք.Ռ. Հարությունյան, Ս.Շ. Մարտիրոսյան

Առնետների ջերմակարգավորման վրա գյուրգայի թույնի ազդեցության մեխանիզմների հետազոտումը

Նորմալ և իզոթարիանային դեսիմպատիզացիայի ենթարկված առնետների վրա գյուրգայի թույնի ազդեցության հետազոտություններում ցույց է տրված, որ՝

1. գյուրգայի թույնի ներարկումը բարձրացնում է աղիների ջերմաստիճանը, այսինքն՝ թույնը ազդում է սիմպատիկ նյարդային համակարգին նմանատիպ ձևով.
2. իզոթարիանով հարուցված դեսիմպատիզացումը բերում է աղիների ջերմաստիճանի իջեցմանը, և այս պարագայում գյուրգայի թույնը արդեն չի ազդում;
3. իզոթարիանի և թույնի միաժամանակ ներարկման ժամանակ, նախ ազդում է թույնը, բարձրացնելով աղիների ջերմաստիճանը, հետո միայն իզոթարիանը, որը այն իջեցնում է միաժամանակ բեկանելով թույնի ազդեցությունը: Այստեղից կարելի էզրակացնել, որ
 - ջերմակարգավորվող մեխանիզմների վրա գյուրգայի թույնը ազդում է սիմպատիկ նյարդային համակարգի միջոցով.
 - գյուրգայի թույնը ունի սիմպատոմիմեթիկ ազդեցություն, բայց ոչ ադրեներգիկ, քանի որ այդ դեպքում այն կկոմպենսացներ իզոթարիանով առաջացրած կատեխոլամինային հյուծվածությունը, այլ միջնորդված և ներերկայնորեն ազդելով հրահրում է սիմպատիկ նյարդային համակարգի ակտիվացումը.
 - համատեղ ներարկման ժամանակ գյուրգայի թույնը ազդում է շատ ավելի արագ, քան իզոթարիանը:

Х. О. Нагапетян, Р. А. Арутюнян, Л. А. Матинян, К. Р. Арутюнян, Л. В. Нурбекян

Влияние блокады α и β адренорецепторов на терморегуляцию у крыс при стрессовых ситуациях

(Представлено академиком В. В. Фанарджяном 21/XI 1999)

Под воздействием различных стрессогенных факторов (фиксация животных, эмоционально-звуковой фактор) возникают определенные изменения со стороны температурного гомеостаза организма [1-5]. Показана зависимость температурных изменений "ядра" (внутренних органов) и "оболочки" (подкожных сосудов) организма от исходного фона температуры "ядра" [4], возраста подопытных животных, температуры и освещенности внешней среды [6]. Целью настоящего исследования было изучение влияния блокады α и β адренорецепторов на температурный гомеостаз у крыс при различных стрессовых ситуациях. Опыты проводили на 36 нелинейных белых крысах-самцах массой 250-300 г. Для создания стрессовых ситуаций использовали воздействие фиксации и эмоционально-звукового фактора (ЭЗФ) [3]. В качестве блокатора α адренорецепторов использовали внутривенное введение фенталамина (0,25 мг на 100 г массы), β адреноблокаторов - обзидана (0,1 мг на 100 г массы), а для одновременной блокады как α, так и β адренорецепторов - одновременное внутривенное введение фенталамина (0,12 мг на 100 г массы) и обзидана (0,05 мг на 100 г массы). На фоне воздействия указанных адреноблокаторов до и во время воздействия стрессогенных агентов (фиксация, ЭЗФ), а также в разные сроки после прекращения их воздействия исследовали состояние температурного гомеостаза "ядра" (скелетная мышца, ободочная кишка) и "оболочки" у крыс. Контролем служили крысы, не получавшие адреноблокаторы.

Данные по изучению влияния блокады адренорецепторов на температурный гомеостаз экспериментальных животных представлены в таблице. Из нее видно, что температура ободочной кишки у контрольных крыс спустя 30 мин после фиксации проявляет тенденцию к небольшому повышению (на 0,08°С в среднем), которое продолжается и на фоне воздействия ЭЗФ, доходя до 0,18°С. Повышение температуры ободочной кишки продолжается и после выключения воздействия ЭЗФ. К 30-60-й мин после выключения ЭЗФ разница с фоновой температурой составляет +0,34 и +0,27°С, соответственно. В последующие сроки происходит постепенное снижение температуры ободочной кишки, и к 90-й мин она снижается до исходного уровня. В первые 30 мин после введения фенталамина, в противоположность контролю, наблюдается незначительное снижение температуры ободочной кишки (на 0,06°С по сравнению с исходной температурой). На фоне воздействия ЭЗФ и в первые 60 мин после его выключения тенденция снижения температуры ободочной кишки продолжается, и она становится ниже исходной на 0,11°С, а в дальнейшем наблюдается ее постепенное повышение, и к 90-й мин она доходит до исходного уровня.

По сравнению с α адреноблокатором фенталамином, который в стрессовых ситуациях способствует сохранению температурного гомеостаза ободочной кишки с незначительным снижением температуры, при введении животным β адреноблокатора обзидана уже к 30-й мин после фиксации крыс возникает значительное ее снижение (–0,55°С).

В условиях такого сильного снижения температуры ободочной кишки включение ЭСФ не вызывает дальнейшего ее снижения, и она на этом уровне продолжает оставаться еще 60 мин после прекращения воздействия ЭЗФ. В более поздние сроки наблюдается постепенное возвращение температуры ободочной кишки к исходным значениям, но к 90-й мин после выключения ЭЗФ она остается ниже исходного значения лишь на 0,14°С. Наиболее интенсивное снижение температуры ободочной кишки наблюдается при одновременном введении крысам α и β адреноблокаторов.

Уже к 30-й мин после одновременной блокады температура ободочной кишки снижается на 0,9°С, а на фоне воздействия ЭЗФ она доходит до 1,1°С. После прекращения воздействия ЭЗФ температура ободочной кишки продолжает снижаться и к 30-й мин доходит до –1,49°С, а затем наблюдается ее постепенный подъем (–1,17°С к 60-й и 0,88°С к 90-й мин исследования).

Влияние блокады альфа и бета адренорецепторов на температурный гомеостаз у крыс при стрессе

Показатели	Воздействующий	Контроль	Через 30 мин	Во время	После прекращения		
	фактор						
	(серия опытов)	(до введения блокаторов)	после введения блокатора	ЭЗФ	30	60	90
Температура ободочной кишки	Контрольная	36,83	36,91	37,01	37,22	37,10	36,81
			Δ T+0,08	Δ T+0,18	Δ T+0,34	Δ T+0,27	Δ T+0,02
	Фенталамин	36,86	36,80	36,77	36,79	36,75	36,78
			Δ T–0,06	Δ T–0,11	Δ T–0,07	Δ T–0,11	Δ T–0,08
	Обзидан	37,35	36,80	36,81	36,85	36,81	37,21
			Δ T–0,55	Δ T–0,57	Δ T–0,50	Δ T–0,54	Δ T–0,14
	Обзидан + фенталамин	38,00	37,10	36,90	36,51	36,83	37,12
Температура скелетных мышц	Контрольная	35,33	35,36	35,58	35,50	35,64	35,76
			Δ T+0,03	Δ T+0,25	Δ T+0,17	Δ T+0,31	Δ T+0,43
	Фенталамин	35,22	34,76	34,76	34,27	34,95	35,20
			Δ T–0,46	Δ T–0,46	Δ T–0,35	Δ T–0,27	Δ T–0,02
	Обзидан	35,45	34,83	34,73	34,80	34,90	35,12
			Δ T–0,56	Δ T–0,68	Δ T–0,60	Δ T–0,50	Δ T–0,33
	Обзидан + фенталамин	36,00	35,30	35,20	35,23	35,52	33,16
Температура артериальных	Контрольная	25,10	25,50	25,40	26,40	26,10	25,50
			Δ T+0,40	Δ T+0,30	Δ T+1,30	Δ T+1,00	Δ T+0,40

сосудов	Фенталамин	24,14	23,20	23,70	23,23	24,10	24,50
			$\Delta T-0,94$	$\Delta T-0,44$	$\Delta T-0,91$	$\Delta T-0,04$	$\Delta T-0,36$
	Обзидан	25,50	24,30	24,00	23,40	23,80	24,80
			$\Delta T-1,20$	$\Delta T-1,50$	$\Delta T-2,10$	$\Delta T-1,70$	$\Delta T-0,70$
	Обзидан +	26,00	24,60	24,40	24,00	24,60	24,00
	фенталамин		$\Delta T-1,40$	$\Delta T-1,60$	$\Delta T-2,00$	$\Delta T-1,40$	$\Delta T-2,00$

Представленные данные свидетельствуют о том, что если стрессорные реакции, воздействуя на терморегулирующие механизмы организма, приводят к повышению температуры ободочной кишки, то блокада α и β адренорецепторов, как в отдельности, так и при их совместном применении, вызывает снижение температуры ободочной кишки, которое более интенсивно проявляется при одновременной блокаде α и β адренорецепторов.

Изучение влияния ЭЗФ и фиксации на температурный гомеостаз скелетных мышц до и после блокады α и β или обоих адренорецепторов выявило следующие особенности: у фиксированных крыс наблюдается тенденция незначительного повышения температуры скелетных мышц, усиливающаяся на фоне воздействия ЭЗФ (на $+0,25^{\circ}\text{C}$). Подъем температуры скелетных мышц продолжается и после выключения воздействия ЭЗФ, доходя до $+0,43^{\circ}\text{C}$ к 90-й мин наблюдения. У крыс, получавших α адреноблокатор фенталамин, в противоположность контрольным, фиксация и воздействие ЭЗФ вызвали подъем температуры скелетных мышц, эти же стрессогенные факторы вызвали обратный эффект, т. е. ее снижение. Так, через 30 мин после введения фенталамина у фиксированных крыс температура снижалась на $-0,46^{\circ}\text{C}$, что сохранилось и на фоне воздействия ЭЗФ. Выключение воздействия ЭЗФ приводило к постепенному подъему температуры скелетных мышц, и она приближалась к исходным значениям лишь спустя 90 мин после прекращения воздействия ЭЗФ с сохранением фиксации животных. Близкая картина изменения температуры скелетных мышц наблюдается и при применении β адреноблокатора обзидана. Однако при этом снижение температуры скелетных мышц было выражено более интенсивно. Так, к 30-й мин после фиксации крыс она снижалась на $0,56^{\circ}\text{C}$, а на фоне воздействия ЭЗФ - на $0,68^{\circ}\text{C}$. Эти данные указывают, что обзидан как β адреноблокатор вызывает более интенсивное снижение температуры скелетных мышц, нежели α адреноблокатор фенталамин. Если к 90-й мин после выключения ЭЗФ с сохранением фиксации крыс температура скелетных мышц поднимается, доходя почти до исходного уровня, то в случае обзидана она к этому сроку продолжает оставаться низкой на $0,33^{\circ}\text{C}$ (при фенталамине эта разница составляла $-0,02^{\circ}\text{C}$). Наиболее интенсивное, стойкое и длительное снижение температуры скелетных мышц наблюдается при одновременной блокаде как α , так и β адренорецепторов. В этих условиях к 30-й мин после фиксации крыс снижение температуры скелетных мышц от исходного уровня составляет $0,7^{\circ}\text{C}$, а на фоне воздействия ЭЗФ оно доходит до $-0,8^{\circ}\text{C}$ от исходного уровня. После выключения ЭЗФ, хотя вначале отмечается некоторое повышение температуры скелетных мышц, тем не менее затем преобладает ее снижение, которое к 90-й мин после выключения ЭЗФ (и к 150-й мин после фиксации крыс) доходит до $-2,84^{\circ}\text{C}$ от исходного уровня. Изучение температурных показателей подкожных сосудов показало, что через 30 мин после фиксации животных наблюдается некоторое повышение температуры (в среднем на $0,4^{\circ}\text{C}$) и остается почти на этом уровне во время воздействия ЭЗФ. Однако после выключения воздействия ЭЗФ значительно усиливается подъем температуры подкожных сосудов, и к 30-й мин разница от исходного уровня составляет уже $1,3^{\circ}\text{C}$, а затем она постепенно снижается и к 90-й мин доходит до такой величины, которая имела место к 30-й мин после фиксации животных. Наиболее выраженное изменение температуры организма в сторону ее снижения в условиях воздействия фенталамином или обзиданом, а также при их совместном применении обнаруживается со стороны подкожных сосудов. Так, через 30 мин после введения фенталамина фиксированным животным температура подкожных сосудов снижается на $0,94^{\circ}\text{C}$, после введения обзидана - на $1,2^{\circ}\text{C}$, а при их совместном применении - на $1,4^{\circ}\text{C}$ от исходного уровня. На фоне воздействия ЭЗФ эта разница составляет $0,44^{\circ}\text{C}$ при фенталамине, $1,5^{\circ}\text{C}$ при обзидане и $1,6^{\circ}\text{C}$ при их совместном применении. К 30-й мин после воздействия ЭЗФ продолжается снижение температуры подкожных сосудов, которое особенно интенсивно проявляется при воздействии обзидана и совместном применении обзидана с фенталамином ($-2,0^{\circ}\text{C}$ от исходной температуры). Следует отметить, что в более поздние сроки исследования наблюдается постепенное повышение температуры подкожных сосудов, однако к 90-й мин после выключения воздействия ЭЗФ и к 150-й мин после фиксации крыс она остается ниже исходного уровня на $0,36^{\circ}\text{C}$ при фенталамине, $0,70^{\circ}\text{C}$ - обзидане и $2,0^{\circ}\text{C}$ - их совместном применении.

Анализ полученных данных позволяет заключить, что блокада альфа адренергических структур организма фенталамином и бета-адренергических структур обзиданом, как в отдельности, так и при их одновременном применении, вызывает уменьшение эффекта воздействия стрессогенных факторов на температурный гомеостаз организма, что наиболее сильно проявляется при их совместном применении.

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

Литература

1. Matinyan L. A., Nahapetyan Kh. H. et. al. Medical and Biological Problems of Stress. The I-st Republican Conferance, Yerevan, 16-17 December, 1997, P. 31.
2. Nahapetyan Kh. H., Harutunian R. A. et. al. Second conferance of the Armenian IBRO Association, Yerevan, Proceiding, 22-24 Secember, 1998, P. 52.
3. Матинян Л. А., Нагапетян Х. О. и др.- Вестн. МАНЭБ (СПб.). 1999. Т. 1(13). С. 57-58.
4. Нагапетян Х. О., Арутюнян Р. А. и др.- Вестн. МАНЭБ (СПб.-Ереван). 1999. Т. 3(15). С. 108-110.
5. Нагапетян Х. О., Арутюнян Р. А. и др.- Вестн. МАНЭБ (СПб.-Ереван). 1999. Т. 7(19). С. 167-170.
6. Matinyan L. A., Nahapetyan Kh. H. et. al. 9-th Int. cone. Mechanics in Med. and Biol., Proceiding, Ljubljana, Slovenia, Juny 30-July 4. 1966. P. 248-250.

Խ. Հ. Նահապետյան, Ռ. Ա. Հարությունյան, Լ. Ա. Մատինյան,
Ք. Ռ. Հարությունյան, Լ. Վ. Նուրբեկյան

**a և b աղբյուրներնկալիչների շրջափակման ազդեցությունն առնետների
ջերմակարավորման շրջափակման վրա ստրեսային իրավիճակներում**

Ֆենտալամինով α կամ օբզիդանով β , ինչպես նաև դրանց միաժամանակյա օտաործմամբ α և β աղբյուրներնկալիչների շրջափակման ճանապարհով ուսումնասիրվել է առնետների ջերմային հոմեոստազի վիճակը բնականոնում և տարբեր ստրեսածին գործոնների (կենդանու ամրակապում, այլ առնետի տագնապ առաջացնող ծվծվոց) ազդեցության պայմաններում: Պարզվել է, որ նշված աղբյուրներնկալիչների ներարկման դեպքում նվազում է կիրառված ստրեսածին շրջափակման ազդեցությունն օրգանիզմի ջերմային հոմեոստազի վրա, որն առավել ցայտուն է դրսևորվում ֆենտալամինի և օբզիդանի միաժամանակյա ներարկման պայմաններում: Բացահայտվել է նաև, որ α աղբյուրներնկալիչների շրջափակումն ավելի թույլ ազդեցություն է թողնում օրգանիզմի ջերմակարգավորման գործընթացների վրա, քան β աղբյուրներնկալիչների շրջափակումը:

УДК 612.73+612.468

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

Характеристики пейсмекерной активности околопузырной области мочеоточника кошки

(Представлено академиком В. В. Фанарджяном 23/ХІІ 1999)

В исследованиях, проведенных в условиях *in situ* на мочеоточнике кошки, было показано наличие пейсмекерной зоны в области пиелоуретерального соустья [1]. В основе деятельности этого пейсмекера лежат ритмичные медленноволновые колебания мембранного потенциала, на фоне которых возникают разряды потенциалов действия, распространяющиеся до мочевого пузыря и обеспечивающие перистальтическую деятельность мочеоточника. Последующее изучение спонтанной активности мочеоточника [2, 3] выявило наличие спайковой активности с собственным ритмом, отличным от такового околопочечного пейсмекера в области мочеоточника, непосредственно прилегающей к мочевому пузырю. Вместе с тем, несмотря на наличие различных автономных ритмоводителей, в мочеоточнике отмечается высокий уровень функциональной активности всего органа, выражающийся в регуляции процесса мочеотделения, подобно слаженной деятельности гладкомышечной ткани кишечника [4-6].

Целью настоящей работы является попытка провести анализ ритмогенных свойств околопузырной области мочеоточника, а также показать координацию его функционирования вышерасположенным околопочечным пейсмекером.

Опыты проводились на 20 взрослых кошках (3-4 кг), наркотизированных нембуталом (50-55 мг/кг). Регистрация электрической активности проводилась из трех различных отделов мочеоточника. Биопотенциалы пейсмекерных областей отводились серебряным электродом. Распространяющиеся спайковые разряды отводились биполярным электродом. Нарушение связи между различными мочеоточниками проводилось путем перерезки органа.

Биоэлектрическая активность мочеоточника регистрировалась на электроэнцефалографе.

Предварительные исследования показали влияние распространяющихся из верхнего ритмоводителя в область околопузырного пейсмекера электрических разрядов на показатели ритмогенеза [2]. Исходя из этого факта в данной серии экспериментов сделана попытка показать изменения частоты генерации спайков околопузырным пейсмекером, как в случае нарушения проводимости мочеоточника (что позволяет регистрировать лишь собственный ритм данной области), так и при возникновении антиперистальтических волн из околопузырного ритмоводителя.

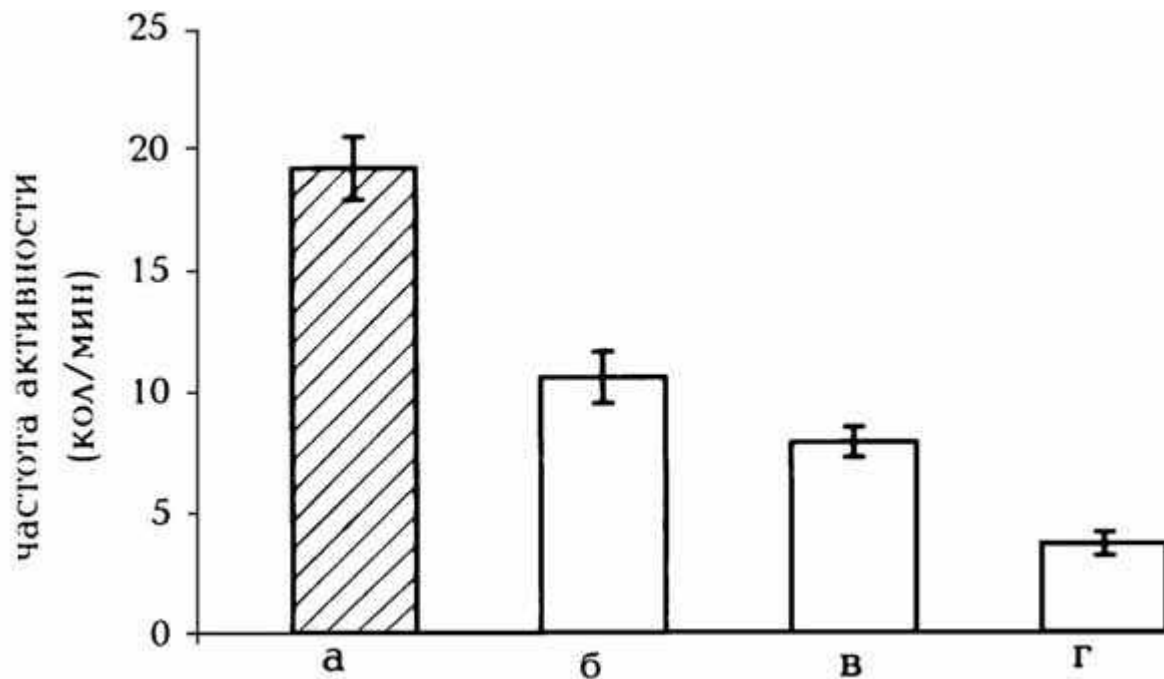


Рис. 1. Характеристики частот ритмогенеза пейсмекера околопузырной области мочеточника кошки
околопузырной области мочеточника кошки:
а - частота ритмогенеза околопочечного пейсмекера;
б, в - частоты ритмогенеза пейсмекера околопузырной области при отсутствии проходящих электрических разрядов и их наличии соответственно; г - частота ритмогенеза пейсмекера околопузырной области, создающей антиперистальтически направленную волну

Для сравнения на рис. 1 показан также ритм околопочечного пейсмекера, генерирующего волны максимальной частоты. Как видно из рисунка, частота активности околопузырного пейсмекера у кошек вдвое меньше таковой околопочечного ритмоводителя.

Согласно представленной гистограмме, электрические разряды, достигающие этой области, значительно уменьшают частоту околопузырной активности, несколько нарушая ритмичность генерации спайков. Вместе с тем в этих условиях наряду с регистрацией собственного ритма в большинстве случаев (80%) наблюдается также исчезновение активности при распространении проходящих спайков из вышерасположенного пейсмекера. Наивысшей из всего спектра частот является ритмика пейсмекера при возникновении антиперистальтических волн. Необходимо также отметить, что возникновение нового ритма, способного создавать распространение спайков к почке, отмечается, как правило, при отсутствии проходящих волн из околопочечного пейсмекера.

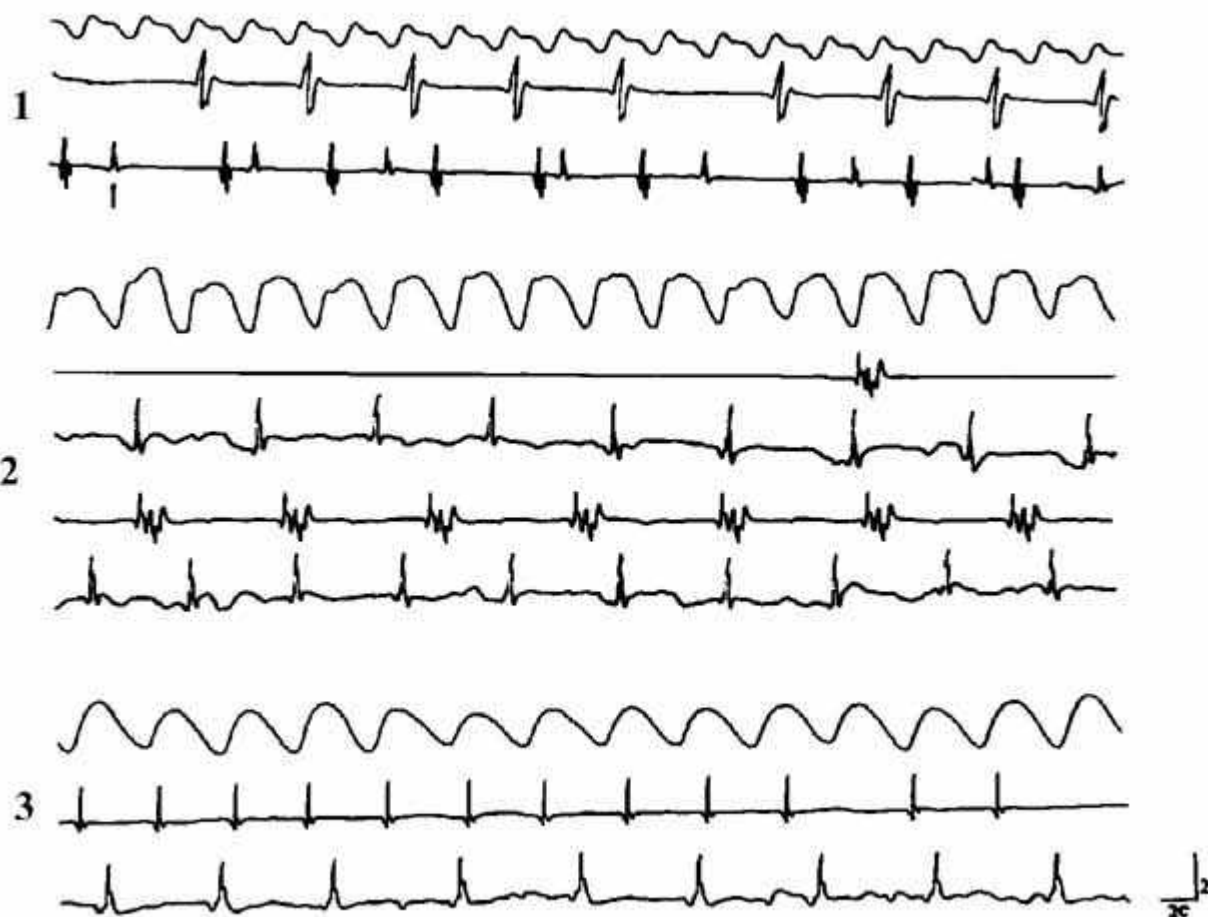


Рис. 2. Влияние перерезки мочеточника кошки на спонтанную электрическую активность различных областей органа. Активность каждой зоны мочеточника представлена соответственно кривыми: сверху вниз - околопочечная, средняя, околопузырная области. 1- наличие проходящей волны мочеточника из околопочечной области (собственная активность околопузырного пейсмекера указана стрелкой); 2 - перерезка мочеточника между околопочечной и средней областями <первая, вторая и третья кривые - активность каждой области соответственно через 2-3 мин; четвертая и пятая кривые - активность средней и околопузырной областей соответственно через 8 мин; 3 - перерезка мочеточника между средней и околопузырной областями. Калибровка: 2 с, 2 мВ

Таким образом, вышеописанная серия экспериментов позволяет заключить, что функционирование исследуемого околопузырного пейсмекера находится под влиянием ритмогенеза околопочечной области. В настоящих исследованиях нами проводилась полная перерезка мочеточника в двух областях с целью выявления координации между функционированиями не только крайних околопочечной и околопузырной областей мочеточника, но и средней его частью.

Используя методику одновременной регистрации электрической активности из различных областей мочеточника, ранее было показано [2], что ритмичные потенциалы действия, возникающие в области околопочечного пейсмекера, распространяются вдоль мочеточника до мочевого пузыря (рис. 2.1). В околопузырной области наряду с проходящими спайками отмечается также собственная активность с относительно низким ритмом (рис. 2.1, третья линия). Последующая перерезка мочеточника между околопочечной и средней областями приводит к изменению всей вышеописанной активности. Частота медленных волн становится реже, и возрастают их амплитуды. В средней части мочеточника исчезает активность. Однако

через 3-4 мин в 30–40% случаев от всех наблюдаемых возможно возникновение собственного ритма (рис. 2.2, вторая и четвертая кривые). В околопузырной же области с ингибированием проходящих электрических разрядов учащается ритм наблюдаемых ранее собственных спайков (рис. 2.1). Последующая перерезка мочеточника между средней и околопузырной областями на фоне описанной картины активности позволяет выявить три различных автономных ритма по длине мочеточника (рис. 2.3). При этом, несмотря на изменения показателей всех трех активностей, для каждой из них наблюдается определенный четкий ритм. В 20–50% случаев у мочеточников кошек при такой постановке опыта наблюдается антиперистальтически направленная активность. При этом исчезновение явления везико-уретерального рефлюкса при перерезке мочеточника между средней и околопузырной областями приводит к учащению ритмогенеза этого участка.

В недавних исследованиях, проводимых на верхних мочевыводящих путях человека [7], были обнаружены пейсмекеры в стенках почечных чашечек и лоханки, корреляция между которыми начинается при транспорте мочи. Подобная картина, видимо, наблюдается и в данной работе. И лишь устранение координирующей системы для деятельности околопузырного пейсмекера (ингибирование околопочечного ритмоводителя, перерезка мочеточника) дает возможность проявить свою деятельность в возникновении антиперистальтически направленных волн.

Таким образом, вышепредставленные экспериментальные результаты могут служить прямым доказательством влияния околопочечного пейсмекера, определяющего функциональное состояние органа в норме, на спонтанную деятельность остальных отделов мочеточника.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели НАН РА

Литература

1. Бакунц С. А. Вопросы физиологии мочеточников. Л.: Наука. 1970.
2. Казарян К. В., Ванцян В. Ц.- Физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 1991. Т.77 (10). С. 120-126.
3. Казарян К. В., Тираян А. С., Маркосян С. А. - Физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 1998. Т. 84 (5-6). С. 553-555.
4. El-Sharkawy T. Y.- J. Physiol. 1983. V. 342. P. 67-83.
5. El-Sharkawy T. Y., MacDonald W. M., Diamant W. E. In: Gastrointestinal Motility. 1980. P. 415-423.
6. Huizinga J. D., Chow E., Diamant W. E. et. al.- Amer. J. Physiol. 1987. V. 252 (1). P. 136-142.
7. Sigge W., Basar-Eroglu C., Schutt A. et al.- Z Kinderchir. 1988. V. 43 (3). P. 147-149.

Կ. Վ. Ղազարյան, Վ. Ց. Վանցյան, Ա. Ս. Տիրայան, Ռ. Ռ. Հակոբյան
Կատվի միզածորանի հարմիզապարկի պեյսմեկերային շրջանի
ակտիվության բնութագրերը

Անց է կացվել կատվի միզածորանի հարմիզապարկի ռիթմոգեն հատկանիշների անալիզ: Ցույց է տրվել, որ հետազոտվող պեյսմեկերից ծագած ռիթմը իր հաճախականությամբ ցածր է հիմնական հարերիկամային ռիթմածին օջախի հաճախականությունից 1,2 անգամ և գտնվում է նրա գործունեության ազդեցության տակ: Պիելոռետերալ կոնուսից տարածվող էլեկտրական ակտիվությունը միզածորանի երկարությամբ միզապարկի մոտ ընդունակ է ոչ միայն խախտելու սեփական սպայկերի ռիթմն ու հաճախականությունը, այլև բերելու նրա լրիվ արգելակմանը: Միզածորանի երկու ծայրերի հատումից հարմիզապարկի ռիթմածին օջախից կարող է առաջանալ անտիպերիստալտիկ էլեկտրական ակտիվություն ամբողջ միզածորանի ուղղությամբ: Այդ պայմաններում հարմիզապարկի պեյսմեկերի հաճախականությունը հանդիսանում է ամենացածրը գրանցված ռիթմերի ամբողջ սպեկտրում: Կարելի է ենթադրել, որ միզածորանի երկու ծայրային պեյսմեկերների գործունեությունը կոորդինացված է, և այդ համակարգի վերացումից էլ երևան է գալիս հարմիզապարկային պեյսմեկերի սեփական ֆունկցիոնալ գործունեությունը: