

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

ISSN 0321-1339

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

2003

Երևան

Երևան

Yerevan

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

Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Ս. Ա. ՆԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ Գ.Ա. ԱՐԶՈՒՄՅԱՆՅԱՆ (պար. քարտուղար), ակադեմիկոս Է.Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ե. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԲՐՈՒՏՅԱՆ, ակադեմիկոս Է.Ս. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԳՎԼՈՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Վ. ԴՈՎԼԱՏՅԱՆ (գլխ. խմբագրի տեղակալ), ակադեմիկոս Ա.Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Կ.Գ. ՂԱՐԱԳՅՈՋՅԱՆ, ակադեմիկոս Յու.Ն. ՇՈՒԿՈՒՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Ֆ.Տ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, ակադեմիկոս Դ.Մ. ՍԵՂՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Բ. ՖԱՆԱՐՉՅԱՆ:

Главный редактор академик С. А. АМБАРЦУМЯН

Редакционная коллегия: Г.А. АРЗУМАНЯН (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 К.Г. КАРАГЕЗЯН, академик Ф.Т. САРКИСЯН, академик Д.М. СЕДРАКЯН, академик А.А. ТАЛАЛЯН, академик В.В. ФАНАРДЖЯН, академик Ю.Г. ШУКУРЯН.

Editor-in-chief academician S. A. AMBARTSUMIAN

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

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

Ֆեք. 52-44-61

Խմբագրության վարիչ՝ Գ. Ա. Աբրահամյան

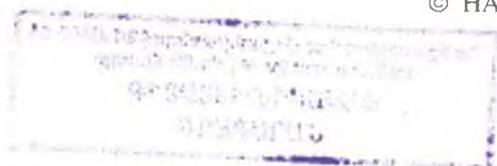
Адрес редакции: 375019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

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

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Է. Ա. Սիրզախանյան – Հիլբերթյան տարածության ենթաբազմությունների անընդհատ արտապատկերումների $K_0 \subset K$ դասերի որոշ հատկությունների մասին 5

Վ. Ս. Համբարյան – Կապ ուղղորդված հետպնդման և զուգահեռ մոտեցման ստրատեգիաների միջև հետապնդվողի ուղղագիծ շարժման դեպքում 12

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Յու. Ս. Մաֆարյան, Ս. Ս. Պողոսյան – Նեղ փնջերի մասին կոնկրետ խնդիրների անալիտիկ և քվայնի լուծումը էլեկտրահաղորդիչ մագնիսաձայնային ռելաքսացվող միջավայրի համար..... 16

Ս. Ս. Գաբրիելյան, Լ. Ա. Սոփիսյան - Անկայուն առածգական համակարգերի շարժման ստաբիլիզացիայի խնդրի մասին..... 24

Մ. Ա. Զադոյան - Գադոլինի խնդիրը կոնական խողովակների համար..... 31

ՖԻԶԻԿԱ

Դ. Ս. Սեդրակյան, Ա. Տ. Խաչատրյան, Ն. Ս. Իսպիրյան - Անկանոն շերտավոր համակարգի վրա թեք ընկած կամայական բեռնացված հարթ էլեկտրամագնիսական ալիքի դաշտը..... 39

ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

Ա. Հ. Առաքելյան, Ա. Գ. Կարդաշյան - Երկչափ կենսաբժշկական ազդանշանների սպլայն մշակում..... 45

ՉԱՓՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

Բ. Ս. Մամիկոնյան, Ս. Գ. Կյուրեղյան, Ա. Ս. Շաղգամյան – Խյուսի խտության և մակարդակի միկրոպրոցեստորային չափիչ..... 49

ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ռ. Ջրբաշյան, Լ. Փ. Սիմոնյան, Ս. Ա. Թորոսյան, Ս. Ս. Հովհաննիսյան - Ապոպտոզը և ԴՆԹ դեգրադացիան. օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական վիճակի արտապատկերման տեսությունը ԴՆԹ դեգրադացիայով..... 57

ԿԵՆՍԱԲԻՄԻԱ

Հ. Ռ. Վարդանյան - Ալոքսանի փոխազդեցությունը արյան մետաղապրոտեինների ֆիզիկաքիմիական հատկությունների վրա in vitro 62

Գ. Ռ. Օրսուդյան - Առնետների արյան հակառադիկալային պրաշտայանիչ համակարգի մակարդակի բարձրացում ներարկված Hg(II)-ի քանակի աճին զուգընթաց 68

ՎԻՐՈՒՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ջ. Ա. Կարապյան - NIH 3T3 բջջային կուլտուրայում կորիզային և կորիզակային ցուցանիշները նորմալ պայմաններում և էնցեֆալոմիոկարդիտի վիրուսի ազդեցության տակ..... 73

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Բ. Վ. Ղազարյան, Վ. Յ. Վանցյան, Ի. Բ. Սելիքսեթյան, Ա. Ս. Տիրայան – Հիստամինի ազդեցությունը ծովախոզուկի միզածորանի թաքնված պեյսմեկերների ակտիվացման վրա..... 81

Ն. Է. Թադևոսյան, Է. Գ. Գևորգյան, Լ. Գ. Վահանյան, Է. Գ. Կոստանյան - Գլխուղեղի ֆունկցիոնալ վիճակի հետազոտությունները ռատ տեսաշարժիչ ռեակցիաների վերլուծության..... 86

ԿԵՆԴԱՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Հ. Ջ. Գրիգորյան – Կենդանիների ապրելու վայրը ցույց տվող հայերեն անվանումների կազմության մասին..... 92

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Э.А. Мирзаханян – О некоторых свойствах классов $K_0 \subset K$ непрерывных отображений подмножеств Гильбертова пространства..... 5

В.С. Амбарян – Связь между стратегиями погонного преследования и параллельного сближения при прямолинейном движении преследуемого..... 12

МЕХАНИКА

Ю.С. Сафарян, С.М. Погосян – Аналитическое и численное решение конкретных задач об узких пучках для электропроводящей магнитозвуковой релаксирующей среды. 16

М.С. Габриелян, Л.А. Мовсисян – К вопросу стабилизации движения неустойчивых упругих систем..... 24

М.А. Задоян – Задача Гадолина для конических труб..... 31

ФИЗИКА

Д.М. Седракян, А.Ж. Хачатрян, Н.М. Испирян – Поле произвольно поляризованной плоской электромагнитной волны, падающей наклонно на нерегулярную слоистую структуру..... 39

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А.А. Аракелян, А.Г. Кардашян – Сплайн обработка двумерных медико-биологических сигналов..... 45

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Б.М. Мамиконян, С.Г. Кюрегян, А.С. Шахкамян – Микропроцессорный измеритель плотности и уровня пулпы..... 49

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

А.Р. Джербашьян, Л.П. Симонян, С.А. Торосян, С.С. Оганесян – Апоптоз и деградация ДНК: теория отражения физиологического состояния организма в деградированности ДНК..... 57

БИОХИМИЯ

А.Р. Варданян – Влияние аллоксана на физико-химические свойства металлопротеинов *in vitro*..... 62

Г.Р. Оксюзян – Повышение уровня антирадикальной защитной системы в крови крыс с увеличением вводимых доз Hg(II)..... 68

ВИРУСОЛОГИЯ

З.А. Караян – Ядерные и ядрышковые показатели в клетках линии N1H 3T3 в норме и при действии вируса энцефаломиокардита..... 73

ФИЗИОЛОГИЯ

К.В. Казарян, В.Ц. Ванцян, И.Б. Меликсетян, А.С. Тираян – Воздействие гистамина на активацию латентных пейсмекеров мочевого пузыря морской свинки..... 81

Н.Э. Татевосян, Э.Г. Геворкян, Л.Г. Ваганян, Э.Г. Костанян – Исследование функционального состояния мозга по анализу характеристик зрительно-моторных реакций..... 86

ЗООЛОГИЯ

А.Дж. Григорян – О написании армянских названий животных, указывающих место их обитания..... 92

CONTENTS

MATHEMATICS

E. A. Mirzakhanyan – On some properties of classes $K_0 \subset K$ of continuous mappings of subsets of Hilbert space..... 5

V. S. Hambaryan – Connection between strategy of linear pursuit and strategy of parallel rapprochement when evader moves rectilinear..... 12

MECHANICS

Yu. S. Safaryan, S. M. Pogosyan – Thin beams solutions in electroconducting magnetosonic relaxing media..... 16

M. S. Gabrielian, L. G. Movsisian – Problem of stabilization of nonstability elastic systems..... 24

M. A. Zadoyan – The Gädolin problem for the conical tube..... 31

PHYSICS

D. M. Sedrakian, A. Zh. Khachatryan, N. M. Ispiryan – Field of an arbitrary plane polarized electromagnetic wave obliquely incident on nonregular layered structure..... 39

COMPUTING TECHNICS

A. H. Arakelyan, A. G. Kardashyan – Spline processing of two dimensional biomedical signals..... 45

MEASURING TECHNICS

B. M. Mamikonyan, S. G. Kyureghyan, A. S. Shakhkamyán – Microprocessor measurer of pulp density and level..... 49

MOLECULAR BIOLOGY

A. R. Jrbashyan, L. P. Simonyan, S. A. Torosyan, S.S.Oganesyan – Apoptosis and the DNA degradation: A theory for reflection of physiological state of organism in DNA degradation..... 57

BIOCHEMISTRY

A. R. Vardanyan – Influence of alloxan on physico-chemical properties of blood's metalloproteins in vitro..... 62

G. R. Oxuzyan – Adequate elevation of the antiradical protecting systems of the rat's blood during elevation of the leading dosage of Hg(II)..... 68

VIROLOGY

Z. A. Karalyan – Nuclear and nucleolar indices in NIH 3T3 cell line in normal conditions and under the action of encephalomyocarditis virus..... 73

PHYSIOLOGI

K. V. Kazarian, V. Tz. Vantzian, I. B. Meliksetyan, A. S. Tirayan – Effect of histamine upon the activation of guinea pig's ureter latent pacemakers..... 81

N. E. Tatevosyan, E. G. Gevorkyan, L. G. Vaganyan, E. G. Kostanyan – Study of the functional state of brain by analysis of characteristics of visual-motor reactions..... 86

ZOOLOGY

H. G. Grigoryan – Forming of Armenian names of the animals showing their living place..... 92

УДК 515.1

Э.А. Мирзаханян

**О некоторых свойствах классов $K_0 \subset K$ непрерывных отображений
подмножеств гильбертова пространства**

(Представлено чл.-кор. НАН РА Г.Г. Геворкяном 26/III 2002)

Работа посвящена бесконечномерной алгебраической топологии вещественного гильбертова пространства H .

Допустимыми являются непрерывные отображения подмножеств из H , принадлежащие специальному классу K и его подклассу K_0 ; отображения этих классов кратко назовем K -отображениями и K_0 -отображениями, соответственно.

Ряд основных свойств K - и K_0 -отображений и их приложений содержатся, в частности, в [1-7].

1. *Допустимые классы отображений.* Пусть H - зафиксированное вещественное гильбертово пространство и G - его произвольное открытое подмножество.

Определение 1. Будем говорить, что непрерывное отображение $f : G \rightarrow H$ принадлежит классу K (относительно H) или является K -отображением, если выполнено условие:

(K) для любой точки $x_0 \in G$ и любого $\varepsilon > 0$ существуют окрестность $U \subset G$ точки x_0 , конечномерное подпространство $L \subset H$ и число λ такие, что если точки $x, y \in U$ и вектор $x - y$ ортогонален L , то

$$\| f(x) - f(y) - \lambda(x - y) \| \leq \varepsilon \| x - y \| .$$

Определение 2. Будем говорить, что непрерывное отображение $f : G \rightarrow H$ принадлежит классу K_0 (относительно H) или является K_0 -отображением, если выполнено условие:

(K_0) для любой точки $x_0 \in G$ и любого $\varepsilon > 0$ существуют окрестность $U \subset G$ точки x_0 , конечномерное подпространство $L \subset H$, числа λ и δ , $0 < \delta < [(\pi)/2]$, такие, что если точки $x, y \in U$ и угол между вектором $x - y$ и подпространством L не меньше $[(\pi)/2] - \delta$, то

$$\| f(x) - f(y) - \lambda(x - y) \| \leq \varepsilon \| x - y \| .$$

Всякое K_0 -отображение является K -отображением и локально удовлетворяет условию Липшица: для каждой точки $x_0 \in G$ существуют такие числа $r = r(x_0) > 0$ и $c = c(x_0) > 0$, что если точки $x, y \in G$, $\| x - x_0 \| < r$ и $\| y - x_0 \| < r$, то $\| f(x) - f(y) \| \leq c \| x - y \|$.

Обратно, K -отображение локально удовлетворяющее условию Липшица, будет K_0 -отображением [1,5].

Важным характеризующим свойством K - и K_0 -отображений является тот факт, что фигурирующее в условиях (K) и (K_0) число λ можно выбрать так, чтобы оно зависело лишь от точки x_0 , но не от числа $\varepsilon > 0$; в результате строится заданная на G единственная непрерывная вещественная функция $\lambda(x)$, которую называем терминальной производной отображения f и обозначаем через $\lambda_f(x)$. Композиция K_0 -отображений $g_1 : G_1 \rightarrow G_2$ и $g_2 : G_2 \rightarrow H$ есть K_0 -отображение и $\lambda_{g_2 \circ g_1}(x) = \lambda_{g_2}(g_1(x))\lambda_{g_1}(x)$ для каждой $x \in G_1$. Композиция двух K -отображений не всегда есть K -отображение.

Пусть теперь M - произвольное (не обязательно открытое) подмножество из H .

Будем говорить, что непрерывное отображение $f : M \rightarrow H$ является K - (соотв. K_0 -) отображением, если существует открытое в H множество $G \supset M$ и такое K - (соотв. K_0 -) отображение $g : G \rightarrow H$, что $f(x) = g(x)$ для каждой $x \in M$.

Каждое такое отображение g будем называть K - (соотв. K_0 -) продолжением отображения f .

Пусть теперь M и N - произвольные подмножества из H . Будем говорить, что непрерывное отображение $f : M \rightarrow N$ есть K - (соотв. K_0 -) отображение, если f , рассматриваемое как отображение M в H , т.е. композиция $i \circ f : M \rightarrow H$, есть K - (соотв. K_0 -) отображение, где $i : N \rightarrow H$ - вложение. Наконец гомеоморфизм $f : M \cong N$ называем K_0 -гомеоморфизмом, если оба отображения f и f^{-1} суть K_0 -отображения. Аналогичным образом определяется понятие K -гомеоморфизма.

2. Множества, допускающие терминальные производные и K_0 -терминальные производные.

Пусть M - произвольное (не обязательно открытое) подмножество из H .

Определение 3. Будем говорить, что K -отображение $f : M \rightarrow H$ обладает терминальной производной, если ограничения на M терминальных производных $\lambda_g(x)$ всех K -продолжений $g : G \rightarrow H$ отображения f совпадают между собой; получающуюся при этом заданную на M вещественную непрерывную функцию $\lambda_g(x)|_M$ назовем терминальной производной отображения f и обозначим через $\lambda_f(x)$.

Например, если M - линейное (векторное) подпространство H , то всякое K -отображение $f : M \rightarrow H$ будет обладать терминальной производной тогда и только тогда, когда M бесконечномерно.

Для приложений важны такие подмножества $M \subset H$, для которых всякое K -отображение $f : M \rightarrow H$ обладает терминальной производной.

Предложение 1. Пусть M подмножества из H ; рассмотрим условия:

а) для каждой точки $x_0 \in M$, каждой окрестности $U \subset M$ в M точки x_0 и для каждого конечномерного линейного подпространства L из H существует пара различных точек $x, y \in U$ такая, что вектор $(x - y) \perp L$, т.е. ограничение на U ортогонального проектора $p : H \rightarrow L$ не инъективно;

б) всякое K -отображение $f : M \rightarrow H$ обладает терминальной производной;

с) если K -отображения $g_i : G_i \rightarrow H$, $i = 1, 2$, совпадают между собой на M , то на M совпадают и их терминальные производные $\lambda_{g_1}(x)$ и $\lambda_{g_2}(x)$.

Тогда имеют место импликация $a \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow c$.

Замечание 1. Если $M \subset H$ удовлетворяет условию а) предложения 1, то и его замыкание \overline{M} в H , всякое открытое в M подмножество $U \subset M$ также удовлетворяют условию а); наконец, объединение любого семейства подмножеств из H , удовлетворяющих условию а), также удовлетворяет условию а). В частности, если M удовлетворяет условию а), то таким же является и $Mx[0.1]$.

Определение 4. Множество $M \subset H$, удовлетворяющее условию а) предложения 1, назовем множеством, допускающим терминальные производные.

Лемма 1. Пусть $M \subset H$ множество, допускающее терминальные производные, $f : M \rightarrow H$ есть K -отображение.

Тогда для любой точки $x_0 \in M$, любого числа $\varepsilon > 0$ существует открытая в M окрестность $V \subset M$ точки x_0 и конечномерное подпространство $L \subset H$ такие, что если точки $x, y \in V$ таковы, что $(x - y) \perp L$, то

$$\|f(x) - f(y) - \lambda_f(x_0)(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\|.$$

Теорема 1. Пусть $M \subset H$ множество, допускающее терминальные производные, в частности открытое множество в H , $f : M \rightarrow H - K$ -отображение, а $X \subset M$ - компактное подмножество. Тогда для $\varepsilon > 0$ существуют открытое в M подмножество $U \supset X$ и конечномерное подпространство $L \subset H$ такие, что если $x, y \in U$ таковы, что $(x - y) \perp L$, то

$$\|f(x) - f(y) - \lambda_f(x_0)(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\|.$$

Теорема 2. Пусть $M \subset H$ множество, допускающее терминальные производные, $f : M \rightarrow H - K$ -отображение, а $X \subset M$ - такое компактное подмножество, на котором терминальная производная $\lambda_f(x)$ отображения f всюду отлична от нуля. Тогда существует конечномерное подпространство $L \subset H$ такое, что

- 1) если f на X постоянно, то ортопроектор $p : H \rightarrow L$ инъективен на X , следовательно $\dim X < \infty$;
- 2) для каждой точки $x_0 \in X$ ограничение f на подмножестве $X \cap N_{x_0}$, есть гомеоморфизм, где $N_{x_0} = x_0 + L^\perp$, L^\perp - ортогональное дополнение к L .

Лемма 2. Пусть G открыто в H , $g : G \rightarrow H$ есть K -отображение и $x_0 \in G$ такая, что $\lambda_f(x_0) \neq 0$. Тогда существует содержащаяся в G окрестность V конечного дефекта точки x_0 такая, что g на V есть гомеоморфизм. Следовательно, существует окрестность $U \supset V$ в G точки x_0 такая, что g (U) бесконечномерно.

Теорема 3. Пусть G открыто в H , X локальное компактное, в частности компактное подмножество из H , и $f : G \rightarrow H -$ замкнутое K -отображение. Пусть, далее, для точки $x_0 \in G$ существует такая ее окрестность U_0 в G , что $f(U_0) \subset X$. Тогда $\lambda_f(x_0) = 0$.

Предложение 2. Пусть $M \subset N$ множество, допускающее терминальные производные, и X - произвольное подмножество конечномерного линейного подпространства $L \subset N$. Пусть, далее, $f : M \rightarrow N$ есть K -отображение, а $x_0 \in M$ такая точка, у которой существует окрестность U в M такая, что $f(U) \subset X$. Тогда $\lambda_f(x_0) = 0$. В частности, если $f(M) \subset X$, то $\lambda_f(x_0) = 0$ на M .

Замечание 2. Важен тот факт, что если множество $M \subset N$ обладает тем свойством, что для каждой точки $x_0 \in M$ любая ее окрестность U в M бесконечномерна, то M является множеством, допускающим терминальные производные.

Важными примерами множеств M , допускающими терминальные производные, являются каждое из нижеследующих множеств:

1. бесконечномерные линейные подпространства $M \subset N$, открытые и канонически замкнутые в M множества, в частности, бесконечномерные открытые и замкнутые шары;

2. множество M , для каждой точки $x_0 \in M$ которого существует окрестность в M точки x_0 , гомеоморфная открытому множеству бесконечномерного линейного подпространства из N , в частности, гильбертовы многообразия $M \subset N$, моделью для которых служат бесконечномерные линейные подпространства из N ;

3. гильбертов куб Q и Q -многообразия, т.е. такие подмножества $M \subset N$, для которых каждая точка $x_0 \in M$ обладает окрестностью в M , гомеоморфной открытому подмножеству из Q . Пусть M - произвольное подмножество N .

Определение 5. Скажем, что K_0 -отображение $f : M \rightarrow N$ обладает K_0 -терминальной производной, если терминальные производные $\lambda_g(x)$ всех K_0 -продолжений $g : G \rightarrow N$ отображения f совпадают между собой на M ; получающуюся непрерывную единственную вещественную функцию $\lambda_g(x)|_M$ назовем K_0 -терминальной производной отображения f и обозначим через $\lambda_f^0(x)$. Отметим, что если M - множество, допускающее терминальные производные, то для K_0 -отображений $f : M \rightarrow N$ терминальные производные $\lambda_f(x)$ и $\lambda_f^0(x)$ совпадают.

Предложение 3. Для подмножества $M \subset N$ рассмотрим условия:

a₀) для каждой точки $x_0 \in M$, каждой ее окрестности $U \subset M$ в M , каждого подпространства $L \subset N$ и каждого числа $0 < \delta < [(\pi)/2]$ существует пара различных точек $x, y \in U$ такая, что угол между вектором $x - y$ и подпространством L не меньше $[(\pi)/2] - \delta$;

b₀) каждое K_0 -отображение $f : M \rightarrow N$ обладает K_0 -терминальной производной;

c₀) если K_0 -отображения $g_1 : G_1 \rightarrow N$ и $g_2 : G_2 \rightarrow N$ совпадают на M , то на M совпадают и их K_0 -терминальные производные. Тогда имеют место импликации: a₀ → c₀ → b₀ → c₀.

Замечание 3. Факты, указанные в замечании 1, остаются справедливыми для множеств M , удовлетворяющих условию a₀) предложения 3.

Определение 6. Множество $M \subset N$, удовлетворяющее условию a₀) предложения 3, будем называть множеством, допускающим K_0 -терминальные производные.

Справедливы аналоги леммы 1, теоремы 1 и 2 и предложения 2, если множество M ,

допускающее терминальные производные, заменить множеством, допускающим K_0 -терминальные производные, K -отображение - K_0 -отображением, а $\lambda_f(x_0)$ - на $\lambda_f^0(x_0)$. В частности имеет место утверждение:

Предложение 4. Пусть $M \subset N$ - множество, допускающее K_0 -терминальные производные, $f : M \rightarrow N$ - K_0 -отображение, $X \subset M$ - компактное подмножество. Тогда для любого $\varepsilon > 0$ существуют открытое в M подмножество $U \supset X$, конечномерное подпространство $L \subset N$, число δ , $0 < \delta < [(\pi)/2]$, такие, что если точки $x, y \in U$, $x \neq y$ и угол между вектором $x - y$ и L не меньше $[(\pi)/2] - \delta$, то

$$\|f(x) - f(y) - \lambda_f^0(x)(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\|.$$

3. Множества со свойствами терминальной и K_0 -терминальной производной. Пусть $M \subset N$ - произвольное подмножество N .

Определение 7. Множество M , удовлетворяющее условию с), значит и b), (соотв. c_0), значит и b_0) (см. предложения 1, 3), будем называть множеством со свойством терминальной (соотв. K_0 -терминальной) производной.

Легко проверить, что если M содержит всюду плотное подмножество M_0 (в частности $M = \overline{M_0}$, удовлетворяющее с) (соотв. c_0), то таким же будет M ; объединение любого семейства множеств, удовлетворяющих с) (соотв. c_0), также удовлетворяет с) (соотв. c_0). Наконец если M удовлетворяет с) (соотв. c_0), то таким будет и $M \times [0,1]$.

Отметим, что если M - множество, допускающее терминальные производные, то для него c_0) и с) равносильны.

Предложение 5. Пусть M_1 и M_2 - множества со свойством K_0 -терминальной производной, а $f_1 : M_1 \rightarrow M_2$, $f_2 : M_2 \rightarrow N$ - K_0 -отображения. Тогда имеет место

$$\lambda_{f_2 \circ f_1}^0(x) = \lambda_{f_1}^0(x) \lambda_{f_2}^0(f_1(x)) \text{ для } x \in M_1.$$

Предложение 6. Пусть M - множество со свойством K_0 -терминальной производной, $f : M \rightarrow N$ сюръективное K_0 -отображение, K_0 -терминальная производная $\lambda_f^0(x)$ которого тождественно не равна нулю на прообразе $f^{-1}(y)$ для каждой точки $y \in N$. Тогда N будет множеством со свойством K_0 -терминальной производной.

Теорема 4. Свойство K_0 -терминальной производной является K_0 -топологическим инвариантом, т.е. если из K_0 -гомеоморфных множеств одно - множество со свойством K_0 -терминальной производной, то и другое будет таким же. При этом если $f : M \cong N$ - K_0 -гомеоморфизм, то

$$\lambda_f^0(x) = \frac{1}{\lambda_{f^{-1}}^0(f(x))} \text{ для } x \in M.$$

Предложение 7. Пусть $M \subset N$ - множество со свойством K_0 -терминальной производной, $f : M \rightarrow N$ такое K_0 -отображение (называемое K_0z -отображением), для которого существует K_0 -отображение $g : N \rightarrow M$ такое, что $f \circ g = 1_N$. Тогда N будет множеством со свойством K_0 -терминальной производной тогда и только тогда, когда $\lambda_f^0(g(y)) \neq 0$ для каждой $y \in N$; в частном случае, когда f есть K_0 -ретракция, а значит g -вложение N в M , соответственно $\lambda_f^0(x) = 1$ для каждой $x \in N$.

Замечание 4. Можно доказать, что свойство $M \subset N$ быть множеством со свойством терминальной производной сохраняется при K -гомеоморфизмах.

Ереванский государственный университет

Литература

1. Болтянский В.Г. - Изв. АН АрмССР. Математика. 1974. Т.9. N 2. С. 107-120.
2. Болтянский В.Г., Мирзаханян Э.А. - Изв. АН АрмССР. Математика. 1974. Т.9. N 5. С. 374-386.
3. Мирзаханян Э.А. - Изв. АН АрмССР. Математика. 1980. Т.15. N 5. С. 349-356.
4. Мирзаханян Э.А. - Уч. зап. ЕГУ. 1990. N 3. С. 21-28.
5. Мирзаханян Э.А. - Уч. зап. ЕГУ. 1991. N 1. С. 3-10.
6. Мирзаханян Э.А. - Изв. НАН РА. Математика. 1998. Т.33. N 6. С. 10-27.
7. Мирзаханян Э.А. - Изв. вузов. Математика. Казань. 1991. N 3. С. 29-35.

Է.Ա. Միրզախանյան

Հիլբերթյան տարածության ենթաբազմությունների անընդհատ արտապատկերումների $K_0 \subset K$ դասերի որոշ հատկությունների մասին

Հոդվածը նվիրված է իրական հիլբերթյան H տարածության անվերջ չափանի հանրահաշվական տոպոլոգիայի կառուցմանը:

Թույլատրելի են հանդիսանում H տարածության ենթաբազմությունների անընդհատ արտապատկերումների հատուկ $K_0 \subset K$ դասերը: Այդ դասերին պատկանող արտապատկերումները անվանում են K_0 - և K -արտապատկերումներ:

Բերվում են K_0 - և K -արտապատկերումների սահմանումները և նրանց որոշ անհրաժեշտ տեղեկություններ: Այդ դասերի հիմնական հատկությունների մի շարք պարունակում են [1-7]-ում:

Սահմանվում են H տարածության ենթաբազմությունների դասեր և ապացուցվում այդ բազմությունների վրա տրված K_0 - և K -արտապատկերումների մի շարք հատկություններ:

Աշխատանքի հիմնական արդյունքներն են՝ թեորեմներ 1-4, լեմմա 2:

УДК 518.9

В.С. Амбарян

Связь между стратегиями погонного преследования и параллельного сближения при прямолинейном движении преследуемого

(Представлено академиком Ю.Г. Шукурьяном 16/X 2002)

Пусть преследователь Р и преследуемый Е перемещаются в плоскости с постоянными по модулю скоростями α и β ($\alpha > \beta$) соответственно, и при этом в начальный момент времени $t=0$ игрок Р находится в начале координат $P(0)=\{0,0\}$, а игрок Е в точке с координатами $E(0)=\{a,0\}$.

Допустим, что игрок Р в момент времени $t=0$ применяет стратегию погонного преследования [1,2], а игрок Е выбирает любое прямолинейное движение, тогда, как показал В.Д. Ширяев [2], уравнение кривой множества точек поимки (встречи) имеет вид:

$$((x-a)^2+y^2-\alpha\beta^2/(\alpha^2-\beta^2)(x-a))^2=(\alpha\beta/(\alpha^2-\beta^2))^2((x-a)^2+y^2). \quad (1)$$

Преобразуем уравнение (1) следующим образом:

$$(\alpha^2-\beta^2)((x-a)^2+y^2)-\alpha\beta^2(x-a)=\alpha\beta \sqrt{(x-a)^2+y^2},$$

$$\alpha^2((x-a)^2+y^2)-\beta^2x^2+2a\beta^2x-a^2\beta^2-\beta^2y^2-a\beta^2x+a^2\beta^2=\alpha\beta \sqrt{(x-a)^2+y^2},$$

$$\alpha^2((x-a)^2+y^2)-\beta^2(x^2+y^2)+a\beta^2x=\alpha\beta \sqrt{(x-a)^2+y^2}.$$

Далее имеем:

$$\alpha^2((x-a)^2+y^2)-\alpha\beta \sqrt{(x-a)^2+y^2}=\beta^2(x^2+y^2)-a\beta^2x,$$

$$(\alpha \sqrt{(x-a)^2+y^2}-a\beta/2)^2=\beta^2(x^2+y^2)-a\beta^2x+(a\beta/2)^2,$$

$$\alpha \sqrt{(x-a)^2+y^2}=\beta \sqrt{(x-a/2)^2+y^2}+a\beta/2.$$

Откуда

$$\alpha^2((x-a)^2+y^2)=\beta^2((x-a/2)^2+y^2)+a\beta^2 \sqrt{(x-a/2)^2+y^2} + (a\beta/2)^2,$$

$$\alpha^2x^2-2a\alpha^2x+(a\alpha)^2+\alpha^2y^2-\beta^2x^2+a\beta^2x-(a\beta)^2/2-\beta^2y^2=a\beta^2 \sqrt{(x-a/2)^2+y^2},$$

$$(\alpha^2-\beta^2)(x^2+y^2)-(2a\alpha^2-a\beta^2)x+(a\alpha)^2-(a\beta)^2/2=a\beta^2 \sqrt{(x-a/2)^2+y^2},$$

$$\begin{aligned} (x-a/2)^2+y^2+ax-(a/2)^2-(2a\alpha^2-a\beta^2)/(\alpha^2-\beta^2)(x-a/2)= \\ = a\beta^2/(\alpha^2-\beta^2) \sqrt{(x-a/2)^2+y^2}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (x-a/2)^2+y^2+a(x-a/2)+a^2/4-(2a\alpha^2-a\beta^2)/(\alpha^2-\beta^2)(x-a/2)= \\ = a\beta^2/(\alpha^2-\beta^2) \sqrt{(x-a/2)^2+y^2}. \end{aligned}$$

Окончательно получаем

$$((x-a/2)^2+y^2-a\alpha^2/(\alpha^2-\beta^2)(x-a/2)+(a/2)^2)^2=(a\beta^2/(\alpha^2-\beta^2))^2((x-a/2)^2+y^2). \quad (2)$$

Таким образом, мы показали, что уравнения (1) и (2) эквивалентны.

Теперь допустим, что игрок Р начинает преследование, применяя стратегию параллельного сближения с задержкой $T > 0$; до момента времени T игрок Р стоит в точке $P(0)$, а игрок Е движется прямолинейно с момента $t=0$. Тогда уравнение кривой множества точек встречи имеет вид [3,4]

$$\begin{aligned} (x^2+y^2-2a\alpha^2/(\alpha^2-\beta^2)x+(a\alpha)^2-(\alpha\beta T)^2/(\alpha^2-\beta^2))^2= \\ =(2\alpha\beta^2T/(\alpha^2-\beta^2))^2(x^2+y^2) \end{aligned} \quad (3)$$

и представляет собой овал Декарта [5].

Предположим, что игрок Р начинает преследование, применяя стратегию параллельного сближения с задержкой $T=(a/2)/\alpha$ из точки $P(T)={a/2,0}$, а игрок Е из точки $\{a,0\}$ движется прямолинейно. Тогда овал Декарта (множество точек встречи) имеет вид

$$1/\beta \sqrt{(x-a)^2+y^2} = 1/\alpha \sqrt{(x-a/2)^2+y^2} + T. \quad (4)$$

После соответствующих преобразований получаем

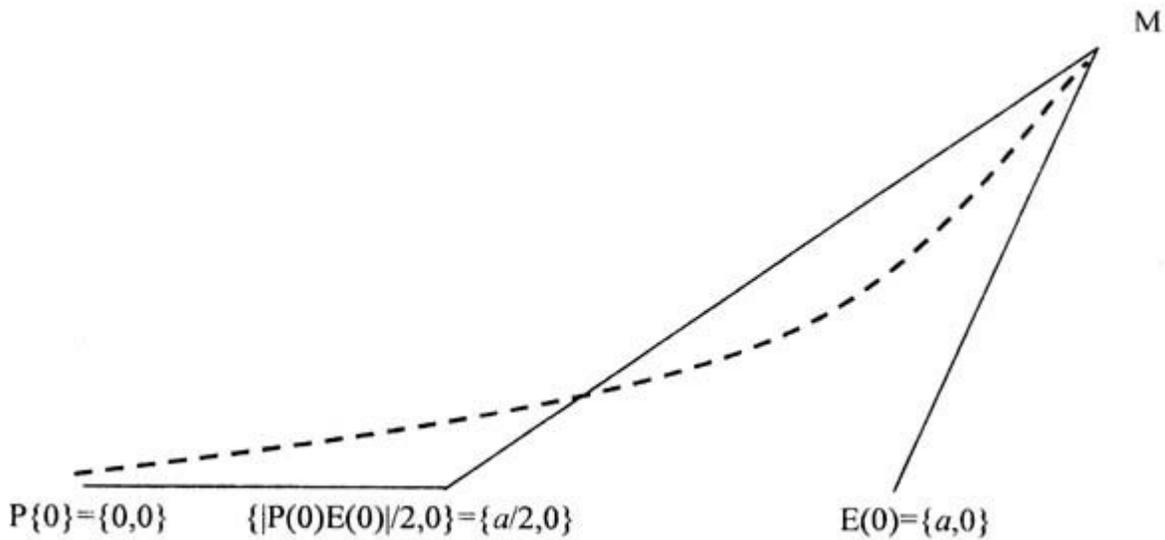
$$\begin{aligned} ((x-a/2)^2+y^2 - a\alpha^2/(\alpha^2-\beta^2)(x-a/2) + ((a\alpha/2)^2 - (\alpha\beta T)^2)/(\alpha^2-\beta^2))^2 = \\ = (2\alpha\beta^2 T/(\alpha^2-\beta^2))^2 ((x-a/2)^2+y^2). \end{aligned} \quad (5)$$

Подставляя значение $T=(a/2)/\alpha$ в (5), получаем уравнение (2).

Из вышеизложенного следует, что геометрические места точек поимки (множество точек встречи) для обеих стратегий совпадают.

Таким образом можно сформулировать следующую теорему.

Теорема. При прямолинейном движении преследуемого E геометрическое место точек встречи при применении преследователем P стратегии погонного преследования совпадает с геометрическим местом точек встречи при применении преследователем P стратегии параллельного сближения с задержкой $T=|P(0)E(0)|/(2\alpha)$ с начальной точкой $\{|P(0)E(0)|/2, 0\}$.



----- стратегия погонного преследования,
 _____ стратегия параллельного сближения.

Иными словами, при прямолинейном движении игрока E его поимка произойдет в одной и той же точке как в случае применения игроком P стратегии погонного преследования, так и в случае, если игрок P преодолет со скоростью α половину отрезка $|P(0)E(0)|$ и в этой точке применит стратегию параллельного сближения (рисунок).

Ереванский научно-исследовательский
 институт математических машин

Литература

1. *Петросян Л.А.* - ДАН СССР. 1965. Т.161. N1. С. 52-54.
2. *Петросян Л.А., Томский Г.В.* Геометрия простого преследования. Новосибирск. Наука. 1983. 143 с.
3. *Амбарян В.С.* - ДАН Армении. 1991. Т.92. N4. С. 147-153.
4. *Амбарян В.С.* - ДАН Армении. 1992. Т.93. N4. С. 163-167.
5. *Савелов А.А.* Плоские кривые. М. Физматгиз. 1960. С. 293.

Վ. Ս. Համբարյան

Կապ ուղղորդված հետապնդման և զուգահեռ մոտեցման ստրատեգիաների միջև հետապնդվողի ուղղագիծ շարժման դեպքում

Աշխատանքում հետազոտվել է խաղերի տեսության մեջ հայտնի *ուղղորդված (հետևման) հետապնդման* և *զուգահեռ մոտեցման* ստրատեգիաների փոխադարձ կապի խնդիրը:

Դիտարկվում է խաղ երկու մասնակիցների՝ P հետապնդողի և E հետապնդվողի միջև, երբ վերջինս շարժվում է ուղղագիծ:

Ապացուցված է հետևյալ թեորեմը:

Թեորեմ: *Ենթադրենք, P հետապնդողը կիրառում է ուղղորդված հետապնդման ստրատեգիա, իսկ E հետապնդվողը շարժվում է ուղղագիծ: Այդ դեպքում մասնակիցների հանդիպման կետերի բազմությունը, որն իրենից ներկայացնում է Դեկարտյան օվալ, համընկնում է նրանց հանդիպման կետերի այն բազմության հետ, երբ P հետապնդողը կիրառում է զուգահեռ մոտեցման ստրատեգիա $|P(0)E(0)|$ հատվածի միջնակետի սկզբնական դիրքով և $T = |P(0)E(0)|/(2\alpha)$ հապաղումով:*

Թեորեմը ունի շատ պարզ երկրաչափական մեկնաբանություն (նկար):

Ю.С. Сафарян, С.М. Погосян

**Аналитическое и численное решение конкретных задач
об узких пучках для электропроводящей магнитозвуковой
релаксирующей среды**

(Представлено чл.-кор. НАН РА А.Г.Багдоевым 27/1 2002)

В работе [1] формулируется задача расчета нелинейных пучков в плазме, находящейся в поперечном магнитном поле, возникающая в связи с изучением выброса излучения из пульсаров. В ней получена упрощенная формула для безразмерного радиуса пучка на внешней поверхности пульсара. Кроме того задача о поперечном поле возникает и при изучении нагрева плазмы высокочастотными волнами в управляемых термоядерных реакциях [2]. В настоящей статье проводится численный расчет задачи без упрощающих предположений в уравнении для второй гармоники [1]. Получено восемь обыкновенных дифференциальных уравнений для параметров пучка и дается их численный расчет для разных значений начальной амплитуды, кривизн волн, диссипации и дисперсии.

Предположим, что квазиплоская волна распространяется вдоль оси x . Оси координат y, z выбираются в плоскости невозмущенной волны, и имеется осевая симметрия с радиальной координатой $r = \sqrt{y^2 + z^2}$. Обозначим через $\tau = \tau_1 - t$, $\tau_1 = [x/(C_n)]$ эйконал волны в линейной задаче, C_n - нормальная скорость линейной волны. Обозначим через $u = h_y$ возмущенное значение магнитного поля, H_y - невозмущенное поле. Тогда, как показано в [1], из уравнений магнитной газодинамики можно вывести эволюционное уравнение

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \tau_1 \partial \tau} + \frac{1}{2} C_n^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial r} \right) = - \frac{1}{C_n} \frac{\partial}{\partial \tau} \left(\Gamma u + D \frac{\partial^2 u}{\partial \tau^2} + E \frac{\partial^3 u}{\partial \tau^3} \right), \quad (1)$$

где коэффициенты нелинейности Γ , диссипации D и дисперсии E имеют вид

$$\Gamma = \frac{C_n}{H_y} \left(\frac{\gamma + 1}{2} \frac{C_s^2}{C_n^2} + \frac{3}{2} \frac{C_A^2}{C_n^2} \right), \quad E = \frac{\tau_0 (\gamma - 1)^2 \text{TK}}{C_n \cdot 2\rho C_n^2}, \quad (2)$$

$$D = - \frac{1}{2C_n} \left\{ - \frac{1}{\rho} \left(\frac{4}{3} \right) \frac{C_A^2}{C_n^2} + \frac{(\gamma - 1)^2 \text{TK}}{\rho C_n^2} \right\}.$$

Обозначения указаны в [1,3],

$$C_A^2 = \frac{H_y^2}{4\pi\rho}, \quad C_n^2 = C_s^2 + C_A^2, \quad (3)$$

$v_m = [(C^2)/(4\pi\sigma)]$, C - скорость света, σ - электропроводность, C_s - скорость звука. Для остальных параметров имеет место

$$V_y = V_z = 0, \quad h_x = h_z = 0, \quad h_y = - \frac{H_y}{C_n} V_x, \quad \rho' = \frac{\rho}{C_n} V_x, \quad P' = C_s^2 \rho', \quad (4)$$

$V_{x,y,z}$ - компоненты скорости частиц.

Для случая квазимонохроматической волны с основной частотой α решение (1) можно искать в виде

$$u = \frac{1}{2} (u_1 e^{i\theta - \nu\tau_1} + u_2 e^{2i\theta - 2\nu\tau_1} + \text{K. C.}), \quad (5)$$

где $\theta = \alpha\tau - \omega\tau_1$, $u_k = u_k(\tau_1, r)$.

Как показано в [3,4], свободный член U_0 , который следовало бы добавить в (5), имеет для дифракционной задачи о пучках порядок U_1^3 и в силу малости может быть опущен. Вычисляя производные по τ_1, r в (5) и подставляя в (1), приравнявая линейные недифференцируемые члены с первой гармоникой, можно получить дисперсионное уравнение

$$\omega = -\frac{E}{C_n} \alpha^3, \quad v = -\frac{D}{C_n} \alpha^2. \quad (6)$$

Остальные члены с $e^{i\theta - v\tau_1}$ дают уравнение

$$i\alpha \frac{\partial u_1}{\partial \tau_1} + \frac{1}{2} C_n^2 \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial r^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial u_1}{\partial r} \right) = \frac{\Gamma}{2C_n} \alpha^2 u_1^* u_2, \quad (7)$$

где удержаны члены с второй гармоникой, звездочкой отмечено комплексно-сопряженное значение. Члены с $e^{2i\theta - 2v\tau_1}$ дают после учета (6)

$$\alpha(4vi - 12\omega)u_2 + 2i\alpha \frac{\partial u_2}{\partial \tau_1} + \frac{1}{2} C_n^2 \left(\frac{\partial^2 u_2}{\partial r^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial u_2}{\partial r} \right) = \frac{\Gamma \alpha^2}{C_n} u_1^2. \quad (8)$$

Полагая в (7), (8) для гауссовых пучков

$$u_k = a_k e^{i\varphi_k}, \quad a_k = A_k e^{-[(\tau^2)/(\tau_0^2 r_k^2(\tau_1))]}, \quad \varphi_k = \sigma_k(\tau_1) + \frac{1}{2R_k(\tau_1)} r^2, \quad k=1,2, \quad (9)$$

где a_k - действительные амплитуды гармоник, r_0 - постоянный начальный радиус пучков, можно получить обыкновенные уравнения по переменной τ_1 от параметров пучка. Отделяя в этих уравнениях члены с r^0 и r^2 , затем разделяя действительные и мнимые части, получим обыкновенные дифференциальные уравнения.

Вводя безразмерные переменные, обозначенные штрихами

$$A_1 = KA'_1, \quad A_2 = KA'_2, \quad \tau_1 = \frac{1}{\alpha} \tau', \quad \cos(\sigma_2 - 2\sigma_1) = C, \quad \sin(\sigma_2 - 2\sigma_1) = S,$$

$$\frac{1}{R_1} = K'_1 \left(\frac{\alpha}{C_n} \right)^2, \quad \frac{1}{R_2} = K'_2 \left(\frac{\alpha}{C_n} \right)^2, \quad \frac{r_0^2}{C_n^2} \alpha^2 = r_0'^2, \quad v = \alpha v', \quad \omega = \alpha \omega'$$

$$e^{-2v'\tau'} = E', \quad \frac{\Gamma K}{C_n} = \Gamma', \quad \frac{1}{f_{1,2}^2} = F_{1,2}', \quad K = A_1(0), \quad (10)$$

можно получить следующие 8 уравнений:

$$\frac{d\sigma_1}{d\tau'} + \frac{2F_1}{r_0'^2} = -\frac{\Gamma'}{2} E' A'_2 C, \quad (11)$$

$$\frac{dA'_1}{d\tau'} + A'_1 K'_1 = -\frac{\Gamma'}{2} S A'_1 A'_2 E', \quad (12)$$

$$\frac{dK'_1}{d\tau'} - \frac{4}{r_0'^4} F_1^2 + K'^2_1 = \Gamma' E' A'_2 \left(\frac{C}{r_0'^2} F_2 + S \frac{K'_2 - 2K'_1}{2} \right), \quad (13)$$

$$\frac{1}{r_0'^2} \frac{dF_1}{d\tau'} + K'_1 \frac{2}{r_0'^2} F_1 = A'_2 \frac{\Gamma' E'}{2} \left(\frac{1}{r_0'^2} F_2 S - C \frac{K'_2 - 2K'_1}{2} \right), \quad (14)$$

$$2A'_2 \frac{d\sigma_2}{d\tau'} + 12\omega' A'_2 + \frac{2}{r_0'^2} A'_2 K'_2 = -\Gamma' A'^2_1 C, \quad (15)$$

$$2 \frac{dA'_2}{d\tau'} + 4v' A'_2 + 24G' A'_2 + A'_2 K'_2 = -\Gamma' A'^2_1 S, \quad (16)$$

$$A'_2 \frac{dK'_2}{dt'} + \frac{1}{2} A'_2 \left(\frac{4}{r_0'^2} F_2^2 - K_2'^2 \right) = -\Gamma A'_2 \left[S \frac{2K'_1 - K'_2}{2} + \frac{-2F_1 + F_2}{r_0'^2} C \right], \quad (17)$$

$$2A'_2 \frac{1}{r_0'^2} \frac{dF_2}{dt'} + \frac{2A'_2 K'_2 F_2}{r_0'^2} = -\Gamma A'_2 \left[C \frac{2K'_1 - K'_2}{2} - S \frac{-2F_1 + F_2}{r_0'^2} \right]. \quad (18)$$

Уравнения (11)-(18) решаются при начальных условиях, следующих из значения решения для падающей волны в форме

$$\tau_1 = 0 \quad u_1 = K e^{-[(r^2)/(r_0^2)]} e^{-iat} e^{i(r^2)/(2R_1(0))}$$

При этом уравнения (15), (17), (18) при $\tau_1=0$, если считать $A'_2(0)=0$, дают следующие граничные условия:

$$\begin{aligned} C(0) = 0, \quad K'_2(0) - 2K'_1(0) = 0, \quad F_2(0) = 2F_1(0), \quad \sigma_2(0) = 2\sigma_1(0) + \frac{\pi}{2}, \\ \tau' = 0, \quad A'_1 = 0.1, \quad A'_2 = 0.01, \quad K'_1 = \frac{1}{R_0} \left(\frac{C_n}{\alpha} \right)^2, \quad K'_2 = 2 \frac{1}{R_0} \left(\frac{C_n}{\alpha} \right)^2, \\ F_1 = 1, \quad F_2 = 2, \quad \sigma_1 = 0, \quad \sigma_2 = \frac{\pi}{2}. \end{aligned} \quad (19)$$

Полученное по (6) значение ω или ω' , т.е. дисперсии за счет теплопроводности, весьма мало. Чтобы получить конечную дисперсию, можно использовать уточненное дисперсионное уравнение для плазмы [5], которое приводится к виду

$$\Omega^2 = \omega_0^2 - \omega_0^2 \frac{k^2 c^2}{\omega_0^2} \frac{C_A^2}{C_S^2 + C_A^2}, \quad \omega^0 = kC_n, \quad \Omega = \omega^0 + \omega,$$

где ω_0 - плазменная частота [5], k - волновое число,

$$\omega = -\frac{\omega_0^3}{2C_n^2} \frac{C^2}{\omega_0^2} \frac{C_A^2}{C_S^2 + C_A^2}.$$

Для случая большой дисперсии $|\omega\tau_1| \gg 1$ можно в (8) отбросить дифференцируемые члены с U_2 , при этом имеет место $|u_2| \ll |u_1|$, $|u_k| \ll |u_{k-1}|$ и получится

$$u_2 = \frac{\Gamma \alpha u_1^2}{4C_n (-3\omega + \nu i)}. \quad (20)$$

Уравнение (1) приводится к нелинейному уравнению Шредингера

$$i\alpha \frac{\partial u_1}{\partial \tau_1} + \frac{1}{2} C_n^2 \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial r^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial u_1}{\partial r} \right) = (\mathfrak{a}_1 + \mathfrak{a}_2 i) |u_1|^2 u_1, \quad (21)$$

где

$$\mathfrak{a}_1 = -3\omega\zeta, \quad \mathfrak{a}_2 = -\nu\zeta, \quad (22)$$

$$\zeta = \frac{\Gamma^2 \alpha^3}{8C_n^2} \frac{e^{-2\nu\tau_1}}{9\omega^2 + \nu^2}. \quad (23)$$

Отыскивая решение (21) в виде (9), можно получить соотношения

$$A_1 = \frac{b_1}{f_1}, \quad (24)$$

$$\frac{d\sigma_1}{d\tau_1} = -\frac{2C_n^2}{\alpha r_0^2 f_1^2} - \frac{b_1^2}{\alpha f_1^2}, \quad (25)$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{\alpha}{C_n^2 f_1} \frac{df_1}{d\tau_1} + \frac{\alpha_2 b_1^2}{C_n^2 f_1^2}, \quad (26)$$

$$\frac{d^2 f_1}{d\tau_1^2} = \frac{\xi}{f_1^3} + \frac{2\alpha_v b_1^2}{\alpha f_1}, \quad (27)$$

где

$$\xi = \alpha^{-2}(4C_n^4 r_0^{-4} + 4\alpha_1 b_1^2 C_n^2 r_0^{-2} - \alpha_2^2 b_1^4). \quad (28)$$

Таким образом в случае большой дисперсии получается уравнение (27), которое нужно решать при граничном условии, следующем из (26):

$$f_1(0) = 1, \quad \frac{df_1(0)}{d\tau_1} = F, \quad F = \frac{C_n^2}{\alpha} \left(R_0^{-1} - \frac{\alpha_2}{C_n^2} b_1^2 \right). \quad (29)$$

При этом $\alpha_{1,2}$ является функцией от τ_1 . В случае малых $v\tau_1$ следует в правой части (27) отбросить второе слагаемое и считать $e^{-v\tau_1} = 1$, тогда (27), (28) интегрируется и дает формулу (2.15) из [6].

В переменных (10)

$$F_1^{-1} = (F'^2 + \xi') \left(\tau' + \frac{F'}{F'^2 + \xi'} \right)^2 + \frac{\xi'}{F'^2 + \xi'}, \quad (30)$$

где $F' = k'_1(0) - \alpha'_2$, $\xi' = [4/(r_0^4)] + \alpha'_1[4/(r_0^2)] - \alpha'_2$,

$$\alpha'_1 = -\frac{3\omega'}{8} \frac{\Gamma'^2 E'}{9\omega'^2 + (v'+6)^2}, \quad \alpha'_2 = -(v'+6) \frac{\Gamma'^2}{8} \frac{E'}{9\omega'^2 + (v'+6)^2}. \quad (31)$$

Уравнения коротких волн для произвольной однородной среды получены в [7].

Рассмотрим расчет типичных задач для пульсаров [1], электролитов и термоядерных реакторов [2].

1. Для задачи о действии магнитного поля на пучок, распространяющийся от внутренней поверхности звезды, представляющей сферу радиуса $R_0[(\alpha)/(C_n)] = 10^6$ см при начальном радиусе пучка $r_0 = 10^4$ см, причем $C_n = 10^{10}$ см/с, $\alpha = 10^6$ 1/с [1], на основании (10) можно полагать $r'_0 = 2$, $K'_1 = [2/100]$, $K'_2 = [4/100]$, $\omega = [1/2] \cdot 10^{-3}$ 1/с. Кроме значения $v' = 0$ для звезды рассмотрены значения $v' = 0.03$ для электролитов, для которых $\sigma = 1.3 \cdot 10^7$ 1/с, $[(C_A)/(C_n)] = 1$, $C^2 = 10^{21}$ см²/с². Используя граничные условия (19), можно рассчитать (11)-(18) начиная от $x = 0$ до $x = 1$ или, поскольку на внешней границе $l = 10^5$ см, $\tau' = \alpha[l/(C_n)]$, интегрировать от $\tau' = 0$ до $\tau' = 20$. Значения F_1, A'_1, A'_2 приведены в таблице.

Для вычисления $F_1 = [1/(f_1^2)]$ по приближенной формуле (30) следует рассчитать $\omega = [1/2] \cdot 10^{-9}$, $v' = [1/2] \cdot 10^{-12}$, и поскольку дисперсия и диссипация весьма малы, полученная в предположении $|\omega[l/(C_n)]| \gg 1$ формула (30) в нелинейном варианте не пригодна, в линейном же случае при предположении $\alpha_{1,2} = 0$ она пригодна и при $\tau' = 20$ дает $f_1 = 10$, при этом из-за малой нелинейности (30) использована при $\alpha_{1,2} = 0$. Это значение совпадает с приведенным в таблице.

2. $C_n = 10^{10}$ см/с, $\alpha = 10^8$ 1/с. Тогда $r'_0 = 10^2$, $K'_1 = 10^{-4}$, $K'_2 = 2 \cdot 10^{-4}$. Кроме того $v' = 0$, $\omega = 0$, поэтому нелинейная формула (30) не применима. В линейном случае (30) дает $f_1 \approx 1.2$, что качественно согласуется с таблицей.

3. $C_n = 10^{10}$ см/с, $\alpha = 10^7$ 1/с. Расчеты по формулам (11)-(18) приведены в таблице. Нелинейная формула (30) снова не применима. Линейная формула (30) ($\alpha_{1,2} = 0$) дает при $\alpha[l/(C_n)] = 10^{-2}$, $f_1^2 = 5$, что согласуется с таблицей.

C_n	α	τ'	ν'	τ'_0	ω'	Γ'	A'_1	F_1	f_1^2	A'_2
10^{10}	$2 \cdot 10^6$	20	0	2	0	0.12	0.089	0.97×10^{-2}	1.03×10^2	-0.13×10^{-2}
10^{10}	10^8	10^3	0	10^2	0	0.12	0.9	0.8^1	1.3	-0.71×10^{-2}
10^{10}	10^8	10^3	0	10^2	0	$0.12 \cdot 10^{-1}$	0.83	0.68	1.47	0.11×10^{-1}
10^{10}	10^8	10^3	0	10^2	0	$0.12 \cdot 10^{-3}$	0.89	0.80	1.25	-0.13×10^{-2}
10^{10}	10^7	10^2	0.03	10	0	0.12	0.43	0.19	5.26	-0.27×10^{-1}
10^{10}	10^7	10^2	0.03	10	0	$0.12 \cdot 10^{-3}$	0.44	0.19	5.26	-0.28×10^{-3}
10^7	$2 \cdot 10^6$	20	0	2	$-\frac{1}{4000}$	0.12	0.98	0.96×10^{-2}	1.05	0.63×10^{-3}
10^7	10^7	10^2	0	10	$-\frac{1}{40}$	0.12	0.28	0.76×10^{-2}	17.6	-0.12×10^{-1}
10^7	10^7	10^2	0	10	$-\frac{1}{40}$	$0.12 \cdot 10^{-1}$	0.35	0.12	8.3	0.19×10^{-2}
10^7	10^7	10^2	0	10	$-\frac{1}{40}$	$0.12 \cdot 10^{-3}$	0.35	0.12	8.3	0.22×10^{-3}

Расчеты для термоядерной плазмы можно проводить по типичным значениям параметров, взятых из [2].

4. $C_n = 10^7$ см/с, $\alpha = 2 \cdot 10^6$ 1/с, $l = 10^2$ см, $r_0 = 10$ см, $r'_0 = 2$, $\sigma = 3 \cdot 10^{17}$ 1/с, $\nu' = [5/3]10^{-6}$, $\nu = [5/3]$. Кроме того начальная кривизна волны $[1/(R_0)][(C_n)/(\alpha)] = [1/(10^2)]$ 1/см. Тогда $F' = [1/10]$ 1/с, $\omega = -[1/4]10^3$ 1/с, $\omega' = -[1/4000]$. В формуле (30) $\alpha'_1 = 2$, $\alpha'_2 = 0$, $f_1(\alpha[l/(C_n)]) = 34$. По линейному варианту формулы (30), где $\alpha'_{1,2} = 0$, $f_1(\alpha[l/(C_n)]) = 10$, что близко к таблице. Последние три строки таблицы соответствуют значениям, приведенным в п.5.

5. $C_n = 10^7$ см/с, $\alpha = 10^7$ 1/с, при этом $\omega = -[1/4]10^6$ 1/с, $\omega' = -[1/40]$, $r'_0 = 10$, $[1/(R_0)][(C_n)/(\alpha)] = [1/(10^2)]$, $F' = [1/(10^2)]$. Поскольку $|[(\omega)/(C_n)]| \gg 1$, формула (30) применима и расчеты по (30) дают $\xi' = 5 \cdot 10^{-4}$, $f_1^2([(\alpha l) / (C_n)]) = 7$. Линейный подход, при котором $\alpha'_{1,2} = 0$, дает $f_1^2([(\alpha l) / (C_n)]) = 6$.

Таблица согласуется также с расчетами звуковых пучков [8], проведенными для (1) при $E = 0$.

Граничные значения в формуле (19) для вариантов 1-3 дают $k'_1 = 10^{-6}[(C_n)/(\alpha)]$, $k'_2 = 2 \cdot 10^6[(C_n)/(\alpha)]$, а для вариантов 4, 5 $k'_1 = 10^{-2}[(C_n)/(\alpha)]$, $k'_2 = 2 \cdot 10^{-2}[(C_n)/(\alpha)]$.

Горисский филиал Государственного инженерного университета Армении

Литература

1. Багдоев А.Г., Седракян Д.М. - *Астрофизика*. 2001. Т. 44. С. 139.
2. Голант В.Е. Жилинский Я.М., Сахаров И.Е. *Основы физики плазмы*. М. Атомиздат. 1977. 384 с.
3. Багдоев А.Г., Шекоян А.В. - *Акустический журнал*. 1999. Т. 45. С. 149.
4. Багдоев А.Г., Петросян Л.Г. - *Изв. АН АрмССР. Механика*. 1983. Т. 36. С.3.
5. Франк-Каменецкий Д.А. *Лекции по физике плазмы*. М. Атомиздат. 1964. 283 с.
6. Багдоев А.Г., Гургенян А.А. - *Изв. АН АрмССР. Механика*. 1986. Т. 39. С. 16.
7. Минасян М.М. - *ДАН АрмССР*. 1972. Т. 55. С. 123.
8. Бахвалов Н.С., Жилейкин Я.М., Заболотская Е.А. *Нелинейная теория звуковых пучков*. М. Наука. 1982. 176с.

Յու. Ս. Մաֆարյան, Ս.Ս. Պողոսյան

Նեղ փնջերի մասին կոնկրետ խնդիրների անալիտիկ և թվային լուծումը Էլեկտրահաղորդիչ մագնիսաձայնային ռելաքսացվող միջավայրի համար

Դիտարկվում է ալիքների նեղ փնջերի հաշվարկման խնդիրը ռելաքսացվող պլազմայում, որը գտնվում է լայնական մագնիսական դաշտում: Ստացված են ութ սովորական դիֆերենցիալ հավասարումներ, որոնց լուծումները դիտարկվում են առանց էական պարզեցումների: Արդյունքները կիրառված են էլեկտրոլիտների և պուլսարների համար, ինչպես նաև ջերմամիջուկային ռեակցիաների պլազմայի հաշվարկման խնդրում:

УДК 534.1:539.1

М.С. Габриелян, Л.А. Мовсисян

К вопросу стабилизации движения неустойчивых упругих систем

(Представлено академиком Л.А. Агаловяном 11/1 2002)

Изучается вопрос стабилизации упругих систем, на которые действует нагрузка, превосходящая эйлерово значение (задача устойчивости). При произвольном отклонении такие системы неустойчивы. Вопрос ставится следующим образом: как с помощью внешних нагрузок стабилизировать систему, при этом минимизируя некоторый функционал.

В качестве объектов рассмотрены шарнирно-опертые балка и цилиндрическая оболочка, однако ход решения поставленной задачи показывает, что такая процедура применима и для других систем. Обычно задачи стабилизации и управления рассматриваются для колеблющихся [1-3], а не экспоненциально возрастающих систем. В связи с этим принципиально также то, что минимизируемый функционал знакопеременный, но усилением управляющего воздействия удается добиться того, что система становится асимптотически устойчивой.

1. Пусть имеется шарнирно-опертая балка, которая сжимается осевой силой, превосходящей эйлерову критическую ($P > P_{кр} = EJ\pi^2/l^2$). Балке сообщаются произвольные начальные отклонения и начальная скорость.

Уравнением движения такой системы будет

$$EJ \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + P \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \rho S \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = q(x,t) \quad (1.1)$$

с начальными

$$\left. w \right|_{t=0} = a(x), \quad \left. \frac{\partial w}{\partial t} \right|_{t=0} = b(x) \quad (1.2)$$

и краевыми

$$w = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0 \quad \text{при} \quad x = 0, \quad x = l \quad (1.3)$$

условиями. Обозначения обычные, только надо указать, что $q(x,t)$ - искомая нагрузка - стабилизирующее воздействие. По условию выбор $q(x,t)$ должен обеспечивать также минимизацию некоторого функционала. В качестве такового берется

$$\Phi = \int_0^{\infty} \int_0^1 [\mathcal{E} + V^2(q)] dxdt. \quad (1.4)$$

Под \mathcal{E} понимается "полная" энергия системы - сумма потенциальной и кинетической энергий (кавычки означают, что если брать полную энергию, то она, естественно, дает первый интеграл). Введением некоторого множителя в одно из слагаемых, в зависимости от того, что быстрее хочется гасить (управлять) - перемещение или скорость, можно добиться желаемого, т.е.

$$\mathcal{E} = - \left[\frac{1}{2} \left[\frac{(\partial^2 w)^2}{EJ} - P \frac{(\partial w)^2}{\partial x} + \beta \rho S \frac{(\partial w)^2}{\partial t} \right] \right]. \quad (1.5)$$

В этом и заключается роль параметра β . V - пока неизвестная функция от $q(x,t)$, вид которой выяснится чуть позже.

2. Если искать решение (1.1), удовлетворяющее условиям (1.3)

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} f_m(t) \sin \lambda_m x, \quad \lambda_m = \frac{m\pi}{l}, \quad (2.1)$$

то для неизвестных $f_m(t)$ получится

$$\frac{d^2 f_m}{dt^2} + \omega_m^2 \left(1 - \frac{P}{P_m} \right) f_m = q_m(t); \quad (2.2)$$

здесь

$$\omega_m^2 = \frac{EJ}{\rho S} \lambda_m^4, \quad P_m = EJ \lambda_m^2, \quad q_m = \frac{2}{l\rho S} \int_0^1 q(x,t) \sin \lambda_m x dx \quad (2.3)$$

Замечание. Как известно, такая система, как (2.2), получается только для случая краевых условий (1.3). При иных краевых условиях получаемая система будет неканонической (в каждом уравнении присутствуют все гармоники). Для таких случаев задачу можно решить приближенно, довольствуясь несколькими членами.

В зависимости от величины P знак скобки в (2.2) будет различным. Пусть $P > P_m$ для первых $m=k$. Тогда для первых k уравнений

$$\frac{d^2 f_m}{dt^2} - \Omega_m^2 f_m = q_m(t), \quad \Omega_m^2 = \omega_m^2 \left(\frac{P}{P_m} - 1 \right), \quad m = 1, 2, \dots, k. \quad (2.4)$$

Относительно функции V можно предположить, что ее разложение имеет вид

$$V(q) = \sum_{m=1}^{\infty} \sqrt{\alpha_m} q_m(t) \sin \lambda_m x. \quad (2.5)$$

Параметры α_m , помимо того, что обеспечивают размерность в (1.4), в то же время усиливают управляющие воздействия.

Благодаря виду (2.1), (1.4) и (2.5), минимизация функционала равносильна минимизации каждой гармоники

$$\Phi_m = \int_0^{\infty} [-\Omega_m^2 f_m^2 + \beta (f'_m)^2 + \alpha_m f_m^2] dt. \quad (2.6)$$

Искомые функции $q_m(t)$ представляются в виде

$$q_m(t) = \gamma_m^{(1)} f_m^{(1)} + \gamma_m^{(2)} f_m^{(2)} \quad (2.7)$$

и используется уравнение Беллмана - Ляпунова [1] для данного случая

$$\begin{aligned} \frac{\partial W_m}{\partial f_m} f'_m + \frac{\partial W_m}{\partial f'_m} (\Omega_m^2 f_m - q_m) - \Omega_m^2 f_m^2 + \beta (f'_m)^2 + \alpha_m q_m &= 0 \\ \frac{\partial W_m}{\partial f_m} + 2\alpha_m q_m &= 0. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Здесь W_m - квадратичная форма (функция Ляпунова), т.е.

$$W_m = A_m^{(1)} f_m^2 + 2A_m^{(2)} f_m f'_m + A_m^{(3)} (f'_m)^2. \quad (2.9)$$

На основании (2.7) и (2.9) из (2.8) для определения $A_m^{(i)}$ и $\gamma_m^{(i)}$ получается система

$$\begin{aligned} 2A_m^{(2)} (\Omega_m^2 + \gamma_m^{(1)}) - \Omega_m^2 + \alpha_m (\gamma_m^{(1)})^2 &= 0, \\ 2(A_m^{(2)} + A_m^{(3)} \gamma_m^{(2)}) + \beta + \alpha_m (\gamma_m^{(2)})^2 &= 0, \end{aligned} \quad (2.10)$$

$$A_m^{(1)} + A_m^{(3)}(\Omega_m^{(2)} + \gamma_m^{(1)}) + A_m^{(2)}\gamma_m^{(2)} + 2\alpha_m\gamma_m^{(1)}\gamma_m^{(2)} = 0,$$

$$A_m^{(2)} + \alpha_m\gamma_m^{(1)} = 0,$$

$$A_m^{(3)} + \alpha_m\gamma_m^{(2)} = 0.$$

Для того, чтобы система была асимптотически устойчивой, достаточны требования

$$\begin{aligned} A_m^{(1)} > 0, \quad A_m^{(1)}A_m^{(3)} - (A_m^{(2)})^2 > 0, \\ \alpha_m[\beta(\gamma_m^{(1)})^2 - \Omega_m^2(\gamma_m^{(2)})^2] - \beta\Omega_m^2 > 0. \\ \alpha_m(\gamma_m^{(1)})^2 - \Omega_m^2 > 0. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Из системы (2.10) определяются искомые величины ($\alpha_m > 0$)

$$\gamma_m^{(1)} = -\Omega_m^2 - \sqrt{\Lambda_m}, \quad \Lambda_m = \Omega_m^4 - \frac{\Omega_m^2}{\alpha_m},$$

$$\gamma_m^{(2)} = -\sqrt{\frac{\beta}{\alpha_m} - 2\gamma_m^{(1)}} < 0,$$

(2.12)

$$A_m^{(1)} = \alpha_m \left[\Lambda_m \left(\frac{\beta}{\alpha_m} - 2\gamma_m^{(1)} \right) \right]^{1/2} > 0,$$

$$A_m^{(2)} = -\alpha_m\gamma_m^{(1)} > 0,$$

$$A_m^{(3)} = -\alpha_m\gamma_m^{(2)} > 0.$$

Выбором знаков при радикалах и значений величин α_m и β можно добиться того, чтобы удовлетворялись условия (2.11). При этом нет надобности для каждой гармоники брать свою величину β . Достаточно из них взять наибольшую, тогда все условия тем более будут удовлетворены.

Характеристическое уравнение (2.4) с учетом (2.7) будет

$$s^2 - \Omega_m^2 - \gamma_m^{(2)}s - \gamma_m^{(1)} = 0,$$

корни которого

$$s_{1,2} = -\frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{\beta}{\alpha_m} + 2 \left(\Omega_m^2 + \sqrt{\Lambda_m} \right) \right]^{1/2} \pm \left[\frac{\beta}{\alpha_m} + 2 \left(\Omega_m^2 - \sqrt{\Lambda_m} \right) \right]^{1/2} \right\}. \quad (2.13)$$

Так как $\Omega_m^2 > \sqrt{\Lambda_m}$, то корни вещественные и отрицательные. Решение уравнения (2.4) с учетом начальных условий (1.2) и управляющее воздействие (убывающее) определяются формулами

$$\begin{aligned} f_m &= B_m^{(1)} e^{s_1 t} + B_m^{(2)} e^{s_2 t}, \\ q_m &= (\gamma_m^{(1)} + \gamma_m^{(2)} s_1) B_m^{(1)} e^{s_1 t} + (\gamma_m^{(1)} + \gamma_m^{(2)} s_2) B_m^{(2)} e^{s_2 t}, \\ B_m^{(1)} &= \frac{a_m s_2 - b_m}{s_2 - s_1}, \quad B_m^{(2)} = \frac{b_m - a_m s_1}{s_2 - s_1}. \end{aligned} \quad (2.14)$$

3. Для $m > k$ уже имеется система

$$\frac{d^2 f_m}{dt^2} + \Theta_m^2 f_m = q_m(t), \quad \Theta_m^2 = -\Omega_m^2. \quad (3.1)$$

Искомая функция $q_m(t)$, минимизируемый функционал φ_m и функция W_m имеют вид, как и в предыдущем пункте, однако здесь в уравнении Беллмана - Ляпунова скобка во втором слагаемом должна быть заменена $q_m - \Theta_m^2 f_m$. Здесь уже минимизируемый функционал является знакопостоянным, поэтому можно предполагать $\alpha_m = 1$, а β - любой, в частности, $\beta = 1$.

Дальнейшая процедура совершается аналогичным образом, как в п.2. Условия асимптотической устойчивости имеют вид (2.11), а необходимые величины есть

$$\gamma_m^{(1)} = \Theta_m^2 - \sqrt{\Lambda'_m} < 0, \quad \Lambda'_m = \Theta_m^4 - \Theta_m^2,$$

$$\gamma_m^{(2)} = -\sqrt{1 - 2\gamma_m^{(1)}} < 0, \quad (3.2)$$

$$A_m^{(1)} = \Theta_m (1 - 2\gamma_m^{(1)})^{1/2} (\Theta_m^2 - 1)^{1/2} > 0,$$

$$A_m^{(2)} = -\gamma_m^{(1)} > 0, \quad A_m^{(3)} = -\gamma_m^{(2)} > 0.$$

Корнями характеристического уравнения будут

$$s_{1,2} = \frac{1}{2} \left[\gamma_m^{(2)} \pm \sqrt{(\gamma_m^{(2)})^2 + 4\gamma_m^{(1)} - 4\Theta_m^2} \right]. \quad (3.3)$$

Так как дискриминант (3.3) отрицательный

$$s_{1,2} = v_1 \pm iv_2, \quad (3.4)$$

$$v_1 = -\frac{1}{2} \gamma_m^{(2)}, \quad v_2 = [4\Theta_m^2 - 4\gamma_m^{(1)} - (\gamma_m^{(2)})^2]^{1/2},$$

решение после удовлетворения начальным условиям представится

$$f_m = e^{v_1 t} (a_m \cos v_2 t + B_m^{(3)} \sin v_2 t),$$

$$q_m = e^{v_1 t} \{ [\gamma_m^{(1)} a_m + \gamma_m^{(2)} (v_1 a_m + v_2 B_m^{(3)})] \cos v_2 t +$$

$$+ [\gamma_m^{(1)} B_m^{(3)} + \gamma_m^{(2)} (v_1 B_m^{(3)} - v_2 a_m)] \sin v_2 t \}, \quad (3.5)$$

$$B_m^{(3)} = \frac{b_m - v_1 a_m}{v_2},$$

4. В качестве примера рассматривается балка, на которую действует сжимающая сила, равная 1.1 эйлеровой, и ей сообщается начальное отклонение в виде одной полуволны: $a_1 = A$, $b_1 = a_m = b_m = 0$ при $m \geq 2$. Тогда, принимая, например, $\beta = 2$ и $\alpha_1 = 4\Omega_1^{-2}$ ($\Omega_1 = 0.32\omega_1$), необходимые параметры будут

$$\gamma_1^{(1)} = -0.19\omega_1^2, \quad A_1^{(1)} = 2.29\omega_1,$$

$$\gamma_1^{(2)} = -0.66\omega_1, \quad A_1^{(2)} = 2.39,$$

$$s_1 = -0.46\omega_1, \quad A_3^{(3)} = 2.64\omega_1^{-1},$$

$$s_2 = -0.19\omega_1, \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{EJ}{\rho S}} \frac{\pi^2}{l^2},$$

Выражения прогиба и управляющей нагрузки следующие:

$$w = A(1.68 e^{s_2 t} - 0.68 e^{s_1 t}) \sin \frac{\pi x}{l}, \quad (4.1)$$

$$q = -A\rho S\omega_1^2(0.077 e^{s_1 t} + 0.011 e^{s_2 t}) \sin \frac{\pi x}{l}$$

5. Осесимметричное движение круговой цилиндрической оболочки при осевом сжатии усилием интенсивности p при пренебрежении инерционным членом от продольного перемещения запишется [4]

$$D \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{Eh}{R^2} w + p \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = q(x,t), \quad (5.1)$$

здесь $q(x,t)$ - внешнее управляющее давление. Для шарнирно-опертой оболочки решение (5.1) ищется в виде (2.1), и для f_m получится

$$\frac{d^2 f_m}{dt^2} + \omega_m^2 \left(1 - \frac{p}{T_m} \right) f_m = q_m(t); \quad (5.2)$$

здесь

$$\omega_m^2 = D\lambda_m^4 + \frac{Eh}{R^2}, \quad T_m = D\lambda_m^2 + \frac{Eh}{R^2\lambda_m^2},$$

$$q_m = \frac{2}{l\rho h} \int_0^l q(x,t) \sin \lambda_m x dx.$$

Как известно, критическое усилие

$$P_{kp} = \frac{Eh^2}{RN}, \quad N = \sqrt{3(1 - \nu^2)}, \quad (5.3)$$

и оно реализуется по целочисленным полуволнам

$$m_{kp} = - \frac{1}{\pi} \left(\frac{2N}{Rh} \right)^{1/2}. \quad (5.4)$$

Если действующее осевое усилие

$$p = \alpha p_{kp}, \quad \alpha > 1, \quad (5.5)$$

в зависимости от величины α знак скобки в (5.2) будет положительным при $1 \leq m \leq m_1$, $m > m_2$ и отрицательным при $m_1 \leq m \leq m_2$, где

$$m_1 = m_{kp} \left(\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 1} \right)^{1/2}, \quad (5.6)$$

$$m_2 = m_{kp} \left(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1} \right)^{1/2}.$$

Далее, с точностью до обозначений, можно поступить, как в предыдущей задаче, только с той разницей, что уравнение типа (2.4) будет для гармоник $m_1 < m < m_2$, а уравнения типа (3.1) - $1 \leq m < m_1$ и $m > m_2$.

Ереванский государственный университет
Институт механики НАН РА

Литература

1. Красовский Н.Н. Теория управления движением. М. Наука. 1968. 475 с.
2. Габриелян М.С. - Уч. записки ЕГУ. 1975. N2 С. 49-57.
3. Габриелян М.С., Мовсисян Л.А. - Изв. РАН. МТТ. 1999. N6. С. 146-152.
4. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. М. Наука. 1972. 432 с.

Մ. Ս. Գաբրիելյան, Լ. Ա. Մովսիսյան

**Անկայուն առաձգական համակարգերի շարժման
ստաբիլիզացիայի խնդրի մասին**

Հետազոտվում է առաձգական համակարգերի ստաբիլիզացիայի հարցը, երբ ազդող ուժերը մեծ են էլեկտրյան կրիտիկական արժեքից: Ընդհանրապես, առաձգական համակարգերի ստաբիլիզացիայի խնդիրները դրվում են տատանողական համակարգերի համար, մինչդեռ ներկա դրվածքով համակարգերի շարժումը էքսպոնենցիալ աճող է, որի հետևանքով մինիմիզացվող ֆունկցիոնալը ստացվում է նշանափոխ: Ղեկավարող ազդեցության ուժեղացումով հնարավոր է համակարգը դարձնել ասիմպտոտիկ կայուն: Որպես օրինակ դիտարկված են հողակապային ամրացված հեծանի և գլանային թաղանթի խնդիրները:

УДК 593.3

Академик М. А. Задоян

Задача Гадолина для конических труб

(Представлено 6/V 2002)

Одним из способов повышения прочности составных цилиндрических труб является соединение их при горячей посадке таким образом, чтобы внутренний диаметр охватываемой трубы был несколько меньше наружного диаметра охватывающей трубы. После запрессовки на поверхности прилегания возникают силы трения, препятствующие их взаимному перемещению. Прочность толстостенной составной цилиндрической трубы можно увеличить почти вдвое, используя метод Гадолина [1,2]. В настоящей работе предлагается способ для повышения прочности толстостенных конических труб, основанный на идее Гадолина.

1. Напряжение в конической трубе. Предварительно рассмотрим толстостенную коническую трубу из несжимаемого упрочняющегося по степенному закону материала, находящегося под воздействием равномерно распределенных сил на внутренней и внешней конических поверхностях $\sigma_\theta = -p_1, -p_2$ при $\theta = \alpha, \beta$. Полагаем, что касательные напряжения как на поверхностях, так и по всему объему трубы равны нулю. Принимаем равным нулю также продольное перемещение. Такое напряженно-деформированное состояние можно представить, с использованием [3], в следующем виде: отличные от нуля компоненты-

$$\sigma_r = \sigma_\theta + 3AkX \frac{\cos\theta}{\sin^2\theta}, \quad \sigma_\varphi = \sigma_\theta + 6AkX \frac{\cos\theta}{\sin^2\theta},$$

$$\sigma_\theta = -p_1 + 6Ak \int_\alpha^\theta X \frac{\cos^2\theta}{\sin^3\theta} d\theta, \quad X = 3^{m-1} |A|^{m-1} \frac{\cos^{m-1}\theta}{\sin^{2(m-1)\theta}},$$

$$v = \frac{3Ar}{\sin\theta}, \quad \alpha \leq \theta \leq \beta.$$

Используя граничные условия на внешней поверхности $\theta = \beta$ и вводя обозначение

$$\omega(x,y) = \int_x^y \frac{\cos^{m+1}\theta}{\sin^{2m+1}\theta} d\theta, \quad (1)$$

будем иметь

$$A|A|^{m-1} = \frac{P_1 - P_2}{2k3^m \omega(\alpha, \beta)}.$$

Для компонентов напряжений и перемещения получаем

$$\sigma_\theta = -P_1 + (P_1 - P_2) \frac{\omega(\alpha, \theta)}{\omega(\alpha, \beta)}, \quad \sigma_r = -\frac{1}{2} (\sigma_\theta + \sigma_\varphi),$$

$$\sigma_\varphi = \sigma_\theta + \frac{P_1 - P_2}{\omega(\alpha, \beta)} \frac{\cos^m \theta}{\sin^{2m} \theta}, \quad \alpha \leq \theta \leq \beta,$$

$$v = \frac{\text{sign}(P_1 - P_2)}{(2k)^{1/m}} \frac{|P_1 - P_2|^{1/m}}{\omega^{1/m}(\alpha, \beta)} \frac{r}{\sin \theta}.$$

Если совершить предельный переход $\theta \rightarrow 0$, $r \rightarrow \infty$, $r\theta = \rho = \text{const}$, и перейти из сферической в цилиндрическую систему координат $\rho t z$, то $\sigma_\theta(\theta)$ переходит в $\sigma_\rho(\rho)$, σ_r - в σ_z , $\sigma_\varphi(\theta)$ - в $\sigma_t(\rho)$, $v(\theta)$ - в $u(\rho)$. Радиусы внутренней и внешней цилиндрических поверхностей обозначим a и b ; полагая $\alpha r \rightarrow a$, $\beta r \rightarrow b$, из (2)-(3) получаем

$$\sigma_\rho = -P_1 + \frac{P_1 - P_2}{\Omega} \left[1 - \left| \frac{a}{\rho} \right|^{2m} \right], \quad \sigma_z = -\frac{1}{2} (\sigma_\rho + \sigma_t),$$

$$\sigma_t = -\frac{1}{\Omega} \left[P_1 \left| \frac{a}{b} \right|^{2m} - P_2 + (2m - 1)(P_1 - P_2) \left| \frac{a}{\rho} \right|^{2m} \right],$$

$$u = \left[\frac{m(P_1 - P_2)}{k\Omega} \right]^{1/m} \frac{a^2}{\rho}, \quad \Omega = 1 - \left| \frac{a}{b} \right|^{2m}.$$

Формулы для напряженно-деформированного состояния цилиндрической трубы впервые получены А. Надаи [4] в 1922 г.

2. Составная коническая труба. Рассмотрим две конические трубы из одного и того же материала. Для первой (внутренней) трубы величины обозначаем с индексами $i = 1$, а для второй (внешней) - $i = 2$. Первая труба ограничена коническими поверхностями: внутренней поверхностью $\theta = \alpha$ и внешней поверхностью $\theta = \gamma$ (рис.1). Вторая труба ограничена внутренней $\theta = \gamma - \delta$ и внешней $\theta = \beta$ коническими поверхностями. Величина $\delta > 0$, угол натяга определяется в ходе рассмотрения задачи.

Нагреваем вторую трубу так, чтобы первая свободно входила в нее. После остывания получаем составную монолитную трубу с внутренней $\theta = \alpha$ и внешней $\theta = \beta$ коническими поверхностями. Между трубами возникает контактное давление p_* , величина которого также подлежит определению. Внутренний угол второго конуса увеличивается, а внешний угол первого уменьшается.

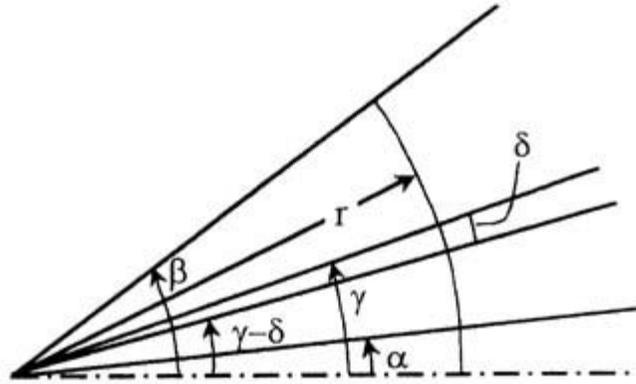


Рис 1.

Если коническая труба имеет внутренние и внешние конические поверхности соответственно $\theta = x$ и $\theta = y$, напряженное состояние согласно (2) с рассмотренными внешними нагрузками представится в виде

$$\sigma_{\theta} = -p_1 + (p_1 - p_2) \frac{\omega(x, \theta)}{\omega(x, y)}, \quad \sigma_r = -\frac{1}{2} (\sigma_{\theta} + \sigma_{\varphi}),$$

$$\sigma_{\varphi} = -p_1 + (p_1 - p_2) \frac{\omega(x, \theta)}{\omega(x, y)} + \frac{p_1 - p_2}{\omega(x, y)} \frac{\cos^m \theta}{\sin^{2m} \theta}, \quad x \leq \theta \leq y. \quad (4)$$

Перемещение согласно (3) будет

$$v = \frac{\text{sign}(p_1 - p_2)}{(2k)^{1/m}} \frac{|p_1 - p_2|^{1/m}}{\omega^{1/m}(x, y)} \frac{r}{\sin \theta}, \quad x \leq \theta \leq y. \quad (5)$$

На контактной поверхности имеем условие совместимости перемещений

$$v_2(r, \gamma) - v_1(r, \gamma) = \Delta(r), \quad (6)$$

где $\Delta(r)$ - неизвестный натяг, подлежащий определению.

Применяя формулу (5) для внешней трубы и полагая $p_1 = p_*$ и $p_2 = 0$, а также $x = \gamma$, $y = \beta$ и $\theta = \gamma$, будем иметь

$$v_2(r, \gamma) = \frac{r}{\sin \gamma} \left(\frac{p_*}{2k} \right)^{1/m} \frac{1}{\omega^{1/m}(\gamma, \beta)}, \quad (7)$$

где p_* контактное давление между трубами после посадки.

Для первой трубы, полагая $p_1 = 0$, $p_2 = p_*$, а также $x = \alpha$, $y = \gamma$ и $\theta = \gamma$, из (5) находим

$$v_1(r, \gamma) = - \frac{r}{\sin \gamma} \left(\frac{p_*}{2k} \right)^{1/m} \frac{1}{\omega^{1/m}(\alpha, \gamma)}. \quad (8)$$

Подставляя выражения (7) и (8) в (6) и принимая $\Delta(r) = \delta r$, где δ - пока неизвестный угол, характеризующий натяг конических труб, подлежащий определению, находим соотношение между контактным давлением и углом натяга:

$$p_* = 2k \delta^m \sin^m \gamma \frac{\omega(\alpha, \gamma) \omega(\gamma, \beta)}{\psi \omega(\alpha, \beta)}, \quad (9)$$

где

$$\psi = \frac{1}{\omega(\alpha, \beta)} [\omega^{1/m}(\alpha, \gamma) + \omega^{1/m}(\gamma, \beta)]^m. \quad (10)$$

Заметим, что при $m = 1$ имеем $\psi = 1$.

3. Напряжения в составной конической трубе. Пусть рассматриваемая составная коническая труба находится под воздействием давления p . Полагая в (4) $p_1 = p$, $p_2 = 0$, $x = \alpha$, $y = \beta$, получаем

$$\sigma_{\theta}^0 = -p \frac{\omega(\theta, \beta)}{\omega(\alpha, \beta)}, \quad (11)$$

$$\sigma_{\varphi}^0 = \frac{p}{\omega(\alpha, \beta)} \left[\frac{\cos^m \theta}{\sin^{2m} \theta} - \omega(\theta, \beta) \right], \quad \alpha \leq \theta \leq \beta,$$

где функции $\omega(\theta, \beta)$ определяются согласно (1). Перемещение согласно (5) будет

$$v = \left(\frac{p}{2k} \right)^{1/m} \frac{1}{\omega^{1/m}(\alpha, \beta)} \frac{r}{\sin \theta}, \quad \alpha \leq \theta \leq \beta. \quad (12)$$

В случае $m = 1$ из (1) имеем

$$\omega(x,y) = -\frac{1}{2} \left(\frac{\cos x}{\sin^2 x} - \frac{\cos y}{\sin^2 y} + \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{y}{2}}{x} \right). \quad (13)$$

Определим компоненты напряжения в зависимости от давления p_* для внутренней трубы: полагая в (4) $p_1 = 0$, $p_2 = p_*$, а также $x = \alpha$, $y = \gamma$ при $\alpha \leq \theta \leq \gamma$, получаем

$$\sigma_{\theta 1}^*(\theta) = -p_* \frac{\omega(\alpha, \theta)}{\omega(\alpha, \gamma)}, \quad \sigma_{\varphi 1}^*(\theta) = -\frac{p_*}{\omega(\alpha, \gamma)} \left[\frac{\cos^m \theta}{\sin^{2m} \theta} + \omega(\alpha, \theta) \right]. \quad (14)$$

Для внешней трубы, полагая в (4) $p_1 = p_*$, $p_2 = 0$, а также $x = \gamma$ и $y = \beta$, находим при $\gamma \leq \theta \leq \beta$

$$\sigma_{\theta 2}^*(\theta) = -p_* \frac{\omega(\theta, \beta)}{\omega(\gamma, \beta)}, \quad \sigma_{\varphi 2}^*(\theta) = \frac{p_*}{\omega(\gamma, \beta)} \left[\frac{\cos^m \theta}{\sin^{2m} \theta} - \omega(\theta, \beta) \right]. \quad (15)$$

На рис.2 представлены компоненты напряжения (14)-(15) от контактного давления. Переходя от сферической системы координат $r\theta\varphi$ к цилиндрической $\rho t z$ при $r \rightarrow \infty$, $\theta \rightarrow 0$, $r\theta \rightarrow \rho = \text{const}$ из (14) при $\alpha \leq \theta \leq \gamma$ получаем $a \leq \rho \leq c$

$$\sigma_{\theta 1}^* \rightarrow \sigma_{\rho 1}^*(\rho) = -p_* \frac{1 - a^2/\rho^2}{1 - a^2/c^2}, \quad \sigma_{\varphi 1}^* \rightarrow \sigma_{t 1}^*(\rho) = p_* \frac{1 + a^2/\rho^2}{1 - a^2/c^2},$$

причем $\alpha\gamma \rightarrow a$, $\gamma\gamma \rightarrow c$. Таким же путем из (15) при $\gamma \leq \theta \leq \beta$ будем иметь $c \leq \rho \leq b$

$$\sigma_{\theta 2}^* \rightarrow \sigma_{\rho 2}^*(\rho) = -p_* \frac{b^2/\rho^2 - 1}{b^2/c^2 - 1}, \quad \sigma_{\varphi 2}^* \rightarrow \sigma_{t 2}^*(\rho) = p_* \frac{b^2/\rho^2 + 1}{b^2/c^2 - 1},$$

где принято $\beta\gamma \rightarrow b$. Выражения $\sigma_{\rho i}^*$ и $\sigma_{t i}^*$ соответствуют формулам для цилиндрической трубы. Имеем также $\sigma_{r i}^* \rightarrow \sigma_{z i}^*(\rho)$.

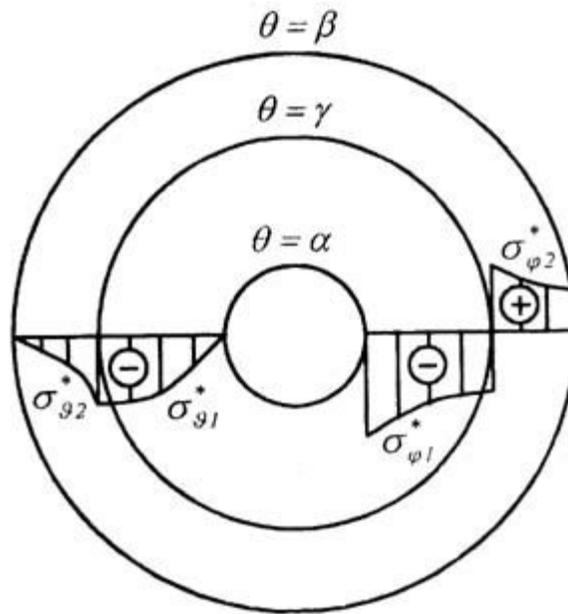


Рис 2.

В случае слабой нелинейности в законе упрочнения допускаем, что приближенно справедлив закон наложения напряженного состояния от воздействия p_* и p . Суммируя компоненты напряжения (14)-(15) с напряжениями (11), будем иметь

$$\tilde{\sigma}_{\theta i}(\theta) = \sigma_{\theta}^0(\theta) + \sigma_{\theta i}^*(\theta), \quad \tilde{\sigma}_{\phi i}(\theta) = \sigma_{\phi}^0(\theta) + \sigma_{\phi i}^*(\theta), \quad (16)$$

где σ_{θ}^0 и σ_{ϕ}^0 - напряжения от давления p в интервале $\alpha \leq \theta \leq \beta$, которые определяются согласно (11), а $\sigma_{\theta i}^*$ и $\sigma_{\phi i}^*$ - по формулам (14) и (15). Величины $\tilde{\sigma}_{\theta i}$ и $\tilde{\sigma}_{\phi i}$ являются суммарными напряжениями, где $i = 1$ относится к интервалу $\alpha \leq \theta \leq \gamma$, а $i = 2$ - к интервалу $\gamma \leq \theta \leq \beta$. Эти напряжения представлены на рис. 3 согласно формулам (16). Если перейти к пределу для цилиндрической трубы, в интервале $\alpha \leq \theta \leq \gamma$ по-прежнему получим $a \leq \rho \leq c$

$$\tilde{\sigma}_{\theta 1} \rightarrow \tilde{\sigma}_{\rho 1}(\rho) = -p \frac{b^2/\rho^2 - 1}{b^2/a^2 - 1} - p_* \frac{1 - a^2/\rho^2}{1 - a^2/c^2},$$

$$\tilde{\sigma}_{\phi 1} \rightarrow \tilde{\sigma}_{t 1}(\rho) = p \frac{b^2/\rho^2 + 1}{b^2/a^2 - 1} - p_* \frac{1 + a^2/\rho^2}{1 - a^2/c^2}.$$

В интервале ($\gamma \leq \theta \leq \beta$) $a \leq \rho \leq b$ имеем

$$\tilde{\sigma}_{\theta 2} \rightarrow \tilde{\sigma}_{\rho 2}(\rho) = -p \frac{b^2/\rho^2 - 1}{b^2/a^2 - 1} - p_* \frac{b^2/\rho^2 - 1}{b^2/c^2 - 1},$$

$$\tilde{\sigma}_{\varphi 2} \rightarrow \tilde{\sigma}_{t 2}(\rho) = p \frac{b^2/\rho^2 + 1}{b^2/a^2 - 1} - p_* \frac{b^2/\rho^2 + 1}{b^2/c^2 - 1}.$$

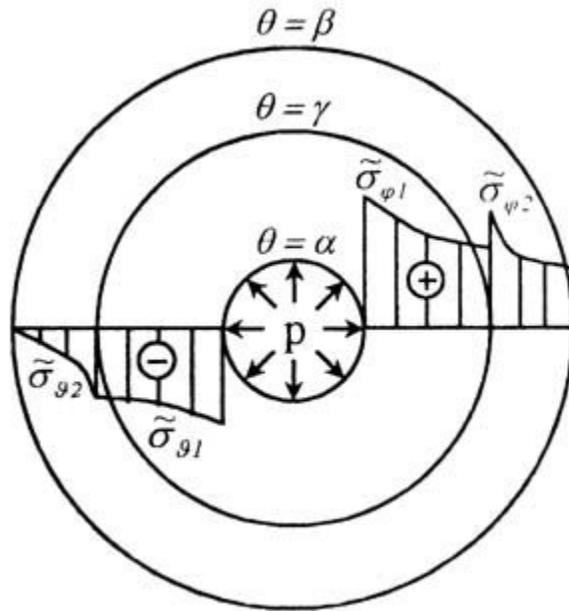


Рис 3.

Определим эквивалентные напряжения $\tilde{\sigma}_0 = \tilde{\sigma}_\varphi - \tilde{\sigma}_\theta$ на внутренней поверхности второй трубы:

$$\tilde{\sigma}_0(\alpha) = \left[\frac{p}{\omega(\alpha, \beta)} - \frac{p_*}{\omega(\alpha, \gamma)} \right] \frac{\cos^m \alpha}{\sin^{2m} \alpha}, \quad (17)$$

$$\tilde{\sigma}_0(\gamma) = \left[\frac{p}{\omega(\alpha, \beta)} + \frac{p_*}{\omega(\alpha, \gamma)} \right] \frac{\cos^m \gamma}{\sin^{2m} \gamma}. \quad (18)$$

Для равнопрочности составной трубы принимаем $\tilde{\sigma}_0(\alpha) = \tilde{\sigma}_0(\gamma)$. Получаем

$$p_* = \frac{p}{\omega(\alpha, \beta)} \left(\frac{\cos^m \alpha}{\sin^{2m} \alpha} - \frac{\cos^m \gamma}{\sin^{2m} \gamma} \right) \left[\frac{1}{\omega(\gamma, \beta)} \frac{\cos^m \gamma}{\sin^{2m} \gamma} + \frac{1}{\omega(\alpha, \gamma)} \frac{\cos^m \alpha}{\sin^{2m} \alpha} \right]^{-1}. \quad (19)$$

Далее, исключая p_* из (19) и (9), а также используя (10), находим

$$\delta = \left(\frac{p}{2k} \right)^{1/m} \left\{ \frac{\left(\frac{\cos^m \alpha}{\sin^{2m} \alpha} - \frac{\cos^m \gamma}{\sin^{2m} \gamma} \right)^{1/m}}{\omega(\alpha, \gamma) \frac{\cos^m \gamma}{\sin^{2m} \gamma} + \omega(\gamma, \beta) \frac{\cos^m \alpha}{\sin^{2m} \alpha}} \right\} \frac{\omega^{1/m}(\alpha, \gamma) + \omega^{1/m}(\gamma, \beta)}{\omega^{1/m}(\alpha, \beta) \sin \gamma}. \quad (20)$$

Таким образом, при заданных значениях геометрических параметров α , β , γ и внутреннего давления p контактное давление p_* и δ определяются по формулам (19) и (20).

4. Минимум эквивалентного напряжения. Подставляя значение p_* из (19) в (17), после преобразований получаем

$$\sigma_0(\alpha) = p \left[\omega(\alpha, \gamma) \frac{\sin^{2m} \alpha}{\cos^m \alpha} + \omega(\gamma, \beta) \frac{\sin^{2m} \gamma}{\cos^m \gamma} \right]^{-1}. \quad (21)$$

Дифференцируя (21) по γ и приравнявая к нулю, находим

$$m \int_{\gamma}^{\beta} \frac{\cos^{m+1} \theta}{\sin^{2m+1} \theta} d\theta + \left(\frac{\sin^{2m} \alpha}{\cos^m \alpha} - \frac{\sin^{2m} \gamma}{\cos^m \gamma} \right) \frac{\cos^{2(m+1)} \gamma}{\sin^{4m} \gamma (1 + \cos^2 \gamma)} = 0. \quad (22)$$

Значение $\gamma = \gamma_*(\alpha, \beta, m)$ определяется из (22) численным способом. В случае $m = 1$ из (22) преобразованием получаем уравнение

$$\left(\cos \gamma + \frac{1}{\cos \gamma} \right) \left(\frac{\cos \beta}{\sin^2 \beta} - \ln \frac{\frac{\beta}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{\gamma} \right) - 2 \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \frac{\cos^3 \gamma}{\sin^4 \gamma} - 1 = 0, \quad (23)$$

определяющее значение $\gamma_* = \gamma_*(\alpha, \beta)$. На рис.4 представлена поверхность $\gamma_* = \gamma_*(\alpha, \beta)$, для которой γ принимает минимальное значение.

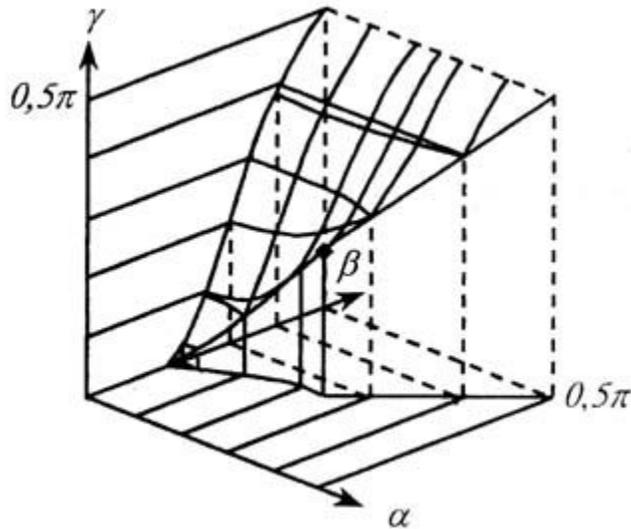


Рис 4.

Для малых значений β из (22) или (23)

$$\gamma = \sqrt{\alpha\beta}. \quad (24)$$

Умножая обе части этого уравнения на r и переходя к пределу $\alpha r \rightarrow a$, $\beta r \rightarrow b$, $\gamma r \rightarrow c$, из (24) приходим к формуле

$$c = \sqrt{ab}, \quad (25)$$

полученной еще Гадолиным для цилиндрических труб. Представляет интерес отношение

$$\frac{\sigma_0^{\min}(\alpha)}{\sigma_0^0(\alpha)} = \omega(\alpha, \beta) \frac{\sin^{2m}\alpha}{\cos^m\alpha} \left[\omega(\alpha, \gamma_*) \frac{\sin^{2m}\alpha}{\cos^m\alpha} + \omega(\gamma_*, \beta) \frac{\sin^{2m}\gamma_*}{\cos^m\gamma_*} \right]^{-1}, \quad (26)$$

где $\sigma_0^0(\alpha)$ - эквивалентное напряжение для однородной конической трубы $\alpha \leq \beta \leq \gamma$, определяющее меру снижения эквивалентного напряжения.

Полагая $\alpha = 9^\circ$, $\beta = 63^\circ$, согласно рис.4 определяем $\gamma_* = 56^\circ$. Тогда, принимая $m = 1$, из (26) находим $[(\sigma_0^{\min}(\alpha))/(\sigma_0^0(\alpha))] = 0,346$.

Из (26) при $m = 1$ переходя к пределу и используя (25), находим

$$\frac{\sigma_0^{\min}(\alpha)}{\sigma_0^0(\alpha)} \rightarrow \frac{1}{2} \left(1 + \frac{a}{b} \right)$$

степень снижения эквивалентного напряжения для цилиндрической трубы.

Институт механики НАН РА

Литература

1. Пономарьев С.Д., Бидерман В.Л., Лихарев К.К., Макушин В.М., Малинин Н.Н., Феодосьев В.Н. Расчеты на прочность в машиностроении. Т. 2. Машгиз. М. 1958. 975 с.
2. Феодосьев В.Н. Сопротивление материалов. М. Наука. 1972. 544 с.
3. Задоян М.А. Пространственные задачи теории пластичности. М. Наука. 1992. 384 с.
4. Надаи А. Пластичность. М. ОНТИ. 1936.

Ակադեմիկոս Մ.Ա. Զադոյան

Գաղղիինի խնդիրը կոնական խողովակների համար

Օգտագործելով Գաղղիինի գաղափարը՝ գլանային խողովակների ամրությամբ բարձրացնելու վերաբերյալ, ուսումնասիրվում է կոնական բաղադրյալ խողովակների լարվածային վիճակը՝ ներքին և արտաքին նորմալ ճնշումներից: Ելնելով բաղադրիչ կոնական խողովակների հավասար ամրության և էկվիվալենտ լարումների մինիմումի պայմաններից որոշվում է կոնտակտային կոնական մակերևույթի այն դիրքը, որը ապահովում է բաղադրյալ կոնական խողովակի լավագույն ամրությունը: Այդ միջանկյալ մակերևույթի դիրքը՝ ներքին և արտաքին մակերևույթների միջոցով որոշվում է ըստ նկ.4: Օգտագործելով լարումների բանաձևերը կոնական խողովակում ներքին և արտաքին ճնշումներից, սահուն անցումով ստացվում են համապատասխան լարումները աստիճանային օրենքով ամրապնդվող նյութից պատրաստված գլանային խողովակում՝ լարումների և տեղափոխումների բանաձևերի համար, որոնք ատացվել են դեռևս 1922 թ. Ա. Նադաիի կողմից:

УДК 467

Академик Д.М.Седрамян, А.Ж.Хачатрян, Н.М.Испирян

**Поле произвольно поляризованной плоской электромагнитной волны,
падающей наклонно на нерегулярную слоистую структуру**

(Представлено 12/VII 2002)

В данной работе нами рассматривается задача определения поля монохроматической плоской электромагнитной волны, падающей наклонно на нерегулярную слоистую структуру, характеризующуюся диэлектрической проницаемостью

$$\varepsilon(z) = \begin{cases} \varepsilon_I, & z < 0, \\ \varepsilon(z), & 0 < z < d, \\ \varepsilon_{II}, & z > d, \end{cases} \quad (1)$$

где, в общем случае, $\varepsilon_I, \varepsilon_{II}$ различны и $\varepsilon(z)$ имеет вид

$$\begin{aligned} \varepsilon(z) = & \varepsilon_0 \theta(z) \theta(z_1 - d_1/2 - z) + \sum_{n=1}^N \varepsilon_n \theta(z - z_n + d_n/2) \theta(z_n + d_n/2 - z) + \\ & + \sum_{n=1}^{N-1} \varepsilon_0 \theta(z - (z_n + d_n/2)) \theta(z_{n+1} - d_{n+1}/2 - z) + \varepsilon_0 \theta(d - z) \theta(z - z_N - d_N/2). \end{aligned} \quad (2)$$

На параметры структуры, характеризующие расположение слоев, должны быть наложены следующие ограничения: $z_1 - d_1/2 \geq 0, z_n + d_n/2 \leq d, z_n + d_n/2 \leq z_{n+1} - d_{n+1}/2$ ($n = 1, 2, \dots, N-1$).

Пусть волновой вектор плоской волны, падающей на нерегулярную слоистую среду (2) из первой полубесконечной среды, расположен в плоскости (y, z) . Тогда, рассматривая электрическую компоненту поля как реальную часть комплексного вектора $\vec{E} \exp\{-i\omega t\}$, вследствие однородности пространства вне слоя (1), пространственную зависимость вектора \vec{E} можно записать в виде

$$\vec{E}_r = \begin{cases} \vec{E}_0 \exp\{i \vec{k}_1 r\} + \vec{E}_r \exp\{i \vec{k}'_1 r\}, & x < 0, \\ \vec{E}_t \exp\{i \vec{k}_2 r\}, & x > d, \end{cases} \quad (3)$$

$$|\vec{k}_1| = |\vec{k}'_1| = k_1 = \omega \sqrt{\varepsilon_I/c}, \quad |\vec{k}_2| = k_2 = \omega \sqrt{\varepsilon_{II}/c}, \quad \vec{k}_1 = k_1 \cos\alpha \vec{e}_3 + k_1 \sin\alpha \vec{e}_2,$$

$$\vec{k}'_1 = -k_1 \cos\alpha \vec{e}_3 + k_1 \sin\alpha \vec{e}_2, \quad \vec{k}_2 = k_2 \cos\beta \vec{e}_3 + k_2 \sin\beta \vec{e}_2, \quad (4)$$

$\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ являются единичными базисными векторами выбранной системы координат. Вследствие закона Снеллиуса

$$\sqrt{\varepsilon_I} \sin\alpha = \sqrt{\varepsilon_{II}} \sin\beta. \quad (5)$$

Принимая для s и p волн $E = E^s(z)V(y)$ и $H = H^p(z)U(y)$, из уравнений Максвелла для $E^s(z)$ и $H^p(z)$ можно записать [1]

$$\frac{d^2 E^s(z)}{dz^2} + \frac{\omega^2}{c^2} (\varepsilon(z) - \varepsilon_I \sin^2\alpha) E^s(z) = 0, \quad (6)$$

$$\frac{d}{dz} \left(\frac{1}{\varepsilon(z)} \frac{dH^p(z)}{dz} \right) + \frac{\omega^2}{c^2} \left(1 - \frac{\varepsilon_I \sin^2\alpha}{\varepsilon(z)} \right) H^p(z) = 0. \quad (7)$$

Далее для удобства мы вводим следующие обозначения:

$$\psi^s \equiv E^s \quad \text{и} \quad \psi^p \equiv H^p. \quad (8)$$

Используя (6), (7), легко убедиться, что следующие величины, составленные из ψ^s и ψ^p , не зависят от z:

$$\psi^s \frac{d(\psi^s)^*}{dz} - (\psi^s)^* \frac{d\psi^s}{dz} = \text{const}, \quad \frac{1}{\varepsilon(z)} \left(\psi^p \frac{d(\psi^p)^*}{dz} - (\psi^p)^* \frac{d\psi^p}{dz} \right) = \text{const} \quad (9)$$

Используя условие непрерывности компонент поля во всех точках пространства, из (9) легко получить условия, накладываемые на производные функций ψ^s и ψ^p в точках, где свойства среды меняются скачкообразно:

когда слева от нее полубесконечная среда с диэлектрической постоянной ε_0):

$$\frac{1}{t_{0,II}^s} = \frac{q_0 + q_{II}}{2q_0} \exp \{ i(q_{II} - q_0)d \}, \quad \frac{r_{0,II}^s}{t_{0,II}^s} = \frac{q_0 - q_{II}}{2q_0} \exp \{ i(q_{II} + q_0)d \}, \quad (16)$$

$$\frac{1}{t_{0,II}^p} = \frac{\varepsilon_{II}q_0 + q_{II}}{2\varepsilon_{II}q_0} \exp \{ i(q_{II} - q_0)d \}, \quad \frac{r_{0,II}^p}{t_{0,II}^p} = \frac{\varepsilon_{II}q_0 - q_{II}}{2\varepsilon_{II}q_0} \exp \{ i(q_{II} + q_0)d \}. \quad (17)$$

Выражения для $t_{I,0}^s$, $r_{I,0}^s$ получаются из (16) подстановкой $d = 0$, с последующей заменой q_0 на q_I и q_{II} на q_0 . Выражения для $t_{I,0}^p$, $r_{I,0}^p$ получаются из (17) подстановкой $d = 0$, с последующей заменой $\varepsilon_{II}q_0$ на q_I и q_{II} на $\varepsilon_I q_0$. Обозначим через $t_{0,n}^{s,p}$, $r_{0,n}^{s,p}$ ($n = 1, 2, \dots, N$) амплитуды отражения и прохождения волны для границы раздела двух полубесконечных сред с диэлектрическими постоянными ε_0 и ε_n , граничащими в точке $z_n - d_n/2$. Амплитуды $t_{0,n}^{s,p}$, $r_{0,n}^{s,p}$ получаются заменой в (16), (17) q_{II} на q_n и d на d_n . Введем также амплитуды прохождения и отражения волны $t_n^{s,p}$, $r_n^{s,p}$ ($n = 1, 2, \dots, N$) для каждого слоя нерегулярной структуры:

$$\frac{1}{t_n^s} = \exp(iq_0 d_n) \left\{ \cos(q_n d_n) - i \frac{q_n^2 + q_0^2}{2q_n q_0} \sin(q_n d_n) \right\}, \quad (18)$$

$$\frac{r_n^s}{t_n^s} = i \exp \{ i2q_0 z_n \} \frac{q_n^2 - q_0^2}{2q_n q_0} \sin(q_n d_n), \quad (19)$$

$$\frac{1}{t_n^p} = \exp(iq_0 d_n) \left\{ \cos(q_n d_n) - i \frac{(\varepsilon_0/\varepsilon_n)q_n^2 + (\varepsilon_n/\varepsilon_0)q_0^2}{2q_n q_0} \sin(q_n d_n) \right\}, \quad (20)$$

$$\frac{r_n^p}{t_n^p} = i \exp \{ i2q_0 z_n \} \frac{(\varepsilon_0/\varepsilon_n)q_n^2 - (\varepsilon_n/\varepsilon_0)q_0^2}{2q_n q_0} \sin(q_n d_n). \quad (21)$$

Согласно основному результату метода трансфер-матриц между коэффициентами решения (12), соответствующими различным областям пространства, должна существовать линейная связь [2]. Так, линейные соотношения между коэффициентами решения $a_n^{s,p}$, $b_n^{s,p}$, соответствующими областям структуры с диэлектрической проницаемостью ε_0 , и коэффициентом решения $R_{N,I,II}^{s,p}$ (область пространства, занимаемая первой полубесконечной средой) могут быть записаны в виде

$$a_n = \delta_{s,p} \left[\left(\frac{1}{t_{I,0}^*} \frac{1}{T_{n-1}^*} + \frac{r_{I,0}}{t_{I,0}} \frac{R_{n-1}^*}{T_{n-1}^*} \right) - \left(\frac{r_{I,0}^*}{t_{I,0}^*} \frac{1}{T_{n-1}^*} + \frac{1}{t_{I,0}} \frac{R_{n-1}^*}{T_{n-1}^*} \right) R_{N,I,II} \right], \quad (22)$$

$$b_n = \delta_{s,p} \left[- \left(\frac{1}{t_{I,0}^*} \frac{R_{n-1}}{T_{n-1}} + \frac{r_{I,0}}{t_{I,0}} \frac{1}{T_{n-1}} \right) + \left(\frac{r_{I,0}^*}{t_{I,0}^*} \frac{R_{n-1}}{T_{n-1}} + \frac{1}{t_{I,0}} \frac{1}{T_{n-1}} \right) R_{N,I,II} \right], \quad (23)$$

где $\delta_s = q_I/q_0$, $\delta_p = q_I \varepsilon_0 / q_0 \varepsilon_I$, а у остальных величин индексы s, p опущены. В (22), (23) через T_n , R_n ($T_0 = 1$, $R_0 = 0$) обозначены амплитуды прохождения и отражения волны для первых n слоев нерегулярной структуры, когда левее и правее от нее диэлектрическая проницаемость пространства равна ε_0 :

$$\begin{pmatrix} 1/T_n^* & -R_n^*/T_n^* \\ -R_n/T_n & 1/T_n \end{pmatrix} = \prod_{l=n}^1 \begin{pmatrix} 1/t_l^* & -r_l^*/t_l^* \\ -r_l/t_l & 1/t_l \end{pmatrix} \quad (24)$$

Коэффициенты c_n , d_n ($n=1,2,\dots,N$) могут быть выражены через a_n , b_n согласно следующим формулам:

$$c_n = \Delta_{s,p}^n \begin{bmatrix} 1 & r_{0,n}^* \\ t_{0,n}^* & t_{0,n}^* \end{bmatrix} a_n - \begin{bmatrix} 1 & r_{0,n}^* \\ t_{0,n}^* & t_{0,n}^* \end{bmatrix} b_n, \quad (25)$$

$$d_n = \Delta_{s,p}^n \begin{bmatrix} r_{0,n} & 1 \\ t_{0,n} & t_{0,n} \end{bmatrix} a_n + \begin{bmatrix} r_{0,n} & 1 \\ t_{0,n} & t_{0,n} \end{bmatrix} b_n. \quad (26)$$

Из (25), (26) непосредственно следует, что коэффициенты c_n , d_n , так же как и a_n , b_n , выражаются через $R_{N,I,II}$ и T_n , R_n ($n = 1,2,\dots,N$). Таким образом, мы можем заключить, что коэффициенты решения (12) c_n , d_n ($n = 1,2,\dots,N$), a_n , b_n ($n = 1,2,\dots,N+1$), соответствующие областям пространства между полубесконечными средами ($0 < x < d$), выражаются через $R_{N,I,II}$, T_n , R_n , и поэтому вся задача сводится к двум задачам - задаче нахождения амплитуд прохождения $R_{N,I,II}$ и отражения $T_{N,I,II}$ для всей структуры (2) и задаче нахождения T_n , R_n , амплитуд рассеяния электрона для нерегулярной структуры с недостающими последними $N-n$ слоями.

Задача определения амплитуд рассеяния волны для нерегулярной структуры, заданной внутри конечного интервала и граничащей с обеих сторон с двумя различными полубесконечными средами, рассматривалась в работе [3], где было установлено, что

$$\frac{1}{T_{N,I,II}} = \frac{1}{t_{I,0}} \frac{1}{t_{0,II}} \frac{1}{T_N} + \frac{r_{0,II}}{t_{0,II}} \frac{r_{I,0}^*}{t_{I,0}^*} \frac{1}{T_N^*} + \frac{r_{I,0}^*}{t_{I,0}^*} \frac{1}{t_{0,II}} \frac{R_N}{T_N} + \frac{r_{0,II}}{t_{0,II}} \frac{1}{t_{I,0}} \frac{R_N^*}{T_N^*}, \quad (27)$$

$$\frac{R_{N,I,II}}{T_{N,I,II}} = \frac{1}{t_{I,0}^*} \frac{1}{t_{0,II}} \frac{R_N}{T_N} + \frac{r_{0,II}}{t_{0,II}} \frac{r_{I,0}}{t_{I,0}} \frac{R_N^*}{T_N^*} + \frac{r_{I,0}}{t_{I,0}} \frac{1}{t_{0,II}} \frac{1}{T_N} + \frac{r_{0,II}}{t_{0,II}} \frac{1}{t_{I,0}^*} \frac{1}{T_N^*}, \quad (28)$$

где T_N , R_N согласно (24) являются амплитудами рассеяния для всей решеточной структуры, когда во всех точках левее и правее от нее $\varepsilon_I = \varepsilon_{II} = \varepsilon_0$.

Как следует из (27), (28), задача нахождения амплитуд $R_{N,I,II}$ и $T_{N,I,II}$ сводится к определению величин T_n , R_n при $n = N$. Таким образом, мы показали, что задача определения волнового поля во всем пространстве для нерегулярной решеточной структуры (1), (2), в общем виде, сводится к задаче нахождения $2N$ величин T_n , R_n ($n = 1, 2, \dots, N$). Последняя задача рассматривалась в [4], где было в частности установлено, что рассматриваемые величины являются зависимыми друг от друга, так что, рассматривая n как дискретную переменную, для них могут быть записаны следующие рекуррентные уравнения:

$$\frac{1}{T_n} = \frac{r_n}{t_n} \frac{R_{n-1}^*}{T_{n-1}^*} + \frac{1}{t_n} \frac{1}{T_{n-1}}, \quad (29)$$

$$\frac{R_n^*}{T_n^*} = \frac{r_n^*}{t_n^*} \frac{1}{T_{n-1}} + \frac{1}{t_n^*} \frac{R_{n-1}^*}{T_{n-1}^*} \quad (30)$$

с начальными условиями $T_0 = 1$, $R_0 = 0$.

Заметим, что для величин $1/T_n$, R_n^*/T_n^* (29), (30) представляют собой систему для двух линейных разностных уравнений, коэффициенты которых содержат только параметры рассеяния одного слоя. Таким образом, мы показали, что задача нахождения коэффициентов волнового поля (или же поля во всем пространстве) сводится к задаче решения некоторой системы из двух линейных разностных уравнений первого порядка.

Ереванский государственный университет
Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. Борн М., Вольф Э. - Основы оптики. М. Наука. 1973.
2. Erdos P., Herndon R.C. - Adv. Phys. 1982. V. 31. P. 65.
3. Хачатрян А.Ж., Седракян Д.М., Истриян Н.М. - Астрофизика. 2001. Т. 44. С. 634.
4. Sedrakian D.M., Gevorgyan A.H., Khachatryan A.Zh. - Optics Communication. 2001. V.192. P.135.

Ակադեմիկոս Դ.Մ.Սեդրակյան, Ա.Ժ.Խաչատրյան, Ն.Ս.Բսպիրյան

**Անկանոն շերտավոր համակարգի վրա թեք ընկնող կամայական բևեռացված
հարթ էլեկտրամագնիսական ալիքի դաշտը**

Աշխատանքում ցույց է տրված, որ անկանոն շերտավոր համակարգի վրա թեք ընկնող կամայական բևեռացված հարթ էլեկտրամագնիսական ալիքի դաշտի որոշման խնդիրը ընդհանուր տեսքով կարելի է բերել երկու գծային վերջավոր տարբերակային հավասարումների լուծմանը:

УДК 615.47

А.А.Аракелян, А.Г. Кардашян

Сплайн обработка двумерных медико-биологических сигналов

(Представлено академиком А.А.Терзяном 26/VIII 2002)

В работах [1-5] предложены методы спектрального анализа сигналов, основанные на применении итеративных сплайнов. В [3-5] рассматриваются численные методы спектрального анализа одномерных сигналов. Однако известно, что анализ электроретинограммы (ЭРГ) или реогепаатограммы (РГГ) [6] необходимо осуществлять одновременно с использованием электрокардиограммы (ЭКГ). Следовательно, результаты [1-2] невозможно применять для реализации спектрального анализа ЭРГ и РГГ. Необходимость создания методов спектрального анализа двумерных сигналов определяет задачу, решению которой посвящена данная работа.

Изучены методы численного решения задач спектрального анализа, а также их алгоритмическая и программная реализация. Техническая реализация осуществлена на базе сигнального процессора DSP56F803 фирмы Motorola [7].

Определения и обозначения. Пусть в прямоугольной области $\Omega = [a,b] \times [c,d]$ [8] введена сетка $\Delta = \Delta_x \times \Delta_y$, где

$$\begin{aligned} \Delta_x : a = x_0 < x_1 < \dots < x_N = b, \\ \Delta_y : c = y_0 < y_1 < \dots < y_M = d, \end{aligned} \tag{1}$$

делящая область на прямоугольные ячейки, и известны значения функции $f_{i,j} = f(x_i, y_j)$. Через $C^{k,l}[\Omega]$ обозначим множество непрерывных на Ω функций $f(x,y)$, имеющих непрерывные частные производные порядка не выше k по x и l по y .

Для каждой элементарной ячейки $\Omega_{i,j} = [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}]$ определим функцию $S_{i,j}(x,y)$ двумерного кубического сплайна

$$S_{i,j}(x,y) = \sum_{\alpha=0}^3 \sum_{\beta=0}^3 c_{\alpha\beta}^{i,j} (x - x_i)^\alpha (y - y_j)^\beta. \tag{2}$$

Далее для той же ячейки $\Omega_{i,j} = [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}]$ определим сплайн преобразование Фурье

$$H_{i,j}(\omega_1, \omega_2) = \int_{x_i}^{x_{i+1}} \int_{y_j}^{y_{j+1}} S_{i,j}(x,y) e^{-j\omega_1 x} e^{-j\omega_2 y}, \tag{3}$$

позволяющее вычислить значения $H_{i,j}(\omega_1, \omega_2)$, $i = 0, 1, \dots, N$; $j = 0, 1, \dots, M$. Отсюда преобразование Фурье во всей области $\Omega = [a,b] \times [c,d]$ будет иметь вид

$$H(\omega_1 \omega_2) = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M H_{i,j}(\omega_1 \omega_2). \quad (4)$$

Оценка точности аппроксимации. Положим

$$E = B_0[\omega_1(f(x,y), \Delta_n) + \omega_2(f(x,y), \Delta_m)],$$

где B_0 абсолютная величина, не зависящая от функции $f(x,y)$ и сетки $\Delta_{n,m}$,

$$\omega_1(f(x,y), \delta_n) = \sup_{c \leq y \leq d} \sup_{\substack{a \leq x, x+h \leq b \\ |h| < \delta_n}} |f(x+h, y) - f(x, y)|, \quad (5)$$

$$\omega_2(f(x,y), \delta_m) = \sup_{c \leq x \leq d} \sup_{\substack{a \leq y, y+h \leq b \\ |h| < \delta_m}} |f(x, y+h) - f(x, y)|.$$

Пусть $H_f(\omega)$, $H_s(\omega)$ - преобразования Фурье соответственно исходной и сплайн аппроксимации изучаемой функции.

Имеет место

Теорема. Если функция $f(x,y) \in C^{k,i}[\Omega]$ определена на сетке (1) и удовлетворяет периодическим краевым условиям (т.е является $(b-a)$ периодической по x и $(d-c)$ периодической по y), то

$$|H_f(\omega) - H_s(\omega)| \leq E(b-a)(d-c). \quad (6)$$

Доказательство. Так как $S_2(x,y)$ интерполирует функцию $f(x,y) \in C^{k,1}[\Omega]$ на сетке $\Delta_{n,m}$ и удовлетворяет краевым периодическим условиям, то

$$\|f(x,y) - S_3(x,y)\| \leq B_0[\omega_1(f(x,y), \Delta_n) + \omega_2(f(x,y), \Delta_m)], \quad (7)$$

где

$$\|\Delta_n\| = \max_{0 \leq i \leq n+1} |x_{i+1} - x_i|, \quad \|\Delta_m\| = \max_{0 \leq i \leq n+1} |y_{i+1} - y_i| \quad (8)$$

Из (6) следует, что правая часть неравенства (7) не зависит от функции $f(x,y)$ [8].

Так как $\|f(x,y) - S_3(x,y)\|_{C(\mathfrak{R})} = \max |f(x,y) - S_3(x,y)|$, то неравенство (7) можно записать как $|f(x,y) - S_3(x,y)| \leq E$.

$$a \leq x \leq b$$

$$c \leq y \leq d$$

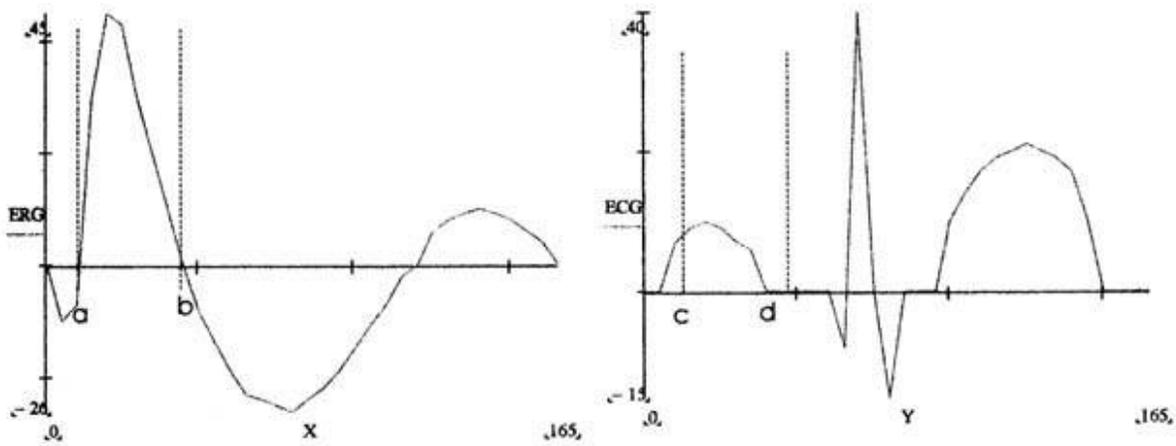
Следовательно,

$$\int_a^b \int_c^d |f(x,y) - S_3(x,y)| e^{-j\omega_1 x} e^{-j\omega_2 y} dx dy \leq \int_a^b \int_c^d |E e^{-j\omega_1 x} e^{-j\omega_2 y}| dx dy,$$

$$\left| \int_a^b \int_c^d f(x,y) e^{-j\omega_1 x} e^{-j\omega_2 y} dx dy - \int_a^b \int_c^d S_3(x,y) e^{-j\omega_1 x} e^{-j\omega_2 y} dx dy \right| \leq E(b-a)(d-c).$$

Отсюда $|H_f(\omega) - H_S(\omega)| \leq E(b-a)(d-c)$, что и требовалось доказать.

Численный пример. В качестве примера рассмотрим функцию $F(x,y)$ (рис.2), полученную линейной комбинацией ЭРГ и ЭКГ, приведенных на рис.1.



а) электроретинограмма

б) электрокардиограмма

Рис.1

На рис. 3 приведено сплайн преобразование Фурье (4) во всей области $[a,b] \times [c,d]$.

Для сравнения на рис.4 приведено преобразование Фурье функции, аппроксимированной при помощи интерполяционных формул Лагранжа, вычисленное с помощью программного пакета MathCad Professional 2001.

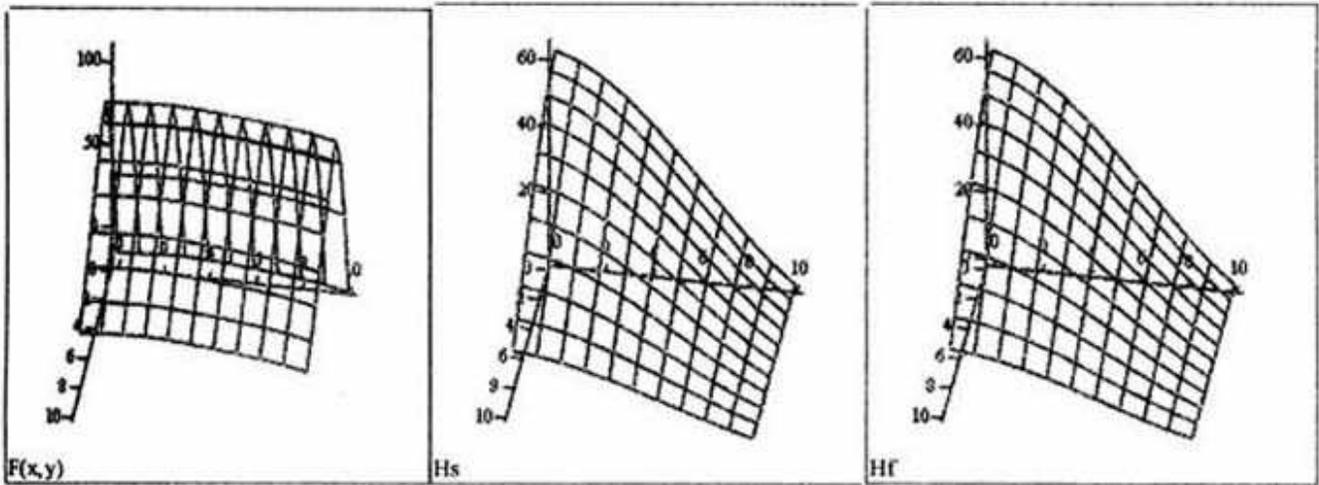


Рис.2

Рис.3

Рис.4

Результаты численных экспериментов, показывают, что погрешность численного метода не превышает 1-2%.

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. Ларсен Р.Д., Крофорд Е.Ф., Смит Р.У. - ТИИЭР. 1977. Т.65 N5. С.247-250.
2. Малинин Л.А. - Новости медицинской техники. 1980. вып 2. С. 25.
3. Arakelian A., Agaian S. - Cybernetics and system research. 1984. N2. North Holland.
4. Slonim M.A. - Proc. of the IEEE. 1979. V. 67. N6. P.953-954.
5. Usmani R.A., Winnipeg and Sakai M., Kagoshima, - Computing. 1996. V. 56. P.87-93.
6. Шамшинова А.М., Волков В.В. Функциональные методы исследования в офтальмологии. М. Медицина. 1998. 416с.
7. Personal ECG monitor using DSP56F803/5. Application Brief. <http://www.motorola.com/brdata/PDFDB/docs/BR1560.pdf>
8. Стечкин С.Б., Субботин Ю.Н. Слайны в вычислительной математике. М. Наука. 1976. 248с.

Ա.Հ. Առաքելյան, Ա.Գ. Կարդաշյան

Երկչափ կենսաբժշկական ազդանշանների սպլայն մշակում

Առաջարկված է մեթոդ բազմաչափ կենսաբժշկական ազդանշանների թվային մշակման համար, սպլայն ինտերպոլյացիայի միջոցով: Մշակված են ալգորիթմ և սարք, որոնք իրականացնում են տվյալ մեթոդը՝ երկչափ ազդանշանների համար: Մշակված է սպլայնի կիրառման դեպքում առաջացող սխալանքի գնահատման թեորեմ՝ ազդանշանների սպեկտրալ վերլուծության համար: Բերված է երկչափ ազդանշանի սպլայն մշակման օրինակ, որը ստացվում է էլեկտրասրտագրի և էլեկտրաբեռնագրի գծային համակցության միջոցով:

УДК 622.7 (088.8)

Б. М. Мамиконян, С. Г. Кюрегян, А. С. Шахкамян

Микропроцессорный измеритель плотности и уровня пульпы

(Представлено академиком А.А. Терзяном 3/IX 2002)

Технологический процесс флотационного обогащения руд требует непрерывного контроля плотности пульпы с целью ее стабилизации.

Наиболее целесообразным является пьезометрический способ, основанный на измерении разности давлений между двумя точками контролируемой пульпы с помощью колокольных датчиков, погруженных на различные глубины [1, 2] (рис. 1). Под воздействием гидростатического давления пульповоздушной смеси в подколокольных объемах воздуха образуются избыточные давления

$$P_1 = \rho g H; \quad P_2 = \rho g (H + H_K),$$

где ρ - плотность пульпы, кг/м^3 ; $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения; H - текущее значение уровня пульпы над первым колокольным датчиком, м; H_K - межколокольное фиксированное расстояние, м.

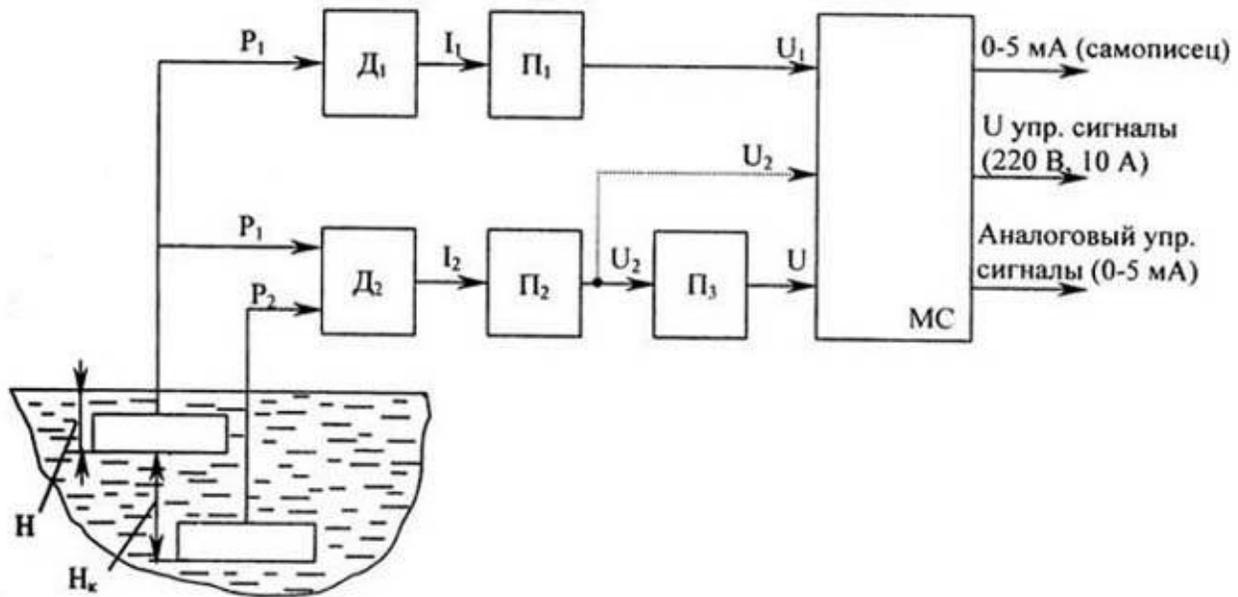


Рис. 1. Принципиальная схема измерителя

Измеряемая плотность пульпы связана с разностью давлений выражением

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g H_K.$$

Давления P_1 и ΔP преобразуются в аналоговые электрические сигналы с помощью датчиков D_1 и D_2 , в качестве которых выбраны серийно выпускаемые унифицированные полупроводниковые тензорезисторные преобразователи типа Сапфир-22М [3-5]. В технологической линии избыточное давление пульпы может достигать до 16 кПа, а разность давлений - до 3.6 кПа. Исходя из этого для измерения избыточного давления P_1 использован датчик давления типа Сапфир-22М-ДИ модели 2130, а для измерения разности давлений ΔP - дифманометр типа Сапфир-22М-ДД модели 2420. С помощью преобразователей Π_1 и Π_2 эти сигналы преобразуются в сигналы напряжения U_1 и U_2 , определяемые выражениями:

$$U_1 = K_1 \rho H, \quad U_2 = K_2 \rho, \quad (1)$$

где $K_1 = g \cdot K_{D1} \cdot R_{H1}$; $K_2 = g H_K \cdot K_{D2} \cdot R_{H2}$; K_{D1} , K_{D2} - коэффициенты преобразования датчиков D_1 и D_2 соответственно; R_{H1} , R_{H2} - нагрузочные сопротивления, подключаемые к выходам D_1 и D_2 для преобразования токового сигнала в напряжение.

Таким образом, по измеренным значениям напряжений U_1 и U_2 можно вычислить значения плотности и уровня (относительно фиксированного уровня H_K) пульпы по следующим выражениям:

$$\rho = U_2 / K_2, \quad (2)$$

$$H = U_1 K_2 / U_2 K_1. \quad (3)$$

Плотность пульпы в процессе флотации изменяется в небольших пределах, от нижнего $\rho_H = 1100 \text{ кг/м}^3$ до верхнего $\rho_B = 1600 \text{ кг/м}^3$. Поэтому для «расширения шкалы» измерения плотности «обнулим» нижний предел и будем измерять приращение плотности $\Delta \rho = \rho - \rho_H$:

$$U = K_2 K_3 \Delta \rho, \quad (4)$$

где ρ - текущее значение плотности пульпы; K_3 - коэффициент преобразования Π_3 .

Датчики Сапфир могут быть настроены на любой верхний предел измерения, не выходящий за крайние значения, предусмотренные для данной модели. С другой стороны, в технологическом процессе требуемая минимальная плотность пульпы может иметь различные значения: 1100, 1200 и 1300 кг/м^3 . Поэтому целесообразно перенастройку выходной характеристики дифференциального датчика D_2 производить схемным путем с помощью преобразователя Π_3 (рис. 1), первоначально настроив D_2 на необходимое верхнее значение $\Delta P_m = \Delta P_B$, которому будет соответствовать значение выходного тока $I_{2m} = I_{2B} = 5 \text{ мА}$.

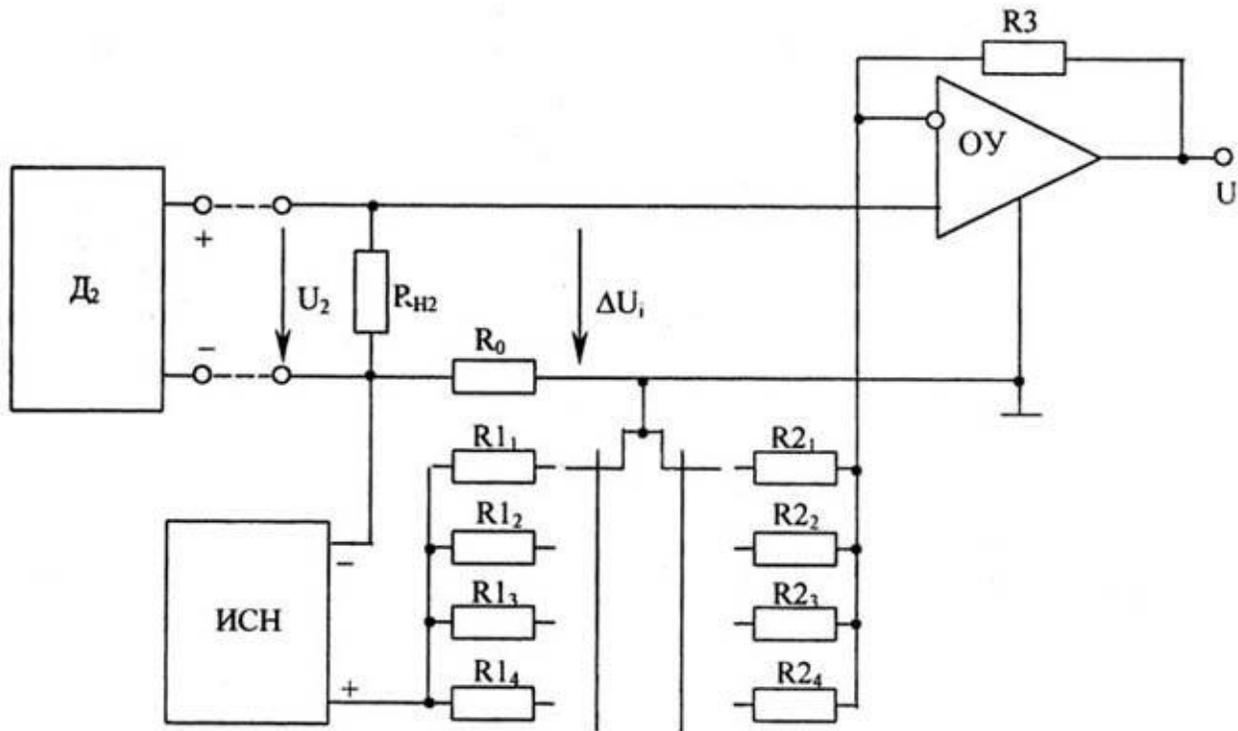


Рис. 2. Схема дополнительного преобразователя

Разработанная схема преобразователя Π_3 (рис. 2) состоит из двух узлов: узла подавления начального сигнала, соответствующего значению ρ_H и нормирующего усилителя с настраиваемым коэффициентом усиления. Узел подавления представляет собой делитель напряжения (ДН) (сопротивление R_0 с несколькими плечами сопротивлений $R1_i$), питаемый от источника стабилизированного напряжения (ИСН). Выходной токовый сигнал I_2 датчика D_2 преобразуется в сигнал напряжения U_2 путем пропускания выходного тока через высокоточный резистор R_{H2} . Выбирая $R_{H2} = 2 \text{ кОм}$, получим $U_{2B} = I_{2B} \cdot R_{H2} = 10 \text{ В}$, что соответствует установленному верхнему значению ΔP_B (или ρ_B). Различным требуемым начальным значениям ρ_{Hi} будут соответствовать падения напряжения на резисторе R_0 , равные

$$U_{0i} = U_{2B} \rho_{Hi} / \rho_B = U_u R_0 / (R_0 + R1_i). \quad (5)$$

Так как напряжение U_{0i} может доходить до 8В, целесообразно выбрать сопротивление $R_0 = 10 \text{ кОм}$ и питать схему от параметрического стабилизатора. Сопротивления плеч делителя напряжения рассчитываются по формуле $R1_i = (U_2 / U_{0i} - 1) R_0$, где U_u - напряжение ИСН.

В схеме (рис. 2) разностный сигнал $\Delta U_i = U_2 - U_{0i}$ поступает на вход неинвертирующего усилителя. Поскольку значению максимальной плотности пульпы должен соответствовать максимальный сигнал $U_B = U_{2B} = 10 \text{ В}$ на выходе усилителя, то для нормирования выходного сигнала усилителя сигнал ΔU_i необходимо усиливать с различными коэффициентами усиления K_i

в зависимости от значений ρ_{Hi} . Значения этих коэффициентов должны удовлетворять условию $U_B = K_{3i}(U_{2B} - U_{0i})$, следовательно, с учетом (5), получим

$$K_{3i} = U_{2B}/(U_{2B} - U_{0i}) = \rho_B/(\rho_B - \rho_{Hi}).$$

Усилитель разностного сигнала построен на прецизионном ОУ типа К140УД27А. Сопротивления резисторов обратной связи вычисляются по известной формуле

$$R_{2i} = R_3/(K_i - 1).$$

Коэффициенты K_1, K_2 в выражениях (1) и $K_i = K_2 K_{3i}$ в выражении (4) можно вычислить также исходя из предельного значения напряжения $U = U_B = 10$ В при $\rho = \rho_B$:

$$K_1 = 10/\rho_B H_m; K_2 = 10/\rho_B; K_i = 10/(\rho_B - \rho_{Hi}),$$

где H_m - максимальный уровень пульпы над первым колокольным датчиком.

Сигналы U_1, U_2 и U поступают на вход АЦП микропроцессорной системы (МС) для преобразования в кодовые эквиваленты, обработки информации, формирования, усиления и выдачи управляющих сигналов. С помощью полученных формул (2) - (4) МС производит (по установленной программе) расчет уровня и плотности пульпы с частотой 1 Гц. МС построена на базе микропроцессорного набора КР580 и представляет собой программируемый узел с ПЗУ и ОЗУ с объемами памяти 8 и 2 Кб соответственно. МС выдает также токовый сигнал, пропорциональный разности давлений, для управления исполнительными механизмами системы регулирования плотности пульпы.

Оценим погрешности измерения уровня и плотности пульпы.

Номинальную функцию преобразования значения плотности пульпы получим из (2):

$$\rho = U_2/gH_K K_{D2} R_{H2} \quad (6)$$

Источниками инструментальной погрешности при определении значения плотности пульпы по (6) являются погрешности измерения напряжения U_2 , установки уровня H_K , погрешности дифференциального датчика давления D_2 и сопротивления R_{H2} :

$$\delta(\rho) = \delta(U_2) - \delta(H_K) - \delta(D_2) - \delta(R_{H2}) + \delta(N),$$

где $\delta(\bullet)$ - относительные значения перечисленных погрешностей, $\delta(N)$ - относительное значение погрешности вычисления и округления результата.

Распространяя относительные погрешности $\delta(i)$ на множество реализаций и учитывая статистическую независимость составляющих погрешностей, определим математическое ожидание (МО) и среднеквадратическое отклонение (СКО) относительных погрешностей:

$$m(\rho) = m(U_2) - m(H_K) - m(D_2) - m(R_{H2}) + m(N),$$

$$\sigma(\rho) = \sqrt{\sigma^2(U_2) + \sigma^2(H_K) + \sigma^2(D_2) + \sigma^2(R_{H2}) + \sigma^2(N)},$$

где $m(i)$, $\sigma(i)$ - МО и СКО относительных погрешностей соответственно.

Оценка погрешности измерения результата зависит от способа нормирования метрологических характеристик применяемых средств измерений (СИ).

Если удастся исключить систематическую составляющую погрешности результата, например, калибровкой прибора, то инструментальную погрешность измерения плотности пульпы можно оценить в виде предела допускаемой относительной погрешности (ГОСТ 8.009-84):

$$\delta\rho_\rho = \pm k_\rho \sigma(\rho), \quad (7)$$

где k_ρ - доверительный коэффициент композиции СКО $\sigma(\rho)$, зависящий от закона распределения композиции и значения доверительной вероятности.

Чаще всего метрологические характеристики промышленных СИ нормируют традиционно в виде пределов относительных или абсолютных погрешностей. Если есть основания полагать, что допускаемая погрешность разных экземпляров СИ данного типа может принимать любое значение в пределах допуска с равной вероятностью, то допускаемую погрешность измерения плотности пульпы описанным способом (с учетом равномерного закона распределения пределов допускаемых погрешностей, $k_{СИ} = 1,73$) можно оценить с доверительной вероятностью 0.95 согласно (7) по следующему выражению:

$$\delta\rho_\rho = \pm 1,13 \sqrt{\delta U_\rho^2 + \delta H_{K\rho}^2 + \delta D_{2\rho}^2 + \delta R_\rho^2 + \delta N_\rho^2}, \quad (8)$$

где δU_ρ , $\delta H_{K\rho}$, $\delta D_{2\rho}$, δR_ρ , δN_ρ - пределы допускаемых относительных погрешностей СИ напряжения, уровня, давления, сопротивления и вычисления и округления результата; $k_\rho = 1.96/1.73 = 1.13$ в предположении, что композиция из множества составляющих с равномерным законом распределения ($k_{\rho 2} = 1.73$) имеет закон, близкий к нормальному ($k_{\rho 1} = 1.96$).

Номинальную функцию преобразования приращения плотности получим из (2) и (5): $\Delta\rho = (U_2 - U_{0i})/K_2 K_{3i}$. Поскольку при значениях плотности, близких к нижнему пределу, значение $\Delta\rho$ приближается к нулю, то вместо относительной введем приведенную погрешность измерения приращения плотности в виде $\Delta(\Delta\rho)/\rho_H$, где $\Delta(\Delta\rho)$ - абсолютная погрешность измерения приращения плотности. Композиция СКО приведенной погрешности измерения приращения плотности будет определяться в соответствии с номинальной функцией преобразования следующим образом:

$$\sigma(\Delta\rho) = \sqrt{[\sigma^2(K_2) + \sigma^2(K_{3i})]\Delta\rho^2/\rho_{Hi}^2 + [U_2^2\sigma^2(U_2) + U_{0i}^2\sigma^2(U_{0i})]/\rho_{Hi}^2 K_2^2 K_{3i}^2 + \sigma^2(N)},$$

где $\sigma^2(U_{0i}) = \sigma^2(U_{II}) + [\sigma^2(R_0) + \sigma^2(R_{1i})]R_{1i}^2/(R_0 + R_{1i})^2$; $\sigma(K_2)$, $\sigma(K_{3i})$, $\sigma(U_{II})$, $\sigma(R_0)$, $\sigma(R_{1i})$ - СКО относительных погрешностей соответственно преобразования плотности в напряжение, преобразователя Π_3 , ИСН, номиналов сопротивлений R_0 и R_{1i} . Переходя к пределам допускаемых погрешностей применяемых СИ, полагая одинаковыми погрешности измерений напряжений и классы номиналов сопротивлений, а также принимая во внимание (1), (5) и (8), определим оценку допускаемой относительной погрешности измерения приращения плотности аналогично (8):

$$\delta\Delta\rho = \pm 1,13 \cdot$$

$$\sqrt{\left[\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_{Hi}} \right)^2 (\delta N_K^2 + \delta D_2^2 + \delta K_3^2) + \frac{\rho^2 + \rho_{Hi}^2}{\rho_{Hi}^2 K_{3i}^2} \delta U^2 + \left[\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_{Hi}} \right)^2 + \frac{2R_{1i}^2}{(R_0 + R_{1i})^2 K_{3i}^2} \right] \delta R^2 + \delta N^2 \right]} \quad (9)$$

Оценка допускаемой относительной погрешности измерения уровня пульпы по формуле

$$H = \frac{K_{D2} U_1 R_{H2}}{K_{D1} U_2 R_{H1}} H_K$$

производится аналогичным образом. В результате получается

$$\delta H = \pm 1,13 \sqrt{2\delta U^2 + \delta N_K^2 + \delta D_1^2 + \delta D_2^2 + 2\delta R^2 + \delta N^2}. \quad (10)$$

Для расчета погрешностей (8) и (9) необходимо иметь значения входящих в них пределов допускаемых погрешностей. Напряжения U_1 и U_2 можно измерять с погрешностью $\delta U_\varrho = 0.1\%$. Предел допускаемой основной погрешности дифманометра класса точности 0.2 определяется по формуле [5] $\delta D_{2\varrho} = 0,2\Delta P_B/\Delta P$, откуда для верхнего предела $\Delta P_B = 4$ кПа и текущего значения разности давлений $\Delta P = 2.4$ кПа (для требуемых пределов $\rho_H = 1.2 \cdot 10^3$ кг/м³, $\rho_B = 1.6 \cdot 10^3$ кг/м³ при $H_K = 0.2$ м), получим: $\delta D_{2\varrho} = 0.34\%$. Измерение межколокольного расстояния можно произвести с абсолютной погрешностью не более ± 1 мм, поэтому при $H_K = 0.2$ м погрешность

$\delta N_{K\partial}$ составит не более 0.5%. Применяя в качестве R_H прецизионный резистор типа С2-29В, можно принять $\delta R_{\partial} \leq 0.1\%$. Примем $\delta N_{\partial} = 0.1\%$.

С учетом определенных пределов допускаемых относительных погрешностей СИ получим: $\delta \rho = 0.71\%$, $\delta \Delta \rho = 1.95\%$ (для наихудшего случая, когда $\rho = \rho_B$ и $\Delta \rho = \rho_B - \rho_{H1}$), $\delta H = 0.95\%$.

Погрешность измерения приращения плотности $\Delta \rho = U/gH_K K_3 K_{D2} R_{H2}$ в отличие от погрешности (8) дополнительно содержит погрешность $\delta \Pi_3 \approx 0.1\%$ преобразования Π_3 и составляет $\delta \Delta \rho_{\partial} = 0.72\%$.

Выше была рассмотрена основная погрешность, которая нормируется для нормальных условий эксплуатации. В реальных условиях эксплуатации в преобразователях дифференциального давления типа Сапфир 22М-ДД возникают дополнительные погрешности главным образом от изменения температуры окружающей среды и избыточного давления.

Дополнительная температурная погрешность преобразователя модели 2420 класса точности 0.2, выраженная в процентах от верхнего предела измерения, на каждые 10°C изменения температуры окружающей среды не превышает значения [5] $\gamma(t) = 0.7 \cdot 0.2 + 0.3 \cdot 0.2 P_B/P_{BH}$, где $P_B = 4$ кПа - максимальный верхний предел измерений данной модели; P_{BH} - настраиваемый верхний предел измерений, который в рассматриваемом случае составляет от 2.3 до 3.1 кПа (в зависимости от ρ_B).

Подставляя значение $P_{BH} = 2.3$ кПа (наихудший случай), получим $\gamma(t) = 0.24\%/10^{\circ}\text{C}$.

Дополнительная погрешность преобразователя, вызванная изменением избыточного давления в пределах $\pm P_{ИВ}$ (где $P_{ИВ} = 4$ МПа - предельно допустимое избыточное давление для модели 2420), не должна превышать [5] $\gamma(p) = \pm 0.2 P_B/P_{НВ} \approx \pm 0.35\%$.

Тогда предел допускаемой относительной погрешности измерения плотности пульпы в рабочих условиях можно вычислить по формуле

$$\delta \rho_{\partial} = \pm 1.13 \sqrt{\delta U_{\partial}^2 + \delta N_{K\partial}^2 + \delta D_{2\partial}^2 + \delta R_{\partial}^2 + \gamma^2(t) + \gamma^2(p) + \delta N_{\partial}^2} = 0.86\%.$$

Аналогично получаем для $\delta \Delta \rho = 2.00\%$.

Для исключения систематической составляющей погрешности при измерении плотности способом (2) можно провести калибровку системы измерения. Для этого необходимо создать пульпу с различными, но близкими к среднему значениями плотности и измерять соответствующие этим значениям напряжения U_2 с высокой точностью ($\pm 0.1\%$) цифровым вольтметром. Для повышения точности измерения ρ целесообразно провести многократные измерения и в качестве действительного значения взять среднее арифметическое значение: $\rho_{cp} = M/nV$, где M - суммарная масса отобранной пульпы, кг; V - объем мерного сосуда, м^3 ; n - частота измерений.

Учитывая, что закон распределения композиции из двух составляющих с равномерным законом распределения является трапецеидальным, вычислим допускаемую относительную погрешность

измерения $\rho_{\text{ср}}$ с доверительной вероятностью 0.95 для $\delta M_{\partial} = 0.1\%$ и $\delta V_{\partial} = 0.2\%$ по выражению

$\delta \rho_{\text{ср},\partial} = 1.03 \sqrt{\delta M_{\partial}^2 + \delta V_{\partial}^2} = 0.23\%$. Это означает, что калибровку исследуемого измерительного устройства предлагаемым способом можно проводить с неисключенной случайной составляющей систематической погрешности, допускаемый предел которой равен 0.23%.

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. *Козин В. З., Троп А. Е., Комаров А. Я.* Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках. Учебник для вузов. М. Недра. 1980. 336 с.
2. Микропроцессорный локальный регулятор-датчик уровня пульпы МИЛОР - Д/УП2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации К003.000.000.ТО. АН СССР, Центр автоматизации процессов управления в народном хозяйстве. Капанское научно-производственное отделение. Капан. 1998. 40 с.
3. *Иордан Г. Г., Юровский А. Я.* - АКТА ИМЕКО. 1982. С.115-124.
4. Преобразователь измерительный Сапфир-22. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 08919030 ТО. М. ВНИИПМ. 1988. 114 с.
5. *Иордан Г. Г., Юровский А. Я., Смирновский А. Г., Сердюков В. И.* - Приборы и системы управления. 1990. N11. С. 27-30.

Բ.Մ. Մամիկոնյան, Ս.Գ. Կյուրեղյան, Ա.Ս. Շաղգամյան

Խյուսի խտության և մակարդակի միկրոպրոցեստրային չափիչ

Մշակված միկրոպրոցեստրային չափիչը նախատեսված է հանքանյութի հարստացման տեխնոլոգիական գործընթացում խյուսի խտությունը և մակարդակը անընդհատ հսկելու համար: Չափիչում օգտագործված է խտության չափման պիեզոմետրական եղանակը, որը հիմնված է հսկվող խյուսի տարբեր բարձրություններ ունեցող երկու կետերում ճնշումները չափելու և դրանց տարբերության միջոցով խտությունը որոշելու վրա. միաժամանակ որոշվում է նաև խյուսի մակարդակը: Չափվող ճնշումները կերպարվում են էլեկտրական ազդանշանի՝ տվիչ-դիֆմանոմետրի միջոցով:

Բերված է չափիչի տարրերի ընտրության և հաշվարկի մեթոդիկան, ներկայացված են չափաբանական բնութագրերի հետազոտության տեսությունը և արդյունքները:

УДК 547.963.3:616-0:577.7

А.Р. Джербашьян¹, Л.П. Симонян, С.А.Торосян, академик С.С. Оганесян**Апоптоз и деградация ДНК: теория отражения физиологического состояния организма в деградированности ДНК**

(Представлено 4/IV 2002)

Характерным признаком апоптоза, как известно, является межнуклеосомная фрагментация ДНК хроматина [1, 2]. Апоптоз необходим для поддержания гомеостаза организма. Гены, как индуцирующие, так и подавляющие апоптоз, интенсивно изучаются [3, 4]. В последнее время особое внимание уделяется апоптозу при старении [5].

В настоящей работе рассматривается апоптоз в лейкоцитах больных шизофренией, а также в мозге и тимоцитах крыс при старении. Обнаружен феномен непрерывной деградации ДНК хроматина в лейкоцитах больных шизофренией и в мозге и тимоцитах крыс при старении.

ДНК хроматина клеток тимоцитов фрагментируется по межнуклеосомным участкам; у старых животных апоптоз проявляется только при их *in vitro* инкубации. Предполагается, что степень сплошной деградированности ДНК хроматина отражает данное физиологическое состояние организма и предшествует процессу апоптоза.

В работе использовали 3-4-недельных (молодые) и 18-21-месячных (старые) крыс. Обработку и инкубацию тимоцитов проводили, как описано ранее [6]. Мозг (в основном из коры больших полушарий) гомогенизировали в 0.32 м сахарозе, 20 мм трис HCl pH 7.5, 3 мм MgCl₂, 100 мк м ZnSO₄, 0.2 мм EGTA, 1 мм PMSF (фенилметансульфонилфлуорид), в гомогенизаторе Даунс. Центрифугировали 890хг 10мин при 4°C. Из осадка неочищенных ядер выделяли ДНК, как описано ранее [6]. Фрагменты ДНК разделяли электрофоретически в 1.5%-ной агарозе в системе трис. борат pH 8.0 [7].

Человеческие лейкоциты получали обработкой крови в четырех объемах раствора 0.75%-ного хлористого аммония, 10 мм Na-ЭДТА. Инкубировали 20 мин при 37°C и центрифугировали со скоростью 2000 об/мин на центрифуге К-23 10 мин. Осадок лейкоцитов промывали еще 2 раза в растворе хлористого аммония, Na-ЭДТА с последующей инкубацией.

Орган-специфическая непрерывная деградация ДНК хроматина при старении. ДНК, выделенная из ядер мозга старых крыс, значительно более деградирована (рис. 1, ряды 2-5, каждая проба выделена из отдельного животного) по сравнению с ДНК, выделенной у молодых крыс 3-4-недельного возраста (рис.1, ряд 1).

¹ А.Р. Джербашьян, автор корреспонденций

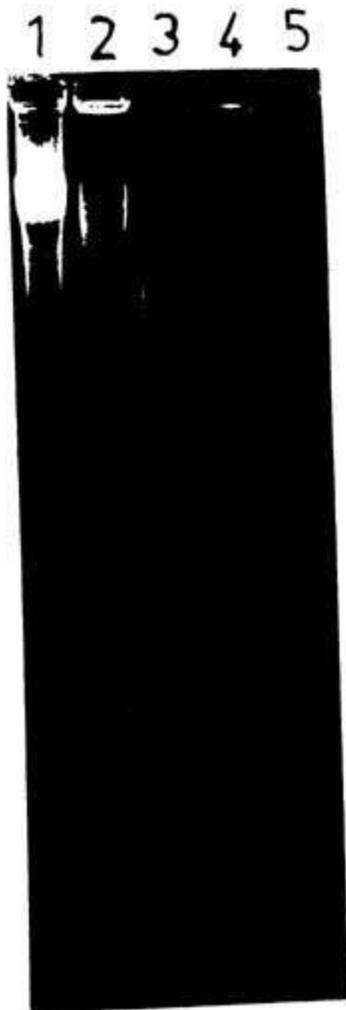


Рис. 1.

Рис. 1. Электрофорез ДНК в 1.5%-ной агарозе, выделенной из неочищенных ядер головного мозга молодых (1) и старых (2-5), крыс; каждая проба выделена из отдельного животного.



Рис. 2.

Рис. 2. Электрофорез ДНК в 1.5%-ной агарозе, выделенной из тимоцитов крыс: 1 - молодые животные, тимус без инкубации; 2, 3 - старые животные, тимус без инкубации; 4 - молодые животные, инкубация тимоцитов с 5 мкг/мл дексаметазон ацетатом; 5 - старые животные, инкубация тимоцитов без добавок.

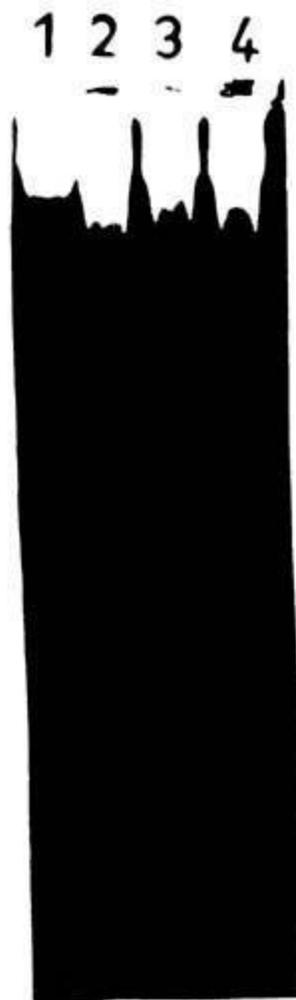


Рис. 3.

Рис. 3. Электрофорез ДНК в 1.5%-ной агарозе, выделенной из лейкоцитов донорской крови (1) и из лейкоцитов больных шизофренией (2-4); каждая проба выделена из лейкоцитов отдельного пациента.

ДНК, выделенная из тимоцитов старых крыс, более деградирована (рис. 2, ряды 2, 3), чем ДНК, выделенная из тимоцитов молодых животных (рис.2, ряд 1), в области молекулярных весов от 20 тыс. пар нуклеотидов (п.н.) до 0.2 тыс. п.н.

Эффект деградации ДНК при старении орган - специфичен, значительно сильнее

наблюдается в мозге, чем в тимоцитах (рис.1, 2).

Индукция апоптоза тимоцитов крыс при инкубации клеток *in vitro* в процессе старения. При инкубации клеток тимуса старых крыс в среде RPMI 1640 ДНК фрагментируется по межнуклеосомным участкам хроматина (рис.2, ряд 5). Инкубация клеток тимуса молодых крыс в среде RPMI 1640 вызывает очень слабый апоптоз, межнуклеосомную фрагментацию ДНК хроматина [6]. Апоптоз наблюдается при инкубации клеток с дексаметазонацетатом (рис. 2, ряд 4).

Непрерывная деградация ДНК хроматина лейкоцитов у больных шизофренией. В данном эксперименте выделяли ДНК из лейкоцитов донорской крови и крови больных шизофренией (12 человек), возраст которых не превышал 42 года. Больные принимали нейролептики и транквилизаторы. ДНК лейкоцитов больных шизофренией (рис.3, ряды 2-4, каждая проба выделена у отдельного пациента) отличается от ДНК из донорской крови заметной деградацией в области молекулярных весов от 20 до 0.2 тыс. п.н. Согласно литературным данным, содержание белков Bcl-2 уменьшается при шизофрении [8].

Наши исследования показали также, что ДНК лейкоцитов больных инфарктом деградирована сильнее, чем у больных шизофренией. Феномен деградации ДНК тканеспецифичен - при старении этот процесс в мозге выражен сильнее (рис.1), чем в тимусе (рис.2, ряды 2,3).

Интенсивность деградации ДНК выше в лейкоцитах при инфаркте миокарда, чем в лейкоцитах у больных шизофренией, т.е. деградация ДНК проявляется по-разному в разных патологиях и, следовательно, зависит от вида патологии.

Деградация ДНК проявляется *in vivo*, тогда как межнуклеосомная деградация ДНК, апоптоз, обнаруживается только при инкубации клеток *in vitro*.

Известно, что апоптоз при старении в разных органах и видах протекает по-разному [5]. Причем в индукцию апоптоза при старении могут вовлекаться разные гены. Так, в клетках миоцитов крыс при старении не меняется содержание белков P53, Вах и Bcl-2 [9], тогда как у Т-лимфоцитов человека при старении уменьшается содержание белков Bcl-2 [10].

Механизмы апоптоза при старении и болезни Паркинсона различны [11]. Апоптоз усиливается при нейродегенеративных болезнях Паркинсона и Альцгеймера [4].

Так как деградация ДНК орган-специфична и зависит от вида патологии, можно предположить, что феномен деградации ДНК и нуклеотидные последовательности деградированных фрагментов ДНК специфичны и отражают данное физиологическое состояние организма, предшествующее процессу апоптоза.

Изучение вышеуказанных деградированных фрагментов ДНК, определение и идентификация нуклеотидных последовательностей, регуляции экспрессии могут служить ключевым подходом в познании молекулярно-биологических процессов патологий (особенно неинфекционных заболеваний), а также старения мозга и психики на уровне ДНК. Предполагается, что эти фрагменты могут быть использованы в качестве зондов для диагностики, включая раннюю.

Используя феномен деградации ДНК, можно изучать молекулярно-биологические механизмы патологий, старения мозга и психики на уровне ДНК как причину данного состояния.

Психонейромолекулярно-биологические исследования могут также дать возможность

изучить связь между молекулярной биологией мозга и психикой человека на уровне ДНК.

Благодарности: данная работа была финансирована Д.А.Р. (Джербашьян А.Р.), Министерством образования и науки Республики Армения; гранты: 94-30, 00-253. Авторы благодарят С.Н. Симонян и Н.С. Аветисян за участие в некоторых экспериментах.

Институт тонкой органической химии НАН РА
Психиатрическая больница Нубарашена

Литература

1. *Захарян Р.А., Погосян Р.Г.* - ДАН Арм ССР. 1978. Т. 67. N2. С. 110-114.
2. *Willie A.N.* - Nature. 1980. V.284. P.555-556.
3. *Steller H.* - Science. 1995. V. 267. P.1456-1462.
4. *Коршунов О.А., Преображенская И.О.* - Неврологический журнал. 1998. N1. С. 40-46.
5. *Warner H.R.* - Curr.Top. Cell Regul. 1997. V. 35. P.107-121.
6. *Джербашьян А.Р., Захарян Р.А., Казарян П.А., Симонян С.Н., Карагезян К.Г.* - ДНАН Армении. 2000. Т. 100. N1. С. 60-63.
7. *Маниатис Т., Фрич Э., Сембрук Дж.* - Методы генетической инженерии. М. 1984. 477 с.
8. *Jarskog L.F., Gilmore J.H., Selinga E.S., Lieberman J.A.* - Biol. Psychiatry. 2002. V. 48. P.641-650.
9. *Nitahara J.A., Cheng W., Liu Y, Li B., Leri A., Li P., Mogul D., Gambert S.R., Kajstura J., Anversa P.* - J.Mol. Cell. Cardiol. 1998. V. 30. P. 519-535.
10. *Aggarwal S., Gupta S.* - J. Immunol. 1998. V. 160. P. 1627-1637.
11. *Anglade P., Vyas S., Hirsch E.C., Agid Y.* - Histol. Histopathol. 1997. V. 12. P. 603-610.

Ա.Ռ.Զրբաշյան, Լ.Փ.Միմոնյան, Ս.Ա.Թորոսյան, ակադեմիկոս Ս.Ս.Հովհանեսյան

Ապոպտոզը և ԴՆԹ դեգրադացիան. օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական վիճակի արտապատկերման տեսությունը ԴՆԹ դեգրադացիայով

Հայտնաբերվել է ԴՆԹ-ի դեգրադացիայի երևույթը շիզոֆրենիայով հիվանդների լեյկոցիտներում և առնետների գլխուղեղում ու թիմուսում ծերության ժամանակ:

Միջուկլեոսոմային ֆրագմենտացիան՝ ապոպտոզը, դիտարկվում է ծերության ժամանակ թիմոցիտներում, երբ բջիջները ինկուբացնում ենք *in vitro*:

ԴՆԹ դեգրադացիայի երևույթը օրգանսպեցիֆիկ է և արտահայտվում է տարբեր աստիճանով տարբեր պաթոլոգիաների ժամանակ:

Ենթադրվում է, որ ԴՆԹ դեգրադացիայի երևույթը և դեգրադացված ԴՆԹ ֆրագմենտների նուկլեոտիդային հաջորդականությունները սպեցիֆիկ ձևով արտապատկերում են օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական վիճակը:

Այս ԴՆԹ ֆրագմենտների նուկլեոտիդային հաջորդականությունների որոշումը, էքսպրեսիայի հետազոտությունները կարող են հանդիսանալ բանալի տվյալ պաթոլոգիայի, ծերության, ուղեղի, հոգեկանի մոլեկուլային կենսաբանական մեխանիզմների հետազոտությունների համար, ԴՆԹ մակարդակով, որպես պատճառ: Ենթադրվում է նաև, որ ԴՆԹ ֆրագմենտները կարելի է օգտագործել որպես զոնդ ախտորոշման և վաղ ախտորոշման նպատակներով՝ հիվանդությունների կանխարգելման համար:

УДК 616.631.11.547.96

А.Р.Варданян

**Влияние аллоксана на физико-химические свойства
металлопротеинов крови *in vitro***

(Представлено академиком А.А. Галояном 13/III 2002)

Аллоксан в соответствующих дозах вызывает гибель инсулинпродуцирующих β -клеток в островке поджелудочной железы *in vivo*, что связывается с продуцированием во внеклеточной среде и непосредственно в β -клетках супероксидных радикалов (O_2^-) [1, 2]. Это подтверждает и воздействие профилактически введенной Cu, Zn-супероксиддисмутазы (СОД) при аллоксаниндуцированном диабете [3, 4]. Согласно свободнорадикальной теории диабетогенеза в островке β -клеток поджелудочной железы аллоксан восстанавливается до диалуриновой кислоты, и после его автоокисления образуются O_2^- и перекись водорода (как продукт ферментативного дисмутирования O_2^-) [5]. Образующаяся H_2O_2 по реакциям Габера-Вейса ($Fe^{+3} + O_2^- \rightarrow Fe^{+2} + O_2$) и Фентона ($H_2O_2 + Fe^{+2} \rightarrow HO^\bullet + HO^- + Fe^{+3}$) является источником высокотоксичных для различных биосистем гидроксильных радикалов (HO^\bullet). В частности, HO^\bullet нарушает синтез инсулина [6], выброс инсулина [7], метаболизм глюкозы и потребление кислорода [8]. Целью работы является определение факторов непосредственного воздействия аллоксана на физико-химические свойства ключевых металлопротеинов - регуляторов метаболизма активных форм кислорода крови *in vitro*, что позволяет расширить наши знания о молекулярных механизмах воздействия аллоксана *in vivo*.

Металлопротеины крови антиоксидантного действия: Cu,Zn-СОД, каталаза - из растворимой фракции эритроцитов, церулоплазмин (ЦП) и трансферрин (ТФ) - из сыворотки крови и прооксидантного действия: цитохромы b_{558}^I и b_{558}^{II} , супероксидпродуцирующий липопротеин - супрол из сыворотки крови и цитохромы b_{558}^{III} и b_{558}^{IV} - из мембран эритроцитов выделяли и очищали методом М.А.Симоняна и сотр. [9] с определенными изменениями, в целях исключения использования детергента как солюбилизирующего агента эритроцитарных мембранных белков [10]. В частности, отдиализованные белковые фракции сыворотки, эритроцитарных мембран и плазматической части эритроцитов подвергали ионообменной хроматографии на отдельных колонках с целлюлозой DE-52 и KM-52 ("Whatman", Англия) и сефадексом DEAE A-50 ("Pharmacia", Швеция) с дальнейшим концентрированием на специальных фильтрах. В результате такой очистки получали электрофоретически гомогенные и лиофилизированные препараты указанных металлопротеинов. В опытах был использован препарат аллоксана фирмы "Sigma". Количество полученных металлопротеинов определяли по величине плотностей максимальных

оптических поглощений, характерных для цитохромов $b_{558}I-IV$ при 530 нм (α -полоса в окисленном состоянии гемопротеинов), супрола - 430 нм (слабое поглощение), ЦП - 610 нм, ТФ - 470 нм. Супероксиддисмутазную активность фракций и супероксидпродуцирующую активность супрола определяли методом нитротетразолиевого синего [11], рассчитав проценты ингибирования или прироста образования формазана (при 560 нм) при восстановлении нитротетразолиевого синего супероксидными радикалами в присутствии СОД или супрола соответственно.

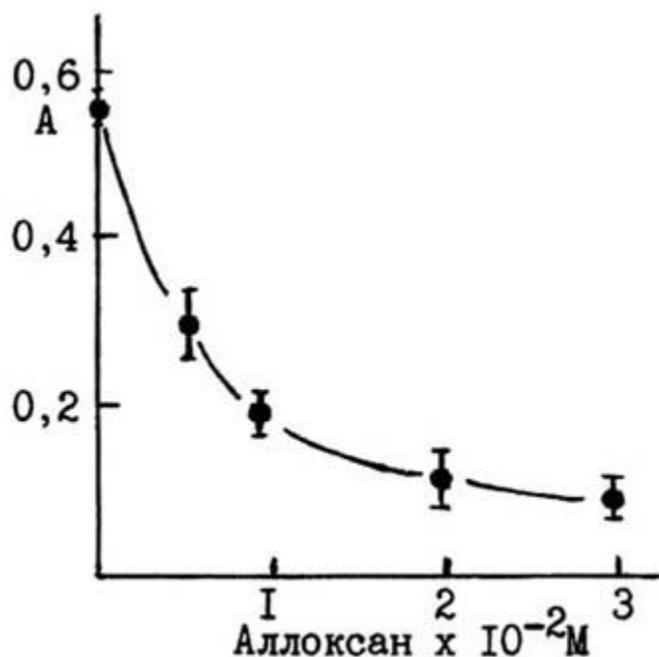


Рис.1. Интенсивность плотности максимального оптического поглощения формазана (560 нм) под воздействием аллоксана. Формазан образуется при восстановлении нитротетразолиевого синего супероксидными радикалами, генерированными супролом ($10^{-3} M$) в присутствии аллоксана (время инкубирования 60 мин при 20° , pH раствора 9.0).

Каталазную активность фракций устанавливали перманганатометрическим методом, рассчитав количество расщепленной H_2O_2 (M) определенным количеством фермента за 1 мин при 20° . Оптические спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре "Specord UV-VIS" (Германия) с длиной оптического пути 1 см. Опыт повторяли 4 раза для проверки воспроизводимости полученных результатов и для их статистической обработки методом Стьюдента - Фишера.

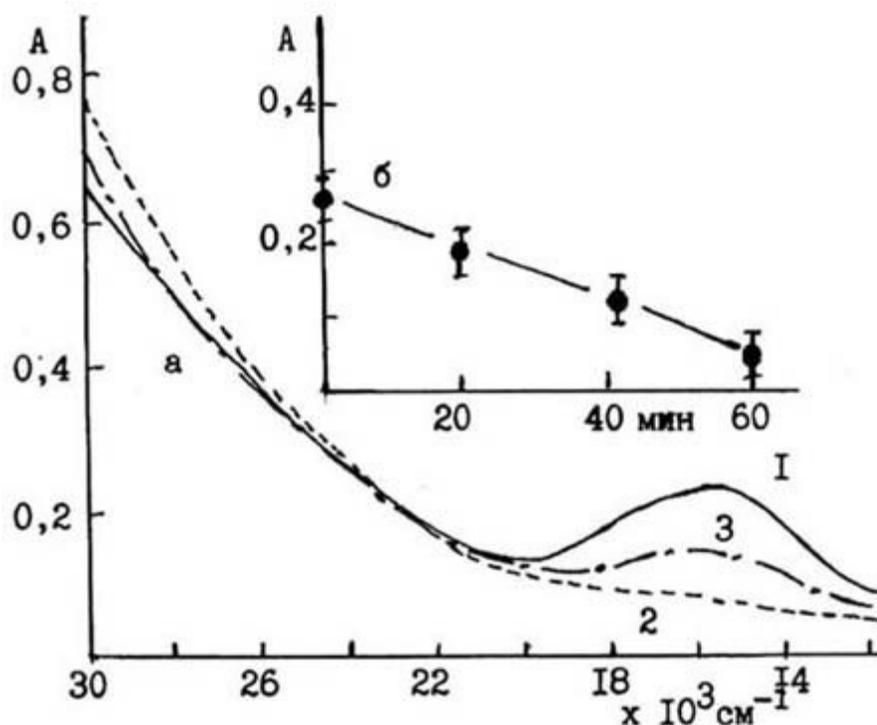


Рис.2. Воздействие аллоксана (2×10^{-2} М) на интенсивность плотности поглощения ЦП (при 610 нм) при 20° (рН раствора 7.4): а - оптические спектры ЦП в отсутствии аллоксана (1), после инкубирования в течение 2.5 ч (2). После аэрации или удаления аллоксана происходит реокисление меди в активном центре ЦП с соответственным повышением интенсивности плотности оптического поглощения при 610 нм (3); б - кинетическая кривая падения интенсивности поглощения ЦП (при 610 нм) под воздействием 2×10^{-2} М аллоксана (рН раствора 7.4).

Аллоксан повреждает инсулинпродуцирующие β -клетки *in vivo* в островке поджелудочной железы в концентрациях 50-70 мг/кг веса животного, что для одной половозрелой крысы (массой 100 г) составляет около 2×10^{-2} М [3]. Поэтому для опытов *in vitro* был использован аллоксан, концентрация которого в реакционной смеси составляла 2×10^{-2} М. Во избежание изменения рН раствора в присутствии аллоксана (аллоксан имеет слабокислый характер) белки были растворены в 0,8М калий-фосфатном буфере (рН 7,4), буферная емкость которого практически не вызывала изменения рН раствора. Аллоксан (5×10^{-3} М) вызывал подавление на 50% супероксидпродуцирующей активности супрола, полученного из сыворотки плацентарной крови человека (рис.1). Полная инактивация этого супероксидпродуцирующего липопroteина нового типа происходила под воздействием 3×10^{-2} М аллоксана, после инкубирования аллоксана с супролом (10^{-3} М) в течение 60-70 мин при 20° . Такой дезактивирующий эффект аллоксана может быть связан с окислением NADPH группы супрола в аэробных условиях [12]. Видимо этот механизм реализуется и *in vivo* при

аллоксановом диабете, при котором наблюдается падение O_2^- -продуцирующей активности супрола с соответственным повышением его эндогенного уровня (это может быть связано с подавлением процесса расщепления супрола путем липидной пероксидации супероксидными радикалами). Под воздействием аллоксана (2×10^{-2} М) при 20° в течение часа происходит почти полное восстановление $Cu(II)$ до $Cu(I)$ в активном центре ЦП, что обуславливается прямолинейным падением интенсивности плотности характерного максимального оптического поглощения при 610 нм нативного ЦП (рис. 2 а, б). Это восстановление в $70 \pm 7,1\%$ ($P < 0,05$) имеет обратимый характер (после аэрации кислородом или удаления аллоксана $30,2 \pm 4,1\%$ ($P < 0,01$) ЦП остается в восстановленном состоянии и теряет свою нативность (рис.2, а, 3). В результате этого около 30% ЦП теряет свою ферроксидазную активность. Такой эффект наблюдается в опытах *in vivo* при аллоксановом диабете [13, 14].

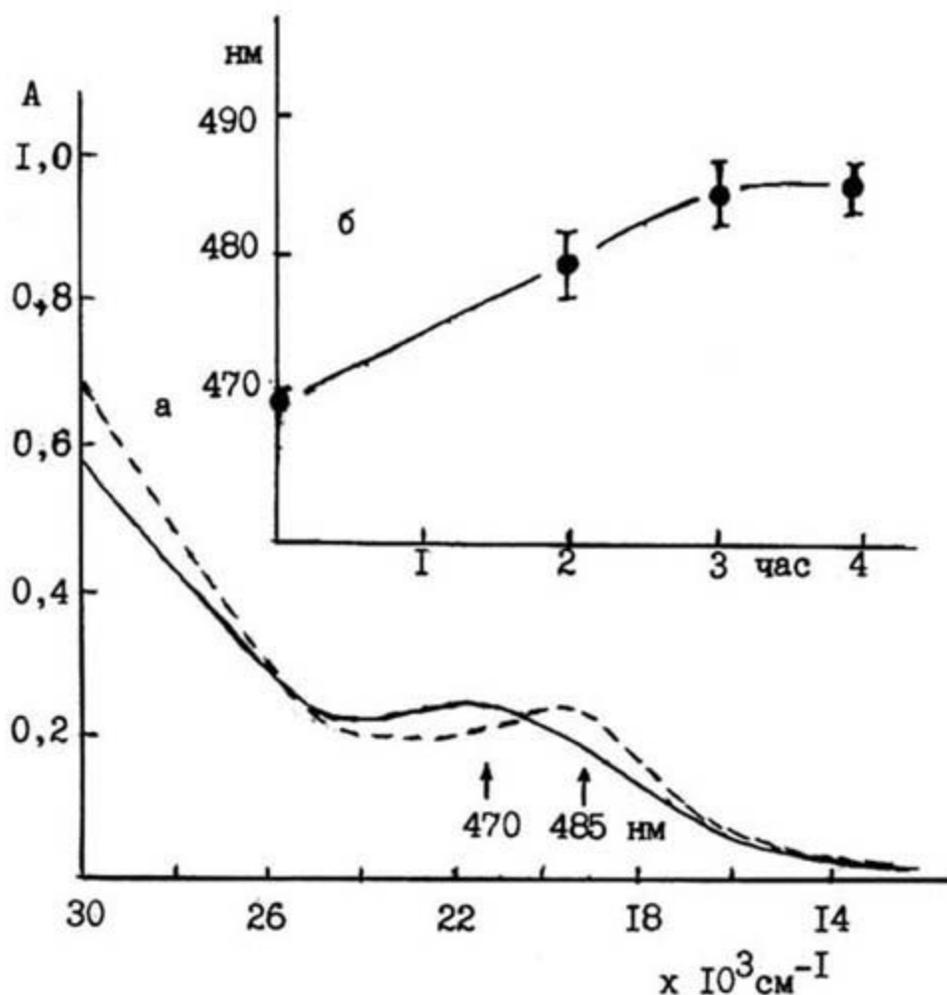


Рис. 3. Изменение максимума оптического поглощения ТФ под воздействием 2×10^{-2} М аллоксана, время инкубирования 3 ч при 20° и рН 7.4: а - оптический спектр поглощения нативного ТФ (1) и после воздействия аллоксана (2); б - кинетическая кривая изменения максимального поглощения под воздействием аллоксана в приведенных условиях.

Аллоксан приводит к смещению характерного максимального оптического поглощения ТФ от 470 нм к 485 нм (рис. 3), не изменяя плотности поглощения *in vitro* в течение 3 ч при 20°. Это явление носит необратимый характер и, видимо, действует на процесс связывания ионов Fe(II), наблюдаемый при аллоксановом диабете [15]. Аллоксан подавляет H₂O₂ расщепляющую активность каталазы на 20,2±3,3% (P < 0,05) в течение часа и практически не дезактивирует Cu,Zn-СОД при 20°, что свидетельствует о связи токсического влияния аллоксана с образованием и действием супероксидных радикалов. Аллоксан в приведенных условиях практически не вызывает каких-либо изменений форм и характерных максимумов поглощений оптических спектров как сывороточных (цитохромы b₅₅₈^I и b₅₅₈^{II}), так и мембранных эритроцитарных цитохромов b₅₅₈^{III} и b₅₅₈^{IV} [9]. Возможно эти гемопротеины новых типов приспособлены к воздействиям O₂⁻, более того, они являются, в основном, NADPH-зависимыми O₂⁻-продуцирующими системами.

Однако в экспериментах *in vivo* аллоксановый диабет в основном, обостряется в течение не 2-3 ч, а 7-10 суток. За это время защитно-адаптационные механизмы организма вырабатывают соответственный уровень супрола, ЦП, ТФ и каталазы, несколько увеличивая их. Это компенсирует понижение ферроксидазной активности ЦП, Fe-связывающей активности ТФ [13] и активности каталазы. Cu,Zn-СОД активность в крови при аллоксановом диабете снижается *in vivo* и не изменяется под воздействием аллоксана *in vitro*, что свидетельствует о повышенном расходовании СОД в процессе дисмутирования повышенных концентраций супероксидных радикалов. Напомним, что O₂⁻, наряду с H₂O₂ (последние являются продуктом ферментативного дисмутирования O₂⁻), способны инактивировать Cu,Zn-СОД [16]. Можно констатировать, что механизмы воздействия аллоксана *in vivo* и *in vitro* несколько совпадают и связаны не только с нарушением функции инсулининдуцирующих β-клеток островков поджелудочной железы *in vivo*, но и с непосредственным нарушением функций некоторых ключевых металлопротеинов (супрол, ЦП, ТФ, каталаза) в эксперименте.

Институт биохимии им. Г.Х. Бунятына НАН РА
Медицинский колледж им М.Гераци, Гюмри

Литература

1. *Grankvist K., Marklund S.* - FEBS Lett. 1979. V.105. P. 15-18.
2. *Fischer L.J.* - Diabetes. 1980. V. 29. P. 213-216.
3. *Grankvist K., Marklund S.* - Nature. 1981. V. 294. P. 158-160.
4. *Симонян М.А., Геворкян Д.М., Мхитарян В.Г.* - Бюлл. эксп. биол. мед. 1987. Т. СIII. С. 306-308.
5. *Heikkila R.E., Winston B., Cohen G., Barden H.* - Biochem. Pharmac. 1976. V. 25. P. 1085-1092.

6. *Gunnarsson R.* - Molec. Pharmac. 1975. V. 11. P. 759-765.
7. *Lacy P.E., Lernmark A., Sehlin J., Taljedal I.B.* - Biochem.J. 1977. V. 162. P. 9-18.
8. *Borg H., Eide S.J., Anderson A., Hellerstrom C.* - Biochem.J. 1979. V. 182. P. 797-802.
9. *Симонян М.А., Симонян Г.М., Мелконян Р.В.* - Пром. собств. (Офиц. бюлл. Армпатента). Ереван. 1997. С.34.
10. *Симонян М.А., Симонян Г.М., Григорян Г.Г., Симонян Р.М.* - Лицензия изобр. N 908. Армпатент. 2001. Ереван.
11. *Nishikimi M., Rao N.A., Jagik K.* - Biochem. Biophys. Res. Comm. 1972. V. 46. P. 849-856.
12. *Симонян М.А., Карапетян А.В., Бабаян М.А., Симонян Р.М.* - Биохимия. 1996. Т.61. С.932-937.
13. *Варданян А.Р., Геворкян Д.М., Агаджанов М.И., Симонян М.А.* - Мед. наука Армении. 1999. Т. 39. С.38-42.
14. *Мжельская Т.И.* - Бюлл. эксп. биол. мед. 2000. Т.130. С.124-133.
15. *Fujii H., Johanson M.K., Finnegan M.G. et.al.* - J. Biol. Chem. 1995. V. 270. P. 12685-12694.
16. *Fridovich I.* - Annu. Rev. Biochem. 1995. V. 64. P. 97-112.

Հ.Ռ.Վարդանյան

Ալոքսանի փոխազդեցությունը արյան մետաղապրոտեինների ֆիզիկաքիմիական հատկությունների վրա *in vitro*

Ալոքսանը հանգեցնում է արյան որոշ հակա- և պրոօքսիդանտային ազդեցության մետաղապրոտեինների դենատուրացմանը *in vitro*: Այդ արտահայտվում է տրանսֆերինին բնորոշ օպտիկական կլանման մաքսիմումի՝ 15 նմ դեպի երկարալիք տիրույթ շեղումով, ցերուլոպլազմինի ակտիվ խումբ *Cu(II)*-ի վերականգնումով, կատալազի և հատկապես սուպրուի ակտիվազրկմամբ: Նմանատիպ պայմաններում ալոքսանը չի ակտիվազրկում *Cu, Zn* - սուպերօքսիդիսմուտազին և չի հանգեցնում պրոօքսիդանտային ազդեցության և նոր տիպի հեմոպրոտեինների (ցիտոքրոմներ *b558 I – IV*) օպտիկական կլանման սպեկտրների ձևափոխման:

Այսպիսով ալոքսանի վնասակար ազդեցության մեխանիզմները կապված են ոչ միայն ենթաստամոքսային գեղձի՝ ինսուլին արտադրող β -բջջիների վնասման, այլև թթվածնի ակտիվ միացությունների նյութափոխանակությունը կարգավորող որոշ մետաղապրոտեինների դենատուրացման հետ:

УДК 547.96.616

Г.Р. Оксюзян

Повышение уровня антирадикальной защитной системы крови крыс с увеличением вводимых доз Hg(II)

(Представлено академиком А.А. Галояном 13/III 2002)

При интоксикации мышей солью $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, вводимой с пищей, в почках накапливается значительно больше ртути, чем в печеночной и мозговой тканях. При этом происходит дозозависимое повышение эндогенного уровня супероксиддисмутазы (СОД), каталазы и глутатион пероксидазы в почках и печени [1]. Ртуть вызывает резкое повышение содержания активных форм кислорода (АФК) в тканях млекопитающих с увеличением активности Mn-СОД в мозговой ткани в начальных стадиях интоксикации. В то же время содержание ртути в одном грамме мозговой ткани составляет всего 0.11 мкг [2]. Эти изменения вызывают повышение оксидативного повреждения клеток тканей животных, продуцирование перекиси водорода клетками почек и др. тканей [3-5]. Однако к настоящему времени не выявлены молекулярные механизмы оксидативного повреждения крови, связанные с характерными изменениями эндогенных уровней металлопротеинов антиоксидантного и прооксидантного действия при острой интоксикации ртутью (ОИР).

Целью работы является определение количественных изменений уровней указанных металлопротеинов - регуляторов метаболизма АФК при ОИР, вызванной различными дозами соли $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$.

ОИР у половозрелых крыс-самцов (массой 230-250 г) вызывали однократным введением животным водорастворимой соли ртути в двух концентрациях: 20 мкг/кг веса животного (опытная группа 1 - ОГ-1) и 40 мкг/кг веса животного (ОГ-2). Контрольным животным в аналогичном режиме вводили тот же объем (1 мл) физиологического раствора. В каждой группе было 12 подопытных животных. Через 24 ч животных декапитировали под легким эфирным наркозом и собирали кровь по отдельности в трех сосудах с 2%-ным раствором оксалата натрия для стабилизации крови.

Металлопротеины крови антиоксидантного (МАД) и прооксидантного (МПД) действия выделяли и очищали способом [6], исключая использование детергента, который заметно снижает стабильность эритроцитарных мембранных цитохромов b_{558} , затрудняет их очистку и выявление физико-химических свойств и функций этих новых мембранных гемопротеинов [7]. В ходе получения и очистки металлопротеинов белковые фракции мембран эритроцитов, сыворотки и растворимой части эритроцитов подвергали диализу против воды и после центрифугирования супернатанты обрабатывали ионообменной хроматографией на целлюлозах DE-52 и KM-52 (Whatman, Англия) и сефадексе DEAE A-50 (Pharmacia, Швеция), а также гель-фильтрацией на биогелях P-100 (Reanal, Венгрия) и G-100 (Pharmacia, Швеция).

Количество полученных металлопротеинов определяли по величине присущей каждому белку плотности характерных максимальных оптических поглощений: для цитохромов

b_{558}^I , b_{558}^{II} (из сыворотки крови), b_{558}^{III} , b_{558}^{IV} (из мембран эритроцитов) - 530 нм, супероксидпродуцирующего липопротеина - супрола (из сыворотки крови) - слабое поглощение при 430 нм, церулоплазмينا (ЦП) - 610 нм, трансферрина (ТФ) - 470 нм, цитохрома b_5 (из растворимой фракции эритроцитов) - 525 нм. Супероксиддисмутазную активность фракций и супероксидпродуцирующую активность супрола определяли нитротетразолиевым синим методом [8], рассчитав процент ингибирования или прироста образования формазана (при 560 нм) при восстановлении нитротетразолиевого синего супероксидными радикалами (O_2^-) в присутствии СОД или супрола соответственно. Каталазную активность определяли перманганатометрией, рассчитав количество расщепленной перекиси водорода (М) определенным количеством фракции за 1 мин при 20° . Удельную активность приведенных ферментов определяли в расчете на 1 мл эритроцитов или сыворотки.

Оптические спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре "Specord UV VIS" (Германия) с длиной оптического пути 1 см. В процессе получения и очистки металлопротеинов были использованы центрифуги К-24 и К-70 (Германия) и стеклянные колонки с фильтрами различных диаметров (2x30, 4x20, 2x70 см).

Опыт повторяли 4 раза для проверки воспроизводимости полученных результатов, а статистическую обработку данных осуществляли общеизвестным методом вариационной статистики Стьюдента - Фишера.

**Изменения (%) эндогенных уровней металлопротеинов крови при ОИР,
вызванной $Hg(NO_3)_2$, по сравнению с контрольными показателями
(принимаются за 100%), $P < 0.05$, $n = 4$**

Металлопротеины	ОГ-1	ОГ-2
Цитохром b_5	+132.3 ± 8.1	+234.5 ± 14.7
Сумма цитохромов b_{558}^{III} и b_{558}^{IV}	+32.2 ± 4.3	+176.8 ± 9.5
Сумма цитохромов b_{558}^I и b_{558}^{II}	-24.7 ± 3.1	-11.5 ± 2.2
Супрол	+80.5 ± 6.4	+120.7 ± 9.1 ($P < 0.01$)
O_2^- -продуцирующая активность супрола	+7.5 ± 2.0	-32.8 ± 3.9
ЦП	-57.2 ± 4.9 ($P < 0.02$)	-28.6 ± 2.8
ТФ	-26.3 ± 1.7	-12.4 ± 1.5
СОД	+17.5 ± 2.4	+31.0 ± 5.2
Каталаза	+131.7 ± 7.5 ($P < 0.005$)	+244.3 ± 15.1 ($P < 0.02$)

Через 24 ч после ОИР уже наблюдалась гибель животных в ОГ-1 и ОГ-2 (по 3 животных). Это свидетельствует о том, что вводимые дозы ртути вызывали острую интоксикацию, с характерными отклонениями от нормы эндогенных уровней МПД и МАД в крови животных. В ОГ-1 ощутимо повышались уровни цитохрома b_5 , супрола и суммарной фракции эритроцитарных мембранных цитохромов b_{558}^{III} и b_{558}^{IV} . Одновременно понижался уровень суммарной фракции сывороточных цитохромов b_{558}^I и b_{558}^{II} (таблица). Приведенные МПД продуцируют АФК различным путем и в основном являются NADPH-зависимыми O_2^- -продуцирующими системами, локализованными, в частности, в мембранах фагоцитирующих лейкоцитов и лимфоцитов [9]. Уровни МПД и МАД при ОИР изменяются неадекватно. В ОГ-1 понижение уровней ЦП и ТФ компенсируется повышением уровней каталазы и СОД. При этом O_2^- -продуцирующая активность супрола повышается незначительно. В ОГ-2 направленность изменений уровней МПД и МАД в основном сохраняется: уровни МПД продолжают повышаться, за исключением сывороточных цитохромов b_{558}^I и b_{558}^{II} . В ОГ-2 ощутимо повышается уровень МАД (особенно активность каталазы), с соответственным повышением уровня МПД. Такое резкое повышение уровня каталазы в эритроцитах скорее всего связано с увеличением продуцирования перекиси водорода как продукта ферментативного дисмутирования супероксидных радикалов [10]. При ртутном отравлении аналогичная картина наблюдается и в других тканях [4]. Этот процесс особенно усиливается в ОГ-2, при этом отношение расчетного суммарного уровня МПД и МАД в ОГ-2 ниже, чем в ОГ-1, и составляет 3.38 и 2.22 соответственно. Понижение O_2^- -продуцирующей активности супрола в ОГ-2 свидетельствует о том, что супрол подвергался повышенной липидной перекисидации супероксидными радикалами, продуцируемыми им же самим [11]. С другой стороны, повышение уровня O_2^- и перекисей приводит к дезактивированию СОД и каталазы [12,13] с повышением их расходования при ОИР. Приведенные результаты свидетельствуют о том, что повышение уровня МАД в организме является его реакцией на рост уровня АФК при увеличении доз ртути. Видимо, это происходит не в каждом организме, следствием чего является летальный исход (25%).

Таким образом, при ОИР имеют место характерные нарушения физиологического баланса между эндогенными уровнями МПД и МАД с соответственным увеличением уровня антирадикальных защитных систем в ответ на увеличение доз вводимой ртути.

Институт биохимии им. Г.Х. Бунятына НАН РА

Государственный педагогический институт им М.Налбандяна, Гюмри

Литература

1. *Hussain S.A., Atkinson A., Thompson S.J., Khon A.T.* - J. Environ. Sci. Health Biol. 1999. V. 34. P. 645-660.
2. *Kumajai Y., Mizukado S., Nagafune J., Shiniashiki M., Homma-Takeda S., Shimojo N.* - Brain Res. 1997. V. 769. P. 178-182.
3. *Niwa Y.* - Rinsho Byori. 1999. V. 47. P. 189-209.
4. *Nath K.A., Croatt A.J., Likely S., Behrens T.W., Warden D.* - Kidney Int. 1996. V. 50. P. 1032-1043.
5. *Perrin-Nadif R., Dusch M., Koch C., Schmitt P., Mur J.M.* - J. Toxicol. Environ. Health. 1996. V. 48. P. 107-119.
6. *Симонян М.А., Симонян Г.М., Мелконян Р.В.* - Способ получения металлопротеинов. Лицензия изобр. Армпатента. N341. Армения. 1997.
7. *Симонян М.А., Симонян Г.М., Григорян Г.Г., Симонян Р.М.* - Способ получения цитохромов b из мембран эритроцитов. Лицензия изобр. Армпатента. N908. Армения. 2001.
8. *Симонян Г.М., Бабаян М.А., Симонян Р.М.* - Биол. журн. Армении. 1999. Т.1. С.18-21.
9. *Batot G., Paclat M.H., Doussier J., Vergnaud S., Martel C., Vignais P.V., Morel F.* - Biochem. Biophys. Acta. 1998. V.1406. P. 188-202.
10. *Fridovich I.* - Annu. Rev. Biochem. 1995. V. 64. P. 97-112.
11. *Girotti A.W., Thomas J.P.* - Biochem. Biophys. Res. Commun. 1984. V.188. P. 474-481.
12. *Lardinois O.M.* - Free Rad. Res. 1995. V. 22. P. 251-257.
13. *Hodgson E.K., Fridovich I.* - Biochemistry. 1975. V.14. P. 5294-5298.

Գ.Ռ. Օքսուզյան

Առնետների արյան հակառադիկալային պաշտպանիչ համակարգի մակարդակի քարձրացում ներարկված $Hg(II)$ -ի քանակի աճին զուգընթաց

Առնետների 20 և 40 մգ/կգ $Hg(NO_3)_2$ ներարկումով սնդիկի իոններով հարուցված սուր թունավորման հետևանքով արյան պրոօքսիդանտային և հակաօքսիդանտային գործողության մետաղապրոտեինների գումարային մակարդակների հաշվարկային հարաբերությունը համապատասխանաբար հավասար է 3.38 և 2.22: Կարելի է հաստատագրել, որ սնդիկի քանակի աճմանը զուգընթաց օրգանիզմը համապատասխանորեն ավելացնում է հակառադիկալային պաշտպանիչ համակարգի մակարդակը սուր սնդիկային թունավորման ժամանակ (էքսպերիմենտում):

Z. A. Karalyan

Nuclear and nucleolar indices in NIH 3T3 cell line in normal conditions and under the action of encephalomyocarditis virus

(Submitted by academician K.G. Karageuzyan 23/IV 2002)

The size and number of the nucleoli are important parameters of a differentiation level and functional condition of a cell. In normal cells nucleolar activity varies in a differentiation course, at the change of a functional condition of cells and at the change of the cell cycle phases [1]. The parameters of the size and nucleolar quantity serve a valuable diagnostic attribute of proliferation speed in transformed cells [2, 3, 4, 5]. In interphase nucleuses nucleolar organizer regions (NOR) of the chromosomes correspond to the fibrillar centres (FC), containing rDNA surrounded by the dense fibrillar and granular components [6, 7]. Decondensed DNA filaments are uniformly distributed in FCs and in transcriptionally active nucleoli they are also present in proximal portion of the dense fibrillar of component surrounding the FCs [8]. Number and the sizes of the FC vary in different cells. The number of FC does not depend on number of chromosomes with active NOR. The sizes of the FC depend on a functional condition of a cells, and from intensity of the transcription of the rDNA [9, 10]. In spite of the fact that in the metaphase chromosomes transcription of the rDNA does not occur, the most part or all NORs is active impregnated by silver [11]. The important parameter in proliferation activity and cells differentiation degree is also the area of nucleuses and nucleoli. So, according to the data [12] the nucleolar areas demonstrate strict dependence from cell population doubling time and consequently from proliferative activity of cells. The dependence of functional condition and sizes of the nucleoli from the proliferative condition of the transformed cells is most obvious [13, 14].

The purpose of this work was study of dynamics of the various nuclear and nucleolar parameters: nuclear and nucleolar DNA quantities, areas, perimeters of the murine cell line NIH 3T3. The experiments were conducted in normal conditions and under the influence of the murine encephalomyocarditis virus (EMC).

Materials and methods. We used a NIH 3T3 continuous cell culture of murine fibroblasts which was cultured in Eagle medium with 10% bovine serum. The cell line was received from laboratory U 322 INSERM "Retrovirus et maladies associées" Marseilles. A monolayer of the intact cells was used in 48 hours after the passage. Cells was resowed in 10^5 cell/ml dose. Encephalomyocarditis virus (EMC) was received from Institute of Virology of the NSA of Russia, Moscow. The virus was used at multiplicity of infection 0,1 TCD50 per cell on the 24 hour after resowing cells. The study of parameters began in 24 hours after infection. Infected and intact cells were incubated at the temperature 37°C

The content of DNA by Feulgen staining was defined by computer-equipped microscope-photometer SMP 05 (OPTON). The television method was used on 575 nm wave. In each case 50 - 100 cells were measured. Quantity of DNA was defined in conventional units (C.U.). In nucleuses were simultaneously determined the quantity of DNA, area and perimeter. In the same nucleuses we contoured each nucleoli with the account perinucleolar and intranucleolar chromatin. All statistical analysis were performed with two-tailed Student's t test in the SPSS version 8.0 computer software package (SPSS, Inc., Chicago, IL).

Results and Discussion. The data of DNA cytometry in a nucleus and nucleolus, in normal conditions and under the cytopathogenic action of the EMC are given in tables 1 and 2.

Table 1

Parameters of the NIH 3T3 cells in the control

Number of nucleolus in the nucleus	% of the cells in population*	Nucleus			Summarized nucleolus		
		quantity of DNA (in C.U.)	area	perimeter	quantity of DNA (in C.U.)	Area	perimeter
1	9,8	62,5±7,7	64,5±9,1	19,5±0,7	9,5±0,7	5,7±0,7	6,5±0,7
2	13,2	64,6±20	75,1±14	23,6±3,1	9,8±2,3	8,3±1,5	7,7±2,1
3	25,3	67,0±16	71,1±12	21,1±2,7	11,1±3	8,9±2,1	10,1±2
4	37,5	62,8±11	63,6±9	19,8±1,9	10,8±4	9,3±2,0	12,5±5
5	7,8	62,9±9	83,1±9,6	23,3±2,3	9,4±2,7	10,4±2,3	13,8±2,6**
6 and more	6,4	61,4±4,4	82,2±21	21,5±4,5	9,6±1,1	9,2±2,5	12,7±2,1**

* Without the account the mitosis, dead and nonnucleolar cells

**Significant in comparison with 1 nucleolar cells at 6-nucleolar cells $t = 2,80$ and at 5 nucleolar cells $t = 2,70$ ($p < 0,01$).

The difference between the minimal and maximal measurements of the quantity of DNA in the nucleus and the nucleolus of cells of the line NIH 3T3 in control group (table 1) was less than 10% and less than 15% accordingly. It testifies that the difference between the minimal and maximal measurements of the quantity of DNA in the nucleus and the nucleolus is insignificant in control group. Under the influence of virus the minimal and maximal measurements of the DNA quantity increase in the nucleus approximately 30% and in the nucleolus more than 25% (table 2).

Table 2

Changes of parameters of NIH 3T3 cells under the action of EMC

Number of nucleolus in the nucleus	% of the cells in population*	Nucleus			Summarized nucleolus		
		quantity of DNA (in C.U.)	area	perimetr	quantity of DNA (in C.U.)	area	perimetr
1	6,5	115±21	92,1±5,6	27,1±2,8	17,1±1	13,5±0,7	7,1±1,4
2	12,2	101±27	66,3±27	19,3±4,9	17,6±3	10,1±3,6	8,3±2,5
3	18,75	124±44	93,5±27	23,5±4,3	20,1±8	12,5±4,7	11,5±3,2
4	35,9	98±30	72,1±14	21,6±4,0	15,9±6	10,8±3,3	12,6±2,9
5	23,9	114±37	83,4±20	23,7±2,8	17,1±5	11,64±3	13,9±2,4***
6 and more	2,75	97±20,6	81,1±19	23,0±3,6	15,4±7	11,1±3,6	14,2±2,2**

* Without the account the mitosis, dead and nonnucleolar cells

** Significant in comparison with 1 nucleolar cells $t = 2,72$, $p < 0,01$

*** Significant in comparison with 1 nucleolar cells $t = 2,44$, $p < 0,02$

It necessary to note, that under the influence of acute viral infection the average quantity of DNA in a nucleus of cells of a line NIH 3T3 was significantly increased (control 63,9±9,1 EMC 108,1±14,2 $t = 2,62$, $p < 0,01$). Under the action of a virus the quantity of the DNA in nucleolus was also significantly increased (control 10,4±1,3 EMC 17,13±2,2 $t = 2,63$, $p < 0,01$).

In our experiments we obtained only the tendency of increasing of the nuclear area (control 69,8±8,6, EMC 80,4±9,3 $t = 0,84$). There were not changes of the nuclear perimeters (20,99±2,7- control 22,56±2,9 - infection).

The one of the parameters of the cells proliferation speed is the change of the nucleolar area (Derenzini et al. 2000). Under the influence of the virus on the NIH 3T3 cells we calculated the tendency of the increasing of the nucleolar area ($8,8\pm0,9$ - control, $11,4\pm1,7$ - action EMC $t = 1,35$).

Also we investigated the concentration of DNA in a nucleus and nucleolus. Was shown that under the influence of EMC the concentration of DNA in a nucleus was significantly increased (control $0,84\pm0,097$, EMC action $1,31\pm0,105$ $t = 3,29$, $p < 0,01$). The changes of the DNA concentration in the nucleolus were insignificant.

Table 3

Nucleolus/nucleus ratio in the control of the NIH 3T3

Number of nucleolus in the nucleus	Nucleolus/nucleus		
	DNA	area	perimeter
1	$0,15\pm0,01$	$0,09\pm0,01$	$0,33\pm0,04$
2	$0,15\pm0,01$	$0,11\pm0,02$	$0,33\pm0,01$
3	$0,16\pm0,05$	$0,13\pm0,2$	$0,47\pm0,08$
4	$0,17\pm0,06$	$0,15\pm0,05$	$0,63\pm0,07^*$
5	$0,15\pm0,05$	$0,13\pm0,03$	$0,59\pm0,1^{**}$
6 and more	$0,16\pm0,06$	$0,11\pm0,02$	$0,59\pm0,08^*$

* Significant in comparison with 1 and 2 nucleolar cells $t = 2,9$, $t = 2,8$, $p < 0,01$

** Significant in comparison with 1 nucleolar cells $t = 2,04$, $p < 0,05$

As follows from tables 3 and 4 the DNA quantities in the nucleolus/nucleus ratio do not depend from the nucleolus number in the nucleus in the control (average meaning in population $0,161\pm0,015$) and in infection (average meaning in population $0,158\pm0,02$). These data were obtained with taking in account of the percent of each type of cells in the population (tables 1 and 2). The significant difference in the nucleolus/nucleus ratio was absent not only in population, but also in individual cells.

Table 4

Nucleolus/nucleus ratio in the NIH 3T3 cells under the action of the EMC

Number of nucleolus in the nucleus	Nucleolus/nucleus		
	DNA	area	Perimeter
1	$0,15\pm0,01$	$0,15\pm0,002$	$0,26\pm0,03$
2	$0,17\pm0,01$	$0,15\pm0,02$	$0,43\pm0,07$
3	$0,16\pm0,05$	$0,13\pm0,04$	$0,49\pm0,1$
4	$0,16\pm0,06$	$0,15\pm0,04$	$0,6\pm0,1^*$
5	$0,15\pm0,05$	$0,15\pm0,04$	$0,59\pm0,1^*$
6 and more	$0,16\pm0,06$	$0,14\pm0,05$	$0,64\pm0,1^{**}$

* Is significant in comparison with 1 nucleolar cells $t = 3,23$, $t = 3,1$ $p < 0,01$

** Is significant in comparison with 1 nucleolar cells $t = 3,6$, $p < 0,001$

Under the lytic influence of the EMC the areas in the nucleolus/nucleus ratio of the cell population showed the only tendency to the increasing ($0,129\pm0,02$ - control, $0,146\pm0,02$ - experience).

According to the data of tables 3 and 4 there is the only one significant difference between cells NIH 3T3 with the various quantity of nucleolus in nucleus. It is the ratio of the sums of perimeters of the «total» nucleolus to the nucleus. These data demonstrate almost direct dependence with the increase of the nucleolus quantity as in the experiment as in the control.

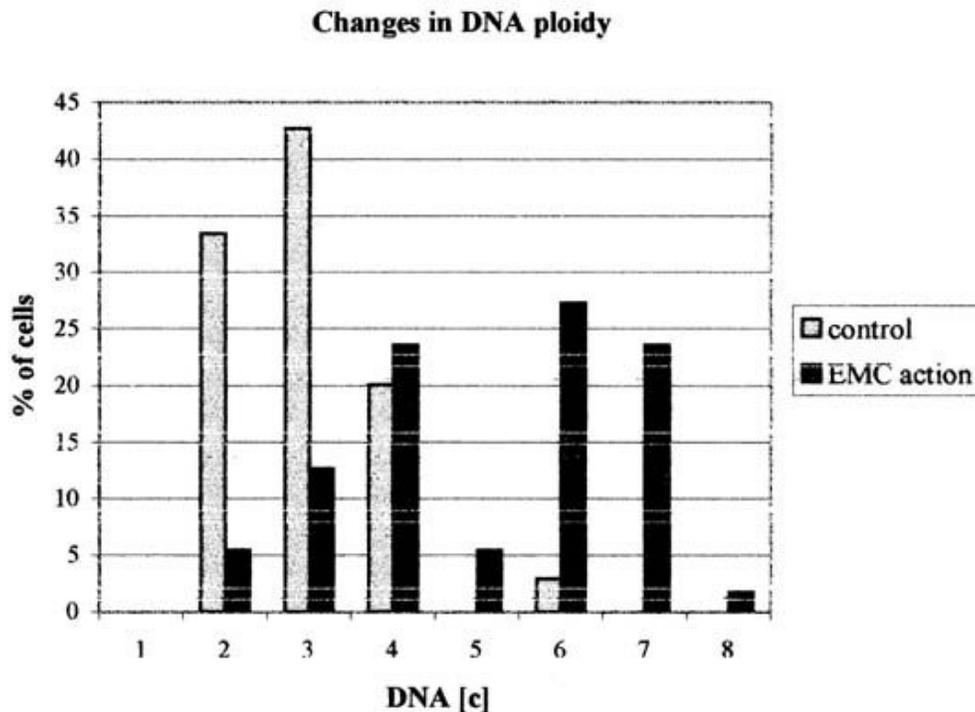


Figure 1. Distribution of the nucleus by the DNA ploidy (in "c" units) in NIH 3T3 cells

Fig 1 summarizes the changes of the DNA ploidy indices in normal condition and under the influence of EMC. The present results indicate that under the influence of the virus there are the significant changes in ploidy of NIH 3T3 cells, ploidy was increased under the virus influence (2,24 "c" in control 3,79 "c" - EMC infection). Percentage of euploid cells was not changed, (36,3±3,2 in control 36,4±4,2 EMC action). As a result of infection in euploid population the percentage of 2c cells decreases, but the percentage of 4c cells increases. As well in euploid population 8c cells appears.

Our data demonstrate the absence of increase of the total nucleolar DNA with the increase of the number of nucleolus in the nucleus. The quantity of each nucleolar DNA decreases while the nucleolus number in the nucleus increases.

Conclusions

- * The quantity of the nucleolus does not depend on the quantity of DNA in a nucleus, as under the influence of virus as in intact cells of NIH 3T3
- * The quantity of DNA in the nucleolus in direct proportion with the quantity of DNA in a nucleus as in the experiments as in the intact cells.
- * The relation of the quantity of DNA in the system nucleolus/nucleus is stabile state as in the norm as under the influence of a virus.
- * The ratio of the sums of the nucleolar perimeters to the nuclear perimeter is the significant factor which increases linearly while the number of the nucleoli in a nucleus increases in the intact cells and under the action of the EMC virus.
- * As the quantity of DNA in a nucleus as well the concentration of DNA in a nucleus are significantly

increased under the action of the lytic EMC virus.

* There are no changes of the percentage of euploid cells under the influence of the viral infection.

* There is no the increase of the summarized nucleolar DNA while the number of the nucleolus increases in a nucleus of NIH 3T3 cells as under the influence of a virus as in intact cells.

* In the process of the increasing of the number of nucleolus in NIH 3T3 cells there is the decreasing the quantity of DNA in each of nucleoli in nucleus.

Cancer Research Center, Yerevan
Institute of molecular biology NSA RA

References

1. *Field D., Fitzgerald P., Sin F.* Nucleolar silverstaining patterns related to cell cycle phase and cell generation of PHA-stimulated lymphocytes. *Cytobios.* 1984. vol 41. p 23-33.
2. *Smetana K., Bush H.* The nucleolus. - In: *The cell nucleus.* N. Y. 1975, p 126-144.
3. *Derenzini M., Trere D., Pession A., Montanaro L., Sirri V. and Ochs R. L.* Nucleolar function and size in cancer cells. *American Journal of Pathology,* vol 152, 1291-1297. 1998.
4. *Ceccarelli C., Trere D., Santini D., Taffurelli M., Chieco P, Derenzini M.* AgNOR in breast tumours. *Micron* 2000 Apr; 31 (2) 143-9.
5. *Layfield LJ, Liu K, Dodge R, Barsky Sh.* Uterine smooth muscle tumors: utility of classification by proliferation, ploidy, and prognostic markers versus traditional histopathology. *Arch Pathol Lab Med* 2000 Feb;124(2):221-7
6. *Hernandez-Verdun D., Derenzini M.* Non-nucleosomal configuration of chromatin in nucleolar organizer regions of metaphase chromosomes in situ. *Eur. J. Cell Biol.* 1983. vol 31 p 360-365.
7. *Troster H., Spring H., Meissner B., Shultze P., Trendenburg M. F.* Structural organization of an active, chromosomal nucleolar organizer region (NOR) identified by light microscopy, and subsequent TEM and STEM electron microscopy. *Chromosoma.* 1985. vol 91 p 151-163.
8. *Derenzini M., Farabegoli F., and Trere D.* Localization of DNA in the fibrillar components of the nucleolus: a cytochemical and morphometric study. *J Histochem Cytochem,* vol 41, Issue 6, pp. 829-836, 1993
9. *Mirre C., Knibiehler B.* A re-evaluation of the relationships between the fibrillar centres and the nucleolus organizer regions in reticulated nucleoli: ultrastructural organization, number and distribution of the fibrillar centres in the nucleolus of the mouse Sertoli cell. *J. Cell Sci. R.* 1982. vol 55. p. 261-276.
10. *Mirre C., Knibiehler B.* Quantitative ultrastuctural analysis of fibrillar centres in the mouse: correlation of their number and volume of nucleolar organizer activity. *Protoplasma.* 1984. vol. 121. p. 120-128.
11. *Howell W. M.* Visualization of ribosomal gene activity. Silver stains proteins associated with rRNA transcribed from oocyte chromosomes. *Chromosoma.* 1977. vol. 62. p. 361-367.
12. *Canet V, Montmasson MP, Usson Y, Giroud F, Brugal G.* Correlation between silver-stained nucleolar organizer region area and cell cycle time. *Cytometry* 2001 Feb 1;v.43(2):110-6.
13. *Derenzini M., Pession A., Farabegoli F., Trere D., Badiali M., and Dehan P.* Relationship between interphasic nucleolar organizer regions and grows rate in two neuroblastoma cell lines. *American Journal of Pathology,* 1989 v. 134, 925-932.
14. *Derenzini M., Trere D., Pession A., Govoni M., Sirri V., Chieco P.* Nucleolar size indicates rapidity of cel proliferation in cancer tissues. *J Pathol* 2000 Jun; 191 (2) 181-6.

Չ. Ա. Կարալյան

NIH 3T3 բջջային կուլտուրայում կորիզային և կորիզակային ցուցանիշները նորմալ պայմաններում և էնցեֆալոմիոկարդիտի վիրուսի ազդեցության տակ

NIH 3T3 բջջային կուլտուրայում հետազոտվել են կորիզային և կորիզակային որոշ ցիտոմետրիկ և քանակական ցուցանիշները նորմալ պայմաններում և էնցեֆալոմիոկարդիտի /ԷՄԿ/ վիրուսի ազդեցության տակ: ԴՆԹ-ի քանակը կորիզակներում ուղիղ համեմատական է կորիզում ԴՆԹ-ի քանակին /ինչպես փորձնական, այնպես էլ ինտակտ բջիջներում/: ԴՆԹ-ի քանակական հարաբերությունը կորիզակ/կորիզ համակարգում կայուն է ինչպես հսկիչ խմբում ($0,161 \pm 0,015$), այնպես էլ վիրուսի ազդեցության տակ ($0,158 \pm 0,02$): Ինտակտ բջիջներում և ԷՄԿ վիրուսի ազդեցության տակ, համաձայն կորիզակային ցիտոմետրիայի, կորիզում կորիզակների պարագծերի հարաբերությունը կարևոր գործոն է, որը զծային ավելանում է՝ կորիզում կորիզակների թվի ավելացման հետ: Կորիզում ԴՆԹ-ի պլոիդությունը բարձրանում է ԷՄԿ վիրուսի բջջաբայթայիչ ազդեցության տակ (2,24 «с» հսկիչ խումբ 3,79 «с» - ԷՄԿ ինֆեկցիա). Սակայն չկան փոփոխություններ էուպլոիդ բջիջների տոկոսներում՝ վիրուսային ինֆեկցիայի պայմաններում: ԴՆԹ-ի կոնցենտրացիան կորիզներում վիրուսի ազդեցության տակ ևս բարձրանում է (հսկիչ խումբ $0,84 \pm 0,097$, ԷՄԿ $1,31 \pm 0,105$ $t = 3,29$, $p < 0,01$): Ցույց է տրվել կորիզակներում ԴՆԹ-ի գումարային քանակի բարձրացման բացակայությունը՝ կորիզում կորիզակների թվի ավելացման հետ NIH 3T3 բջջային կուլտուրայում ինչպես վիրուսի ազդեցության տակ, այնպես էլ ինտակտ բջիջներում: ԴՆԹ-ի քանակը առանձին կորիզակներում նվազում է՝ NIH 3T3 բջիջների կորիզների բարձրացման հետ:

Յ.Ա. Каралян

Ядерные и ядрышковые показатели в клетках линии NIH 3T3 в норме и при действии вируса энцефаломиокардита

В работе исследованы некоторые цитометрические и количественные показатели в ядрах и ядрышках клеток NIH 3T3 интактных и находящихся под действием вируса энцефаломиокардита (ЕМЦ) мышей. Показано, что количество ДНК в ядрышках прямо пропорционально количеству ДНК в ядрах (как в эксперименте, так и в норме). Отношение ДНК в ядрышко/ядро стабильно как в контроле ($0,161 \pm 0,015$), так и под действием вируса ($0,158 \pm 0,02$). При цитометрии ядрышек, как в норме, так и при действии вируса сумма периметров всех ядрышек ядра - важный фактор, значение которого возрастает линейно с ростом числа ядрышек в ядре. Пloidность ДНК в ядре возрастает при воздействии литической инфекции ЕМЦ (2,24 "с" контроль, 3,79 "с" - инфекция ЕМЦ). Однако нет изменений в проценте эуплоидных клеток под действием острой инфекции вируса. Концентрация ДНК в ядре и под действием вируса также возрастает количество ядрышек в ядрах клеток NIH 3T3 как при действии вируса, так и в контроле. Количество ДНК в отдельном ядрышке снижается с ростом количества ядрышек в клетках NIH 3T3.

УДК 611.61.61.617.621

К.В. Казарян, В.Ц. Ванцян, И.Б. Меликсетян, А.С. Тираян

**Воздействие гистамина на активацию латентных пейсмекеров
мочеточника морской свинки**

(Представлено академиком В.В. Фанарджяном 3/VII 2002)

Исследование спонтанного ритмогенеза гладкомышечной ткани мочеточника выявило две исходно активные области, локализованные в крайних частях органа. В отличие от околопузырной зоны (электрогенез отмечен в 60-65% случаев) активность околопочечного пейсмекера является основным ритмоводителем, обеспечивающим в норме перистальтическую деятельность всего органа [1,2]. Средняя же, исходно молчащая, зона мочеточника характеризуется наличием латентных пейсмекеров, способных активизироваться в определенных экстремальных условиях [3,4].

Гистамин относится к числу физиологически активных соединений, специфически влияющих на возбудимость гладкомышечной ткани мочеточника. В частности, данное соединение способно создавать как медленные пейсмекерные колебания мембранного потенциала, так и быструю спайковую активность [5-7].

В литературе на сегодняшний день отсутствует морфологическая картина локализации исходно активных и молчащих клеточных образований вдоль мочеточника в отличие от детально исследованной почечной лоханки [8,9]. Несомненно, определенный интерес вызывает также выявление изменений морфофункционального состояния клеточных образований при последующей активации латентных пейсмекеров, в частности, при воздействии гистамина. Это и послужило целью настоящей работы.

Опыты проводили в условиях *in situ* на морских свинках массой 400-600г, наркотизированных нембуталом (50-55 мг/кг). Мочеточники денервировали путем перерезки корешков чревного и тазового нервов. Спайковые разряды из околопочечного, среднего и околопузырного участков органа отводили биполярными электродами. Подробное описание данной методики представлено в предыдущих работах [4,10]. Ингибирование активности основного ритмоводителя, локализованного в пиелоуретеральном соустье мочеточника, проводилось путем охлаждения (приложение льда) данного участка.

Биоэлектрическую активность мочеточника регистрировали на 8-канальном электроэнцефаллографе (EEG-80, Будапешт).

На рис. 1 представлена запись одного из аналогичных экспериментов, поставленных на 8-10 животных.

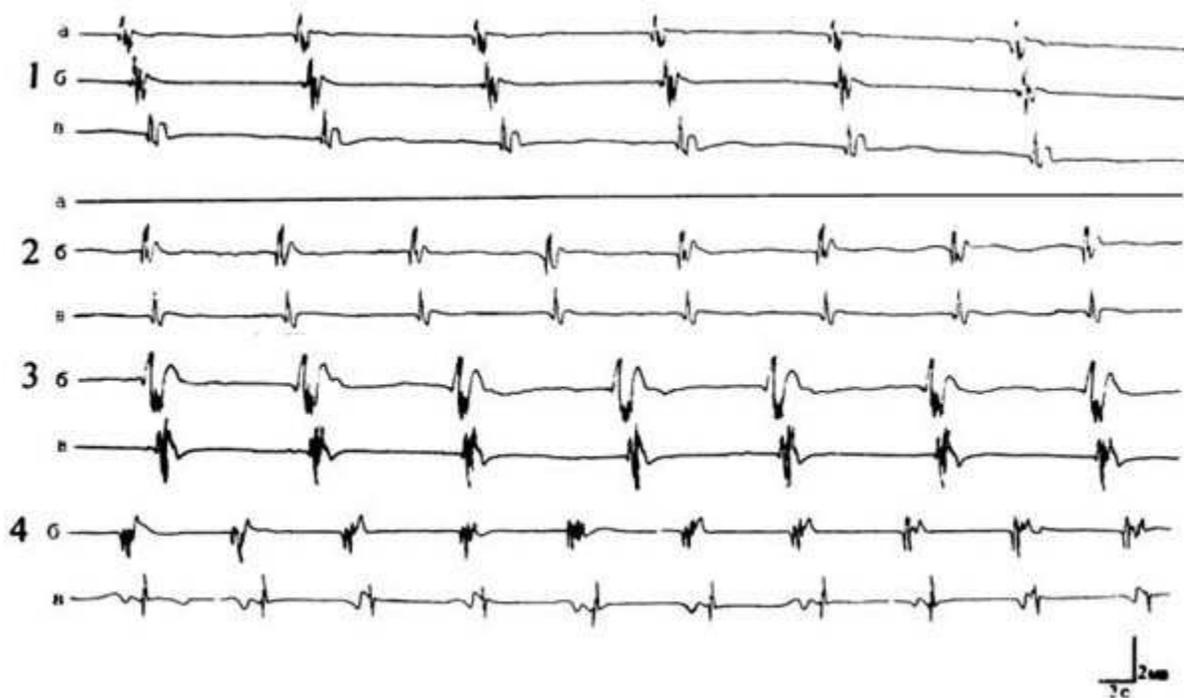


Рис. 1. Выявление ингибирования околопочечного пейсмекера на спонтанную активность различных областей мочеточника. Активность каждой зоны мочеточника представлена соответственно кривыми: а - пиелoureтеральное соустье, б - средняя и в - околопузырная области. 1 - типичная распространяющаяся волна активности вдоль мочеточника; 2 - ингибирование околопочечного пейсмекера и возникновение пейсмекерной активности средней области и ее распространение в околопузырную зону; 3,4 - активация латентных пейсмекеров средней зоны под влиянием гистамина и распространение активности в околопузырную зону.

Морфологические исследования мочеточника проводились после эксперимента гистохимическим методом выявления ортофосфата [11,12]. Данный метод весьма перспективен не только в морфологическом аспекте, но и в выяснении функционального состояния самих структур. Мочеточник фиксировали в 5%-ном растворе нейтрального формалина на 24-48 ч. Из трех отделов мочеточника готовились замороженные срезы толщиной 30-40 мкм, которые переносились в инкубационные смеси, предназначенные для выявления клеточных ортофосфатов.

На рис. 1, 1 представлена картина распространяющихся потенциалов действия вдоль всего мочеточника до области, непосредственно прилегающей к мочевому пузырю. Исследование влияния гистамина ($10^{-5} - 10^{-4}$ моль/л) на исходно молчащую среднюю область органа нами приводилось после ингибирования основного околопочечного ритмоводителя (рис. 1, 2а). Как правило, в 65-70% случаев в данной области наблюдается возникновение автономного ритмогенеза, распространяющегося в околопузырную зону (рис. 1, 2, 3). При этом частота спайков активизированных пейсмекеров несколько превосходит таковую околопочечных ритмоводителей.

Воздействие гистамина в аналогичных условиях почти вдвое ускоряет возникновение активности центрального участка мочеточника. В 30-40% случаев активизированный ритмогенез в этих условиях характеризуется генерацией потенциалов действия с относительно низкой частотой и более высокими амплитудами сравнительно с ритмогенезом, создаваемым лишь отсутствием подходящей волны (рис.1, 3).

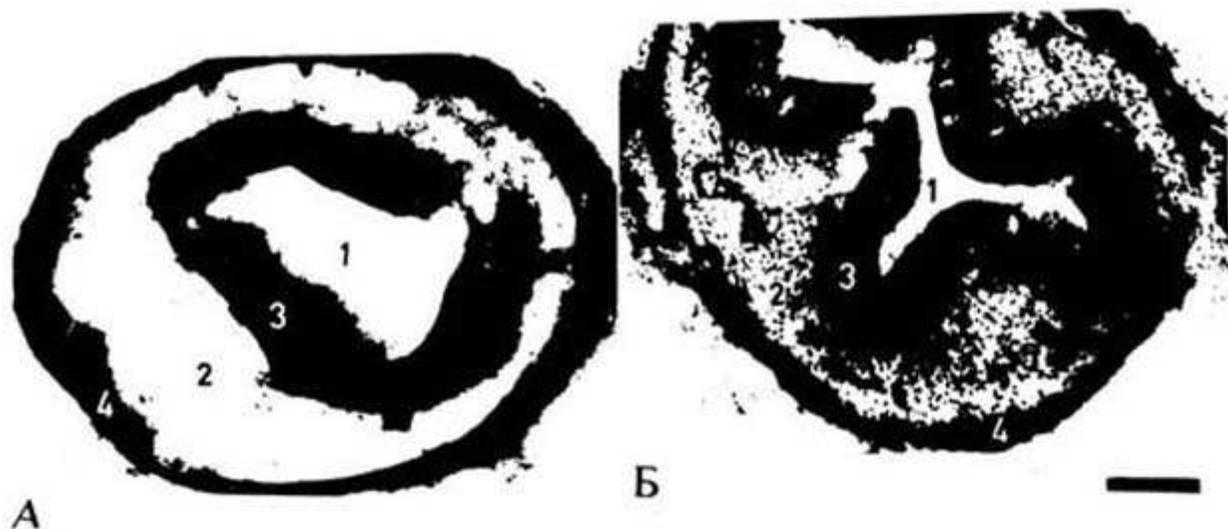


Рис. 2. Гистохимическое выявление ортофосфата в клеточных структурах средней области мочеточника при воздействии гистамина: А - интактные морские свинки, Б - после воздействия гистамина; 1 - просвет мочеточника, 2 - мышечная оболочка, 3 - слизистая оболочка, 4 - адвентициальная оболочка, 5 - скопление миогенных элементов. Масштаб: 300 мкм.

Гораздо чаще (60-70% случаев) наблюдается стимуляция активности с частыми и низкоамплитудными спайками (рис. 1, 4). Более того, как видно из сравнения рис. 1,2 с рис. 1,3 и 1,4, спайки, модулируемые гистамином, отличаются от нормы также и своей формой.

Морфологическими исследованиями было подтверждено воздействие гистамина на среднюю зону мочеточника. На рис. 2 для всех препаратов заметна почти одинаковая степень интенсивности окраски внутренней - слизистой и наружной - адвентициальной оболочек стенки мочеточника. Вместе с тем в отношении мышечной оболочки обнаружены заметные различия. Под влиянием гистамина в средней зоне мочеточника по всей окружности препарата по сравнению с нормой выявились интенсивно окрашенные миогенные структуры, которые местами собраны в глыбки (ср. рис. 2,А с рис. 2,Б). Исходя из столь разительной картины изменения окрашивания данной зоны можно предположить о высоком функциональном состоянии мышечной оболочки при воздействии гистамина. В этих условиях отмечается приближение плотности распределения миогенных глыбок в средней части органа к таковой околопочечной и околопузырной зон в норме, как это было показано в [1].

Таким образом, при воздействии гистамина морфофункциональное состояние средней области мочеточника претерпевает изменения, благодаря которым наблюдается активизация

латентных пейсмекеров и регистрируется ритмогенез, подобно наблюдаемому в исходно активных крайних зонах.

Институт физиологии им. Л.А. Орбели НАН РА

Литература

1. *Казарян К.В., Тираян А.С., Маркосян С.А.* - Физиол. журн. им И.М. Сеченова. 1991. Т. 77. N10. С. 120-126.
2. *Казарян К.В., Ванцян В.Ц., Тираян А.С., Акопян Р.Р.* - Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2000. Т. 86. N12. С. 1656-1661.
3. *Казарян К.В., Ванцян В.Ц., Тираян А.С., Акопян Р.Р.* - Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2001. Т. 87. N7. С. 953-959.
4. *Казарян К.В., Ванцян В.Ц., Меликсетян И.Б., Тираян А.С., Акопян Р.Р.* - Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2002. Т. 88. N7. С. 925-931.
5. *Казарян К.В., Ванцян В.Ц., Тираян А.С., Акопян Р.Р.* - Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 1999. Т. 85. N11. С. 1451-1457.
6. *Dodel R.C., Hafner D., Borchard U.* - Eur. J. Pharmacol. 1996. V. 318. P. 395-402.
7. *Ugaily-Thuoesis L., Thuiesius O., Angelo-Khattar M., Sabha M., Sivanandasingshni P.* - Urol. Res. 1988. V. 16. P. 287-293.
8. *Gosling Y.A., Dixon J.S.* - Invest. Urol. 1974. V. 11. N5. P. 418-423.
9. *Notley R.G.* - B. J. Urol. 1968. V. 40. N1. P. 37-52.
10. *Бакунц С.А.* Вопросы физиологии мочеочника. Л. Наука. 1970.
11. *Меликсетян И.Б., Казарян К.В.* В кн.: V конф. молодых физиологов Закавказья. Баку. 1986. С. 63-64.
12. *Чилингарян А.М., Мартиросян Дж.А., Меликсетян И.Б.* - ДАН АрмССР. 1987. Т. 85. N2. С. 83-86.

Ք.Վ. Ղազարյան, Վ.Յ. Վանցյան, Ի.Բ. Մելիքսեթյան, Ա.Ս. Տիրայան

**Հիստամինի ազդեցությունը ծովախոզուկի միզածորանի թաքնված
պեյսամեկերների ակտիվացման վրա**

Ուսումնասիրվել է հիստամինի բնորոշ ազդեցությունը ծովախոզուկի միզածորանի հարթմկանային հյուսվածքի խնքնաբուխ ակտիվության վրա: Ցույց է տրվել, որ հիմնական ռիթմատարի արգելակման դեպքում հիստամինն ընդունակ է ակտիվացնելու միզածորանի միջին հատվածի գաղտնի պեկսամեկտրները:

Ուսումնասիրվել է նաև հիստամինի ազդեցության մորֆոլոգիական անալիզի բնութագիրը: Նկատվել է միզածորանի միջին հատվածի մկանային շերտի բջջային էլեմենտների ինտենսիվ ներկում:

ՈւՏԴ 612.821.6

Ն. Է. Թադևոսյան, Է. Գ. Գևորգյան, Լ. Գ. Վահանյան, Է. Գ. Կոստանյան**Գլխուղեղի ֆունկցիոնալ վիճակի հետազոտությունները ըստ տեսաշարժիչ ռեակցիաների վերլուծության**

(Ներկայացված է ակադեմիկոս Վ.Վ. Տանարջյանի կողմից 7/VIII 2002)

Ներկայումս հաստատված է, որ կենսաառիթմերը հանդիսանում են օրգանիզմի կենսագործունեության կարևորագույն բնութագրերից մեկը [1]: Ֆիզիոլոգիական ֆունկցիաների մեծ մասի դինամիկան բնութագրվում է տարբեր հաճախականությամբ և ամպլիտուդով արտահայտված տատանումներով [1-3]: Այդ պրոցեսում որոշակի ներդրում ունեն ուղեղի կարգավորիչ մեխանիզմները, որոնք գործում են հետադարձ բացասական կապի սկզբունքով: Կենսաառիթմոլոգիական հետազոտությունները հիմնականում վերաբերվում են մեծ տիրույթի օրեկան և շուրջօրյա (ցիրկադային) ռիթմերին [1,3-6], իսկ տատանումների կարճատև տիրույթը (րոպեի և վայրկյանի պարբերությամբ) մեթոդական դժվարությունների պատճառով, գործնականում մնում է գրեթե չհետազոտված, չնայած վերջիններիս տեսական և գործնական կարևորության մասին հաճախ է ընդգծվել շատ հեղինակների կողմից [2,5,6]: Համակարգչային տեխնիկայի ներդրման շնորհիվ մեր կողմից իրականացվել են աշխատանքներ կենսաառիթմերի հետազոտման ուղղությամբ, որոնց միջոցով պարզվել է, որ ուղեղի ինտեգրատիվ գործունեության մակարդակի մասին [5,7] (որը հաճախ մատնանշվում է որպես ընդհանուր ֆունկցիոնալ վիճակ) մեծ տեղեկատվություն կարելի է ստանալ կարճատև տիրույթի մասնավորապես րոպեի և վայրկյանի պարբերությամբ տատանումների ուսումնասիրության շնորհիվ: Հետազոտությունները իրականացվել են լաբորատորիայում հատուկ մշակված համակարգչային ծրագրերի փաթեթի միջոցով [4]:

Ներկայացվող աշխատանքում փորձարկվողների տեսաշարժիչ ռեակցիաների ստանդարտ ֆիզիոլոգիական ցուցանիշների [8] և կենսաառիթմոլոգիական բնութագրերի ուսումնասիրության միջոցով գնահատվել է գլխուղեղի գործունեության ֆունկցիոնալ վիճակը (ՖՎ):

Հետազոտություններին մասնակցել են 18-20 տարեկան, թվով 92, պրակտիկորեն առողջ երկսեռ անձիք (ուսանողներ): Ուսումնասիրության հիմնական փուլից առաջ փորձարկվողները անցել են հոգեբանական հետազոտում համակարգչի համար հարմարեցված CAH տեստի [8] (սեփական ինքնազգացողության, ակտիվության և տրամադրության ինքնագնահատման տեստ) և Այզենկի հարցաթերթիկային տեստի միջոցով [9]: Հիմնական փուլում ՖՎ գնահատման համար իրականացվել է հոգեֆիզիոլոգիական հետազոտություն, կիրառվել է «Ռեֆլեքսամետրիկ» տեստի համակարգչային մոդիֆիկացիան, որի ժամանակ հաշվարկվել են տեսաշարժիչ ռեակցիաների գաղտնի շրջանները, նեյրոդինամիկ պրոցեսների ռեակտիվության մակարդակը, դրոման պրոցեսի ուժը, նյարդային համակարգի ֆունկցիոնալ հնարավորությունները, որոնց հիման վրա էլ որոշվել է նյարդային համակարգի ՖՎ-ի ինդեքսը: Տատանողական բաղադրիչների բացահայտման նպատակով մաթեմատիկական (սպեկտրալ և ավտոկորելյացիոն) վերլուծության են ենթարկվել տեսաշարժիչ ռեակցիաների գաղտնի շրջանների դինամիկ

շարքերը, պարզաբանվել են ուղեղի կենսառիթմերի տարբեր բաղադրիչների միջև նկատվող ռեգրեսիոն կախվածության առանձնահատկությունները: Ուղեղային կենսառիթմերը դիտարկվել են մինչև 10 վրկ, 10-30 վրկ, 30-60 վրկ և ավելի պարբերությամբ տիրույթներում:

Ռեֆլեքսամետրիկ տեստը անցկացվել է երկու տարբերակով. I տարբերակի դեպքում տեստողական ազդակները տրվել են ռիթմիկ, 1 վրկ ինտերվալով, ազդակների քանակը կազմել է 128, տեստի տևողությունը մոտավորապես 2.5 րոպե: II տարբերակի դեպքում ազդակները տրվել են առիթմիկ, պատահական (1-3 վրկ տիրույթում) ազդակների քանակը կազմել է 256, տեստի տևողությունը մոտավորապես 12 րոպե:

Երկու տարբերակի դեպքում էլ վաղաժամ և ուշացած ռեակցիաները ծրագրի կողմից խոտանվել են, սակայն այդպիսի ռեակցիաների քանակով հաշվարկվել է փորձարկվողների գերգրգռվածության (տագնապայնության) և պարոքսիզմալ արգելակման ցուցանիշները:

Չնայած արտաքին նմանությանը երկու տարբերակները ըստ բովանդակության միմյանցից էապես տարբերվել են: Եթե ազդակների ռիթմիկ ներկայացման դեպքում փորձարկվողների մոտ որոշվել է կարճատև ժամանակահատվածում ռիթմը պահպանելու ունակությունը, ապա ազդակների առիթմիկ ներկայացման դեպքում ստուգվել է երկարատև, լարված աշխատանքի ընթացքում կենտրոնական նյարդային համակարգի (ԿՆՀ) աշխատանքային բարձր մակարդակ պահպանելու ունակությունը:

Կատարված հոգեբանական և հոգեֆիզիոլոգիական տեստավորումների արդյունքների ստատիստիկ-մաթեմատիկական վերլուծությունը ցույց է տվել, որ ռեֆլեքսամետրիկ տեստի երկու տարբերակների ցուցանիշները չեն գտնվում կորելյացիայի մեջ փորձարկվողների սեռի, բարձրագույն նյարդային համակարգի տիպի և խառնվածքի, ինչպես նաև ֆունկցիոնալ վիճակի սուբյեկտիվ գնահատականի հետ: Հետևաբար, մշակված հոգեֆիզիոլոգիական տեստերի արդյունքները արտահայտել են գլխուղեղի գործունեության ընթացիկ վիճակը:

Ռեֆլեքսամետրիկ տեստի երկու տարբերակներում (տեստողական ազդակների ռիթմիկ և առիթմիկ ներկայացում) գրանցված ցուցանիշների փոխկապակցվածության մակարդակները ըստ նրանց կորելյացիոն վերլուծության արդյունքների

	R2M	R2SD	R2KV	R2RNP	R2FEP	R2FC	R2IFS	R2IRIT	R2INH	R2DYN
R1M	0,56*	0,34*	-0,01	-0,21	-0,39*	-0,37*	-0,44*	-0,28	0,30	-0,42*
R1SD	0,16	0,06	-0,12	-0,11	-0,18	-0,21	-0,24	-0,19	0,06	-0,25
R1KV	-0,24	-0,22	-0,19	0,05	0,05	0,02	0,03	0,00	-0,15	0,02
R1RNP	-0,23	-0,02	0,21	0,25	0,26	0,26	0,33	0,24	0,05	0,30
R1FEP	0,05	0,17	0,22	-0,11	0,08	0,03	0,07	-0,10	0,23	0,40*
R1FC	-0,13	0,05	0,21	0,01	0,17	0,13	0,19	0,00	0,11	0,41*
R1IFS	-0,12	0,04	0,20	0,04	0,19	0,15	0,22	0,05	0,13	0,43*
R1IRIT	-0,53*	-0,40*	-0,15	0,29	0,31	0,35*	0,36*	0,29	-0,28	0,21
R1INH	0,14	-0,03	-0,21	0,10	-0,09	-0,04	-0,10	-0,06	0,65*	-0,23
R1DYN	0,04	-0,08	-0,22	0,23	0,14	0,11	0,15	-0,19	-0,22	-0,02
R2M	1,00	0,74*	0,22	-0,52*	-0,59*	-0,73*	-0,72*	-0,33*	0,43*	-0,11
R2SD	0,74*	1,00	0,80*	-0,55*	-0,50*	-0,63*	-0,60*	0,01	0,37*	0,20
R2KV	0,22	0,80*	1,00	-0,37*	-0,20	-0,25	-0,22	0,31*	0,18	0,37*
R2RNP	-0,52*	-0,55*	-0,37*	1,00	0,61*	0,68*	0,73*	0,26	-0,28	-0,19
R2FEP	-0,59*	-0,50*	-0,20	0,61*	1,00	0,93*	0,95*	0,08	-0,27	-0,10
R2FC	-0,73*	-0,63*	-0,25	0,68*	0,93*	1,00	0,97*	0,17	-0,31*	-0,07

R2IFS	-0,72*	-0,60*	-0,22	0,73*	0,95*	0,97*	1,00	0,18	-0,30*	-0,07
R2IRIT	-0,33*	0,01	0,31*	0,26	0,08	0,17	0,18	1,00	-0,10	0,24
R2INH	0,43*	0,37*	0,18	-0,28	-0,27	-0,31*	-0,30*	-0,10	1,00	-0,05
R2DYN	-0,11	0,20	0,37*	-0,19	-0,10	-0,07	-0,07	0,24	-0,05	1,00

Աղյուսակում ներկայացված են գծային կորելյացիայի գործակիցները:

* նիշով նշված գործակիցների համար $p < 0.05$ (ըստ Ստյուդենտի t չափանիշի)

R1 - տեսողական ազդակների ռիթմիկ ներկայացմամբ տեստավորում

R2 - տեսողական ազդակների առիթմիկ, պատահական ներկայացմամբ տեստավորում

M - գաղտնի շրջանների միջին արժեքներ (մ/վրկ)

ST - գաղտնի շրջանների միջին շեղման արժեքներ

KV - գաղտնի շրջանների փոփոխականության (վարիացիայի) գործակիցներ

RNP - դրոման և արգելակման պրոցեսների ռեակտիվության ցուցանիշ

FEP - դրոման պրոցեսի ուժը նկարագրող ցուցանիշ

FC - ԿՆՀ ֆունկցիոնալ հնարավորությունների ցուցանիշ

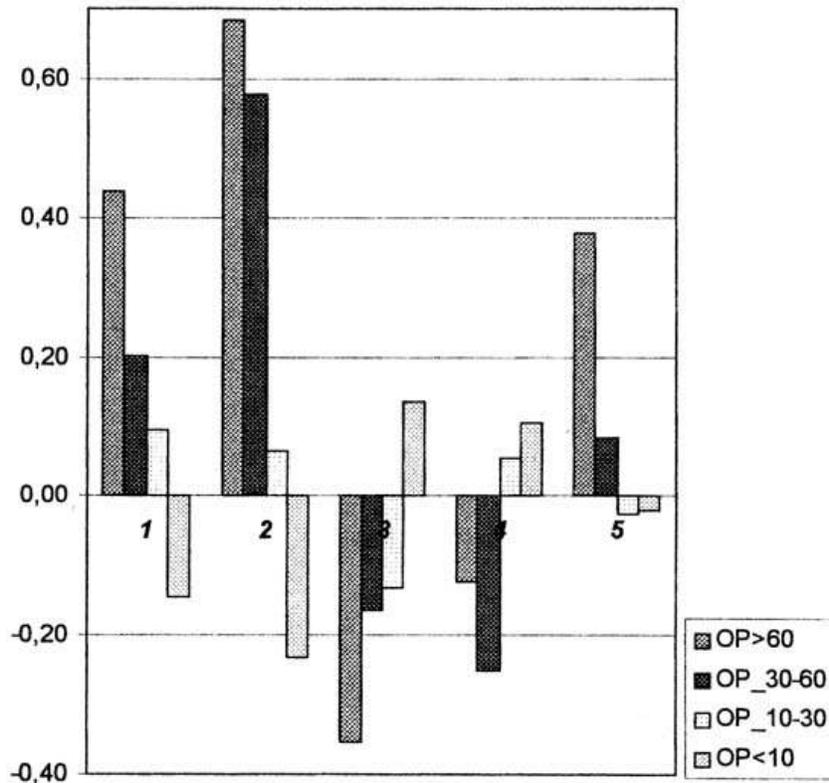
IFC - ԿՆՀ ֆունկցիոնալ վիճակի ցուցանիշ

IRIT - տեստավորման ընթացքում գերգրգռվածության դրսևորման ցուցանիշ

INHb - տեստավորման ընթացքում պարոքսիզմալ արգելակման ցուցանիշ

DYN - դինամիկայի ցուցանիշ

Ռեֆլեքսամետրիկ տեստի երկու տարբերակների ֆիզիոլոգիական ցուցանիշների կորելյացիոն վերլուծության արդյունքները ներկայացված են աղյուսակում: Դիտարկվել են ինչպես ներտեստային, այնպես էլ միջտեստային կորելյացիաները: Ինչպես ցույց են տալիս աղյուսակի տվյալները, երկու տարբերակների գաղտնի շրջանների միջին արժեքների կորելյացիայի գործակիցը 0.56 է, որը վկայում է, որ դրանց միջև գոյություն ունի արտահայտված դրական կապ: Այդպիսի օրինաչափություն է նկատվում նաև երկու տարբերակների գերգրգռվածության (0.29) և պարոքսիզմալ արգելակման (0.65) ցուցանիշների մոտ:



Ազդակների ռիթմիկ ներկայացմամբ տեսաշարժիչ ռեակցիաների գաղտնի շրջանների պարբերական տատանումների տարբեր բաղկացուցիչների (դանդաղ և արագ սպեկտրալ ալիքներ) կորելյացիոն կապերի դիագրամ. 1 - ռեակցիաների գաղտնի շրջանների միջին արժեք, 2 - միջին արժեքների փոփոխականության ցուցանիշ, 3 - գերգրգռվածության դրսևորման ցուցանիշ, 4 - պարոքսիզմալ արգելակման ցուցանիշ, 5 - տեսաշարժիչ ռեակցիաների դինամիկան ըստ ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունքների, որը բնութագրում է տեստավորվողների հոգնածության աստիճանը, OP- ալիքների պարբերականությունը: Օրդինատների առանցքով՝ կորելյացիայի գործակիցների արժեքները:

Ներկայացվող ցուցանիշների միջև բացասական կորելյացիա է նկատվում տեսաշարժիչ ռեակցիաների գաղտնի շրջանների միջին արժեքի փոփոխականության և նեյրոդինամիկ պրոցեսների ռեակտիվության (-0.55), դրդման պրոցեսի ուժը արտահայտող (-0.59) ցուցանիշների միջև: Լավ արտահայտված բացասական կապ գոյություն ունի ԿՆՀ ֆունկցիոնալ հնարավորությունների և գաղտնի շրջանի միջին արժեքի (-0.73), նրա փոփոխականության ցուցանիշների միջև (-0.63), ՖՎ ինդեքսի և գաղտնի շրջանի միջին արժեքի (-0.72), նրա փոփոխականության (-0.60) միջև, այսինքն՝ փոփոխականության մեծացումը զուգակցվում է ՖՎ նվազեցման հետ: Հետևաբար, հոգեֆիզիոլոգիական ցուցանիշների դինամիկայի մեծ փոփոխականությունը (անկայունությունը) սերտ կորելյացիայի մեջ է գտնվում ուղեղի ցածր ֆունկցիոնալ հնարավորությունների հետ, որը բնորոշում է տվյալ հոգեֆիզիոլոգիական ակտի կատարման մակարդակը:

Տեսաշարժիչ ռեակցիաների սպեկտրալ և ավտոկորելյացիոն վերլուծության արդյունքները (ռիթմոլոգիական վերլուծություն) ներկայացված են նկարում պատկերված դիագրամում:

Ինչպես երևում է դիագրամից, տեսաշարժիչ ռեակցիաների գաղտնի շրջանների միջին արժեքները, նրանց փոփոխականության մակարդակը, ինչպես նաև տեստավորվողների հոգնածության աստիճանը ի հայտ են բերում լավ արտահայտված դրական կորելյացիա 30-60 վրկ և ավելի պարբերությամբ ալիքների հետ, միննույն ժամանակ նրանց կապը արագ կենսառիթմերի հետ (մինչև 10 վրկ պարբերությամբ) կրում է բացասական բնույթ: Ընդ որում տվյալ օրինաչափությունը դրսևորվում է անկախ տեստի տեսակից: Ենթադրվում է, որ ուղեղային կարգավորման կենսառիթմերի կազմը և նրանց փոխհարաբերությունները կոնկրետ փորձարկվողների մոտ կապված չեն կատարվող տեստերի յուրահատկությունների հետ, այլ դետերմինացված են գլխուղեղի ընթացիկ վիճակի ֆիզիոլոգիական առանձնահատկություններով:

Դանդաղ ռիթմերի (տատանման պարբերությունը 60 վրկ և ավելի) առկայությունը ուղեղի կարգավորիչ մեխանիզմներում, որոնք ապահովում են սոմատոսենսոր և հոգեֆիզիոլոգիական ակտիվության այս կամ այն ձևը, վկայում է ԿՆՀ ֆունկցիոնալ վիճակի ցածր մակարդակի մասին:

Հայաստանի ԳԱԱ Լ.Ա.Օրբելու անվ. ֆիզիոլոգիայի ինստիտուտ

Н. Э. Татевосян, Э. Г. Геворкян, Л. Г. Ваганян, Э. Г. Костанян

Исследование функционального состояния мозга по анализу характеристик зрительно-моторных реакций

Важную информацию о функциональном состоянии мозга можно получить на основе частотно-амплитудных характеристик коротковолновых (с периодом от нескольких секунд до нескольких минут) биоритмов мозгового управления различными соматовегетативными и психическими функциями. С этой целью нами проводились эксперименты по изучению особенностей волновой структуры простых зрительно-моторных реакций. Тест проводился в двух разновидностях - с равномерным, ритмическим предъявлением зрительных стимулов и со случайной аperiodической подачей сигнала. В ходе выполнения компьютерно модифицированных рефлексометрических тестов программно регистрировались некоторые специфические показатели динамики их выполнения, по которым после предварительного спектрального анализа выясняли особенности линейной регрессионной зависимости между различными периодическими компонентами биоритмов (оценивались ритмы с периодом до 10 с, от 10 до 30 с, от 30 до 60 и более с). Выявлено, что психофизиологические показатели не коррелированы с полом, типом нервной деятельности и с темпераментом обследуемых. Повышенная изменчивость динамики (нестабильность) психофизиологических показателей тесно коррелирует с низкими функциональными возможностями систем мозга, определяющих уровень данного психофизиологического акта. Представленность медленных ритмов (период колебаний 60 с и более) в регуляторных механизмах, как правило, свидетельствует о пониженном уровне функционального состояния центральной нервной системы.

Գրականություն

1. *Комаров Ф.И.* (ред). Хронобиология и хрономедицина. Руководство. М. Медицина. 1989. 400 с.
2. *Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З.* Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М. Наука. 1984. 221 с.
3. *Бехтерева Н.П.* Здоровый и больной мозг человека. Л. Наука. 1980. 208 с.
4. *Геворкян Э. Г.* В кн.: VI съезд Армянского физиологического общества. Ереван. 2001. С. 99-100.
5. *Сороко С.И., Бекшаев С.С., Сидоров Ю.А.* Основные типы механизмов саморегуляции мозга. М. Наука. 1990.
6. *Степанова С.И.* Биоритмологические аспекты проблемы адаптации. М. Наука. 1986. 244 с.
7. *Данилова Н.Н.* Функциональные состояния: механизмы и диагностика. М. 1985. 285 с.
8. *Лоскутова Т.Д.* В кн: Нейрофизиологические исследования в экспертизе трудоспособности. Л. Медицина. 1978. с. 165-194.
9. *Eysenck H. J.* The biological basis of personality. Springfield - Illinois. Thomas. 1962. 70 p.

ՈւՏԴ 592/599

Հ.Ջ.Գրիգորյան

Կենդանիների ապրելու վայրը ցույց տվող հայերեն անվանումների կազմության մասին

(Ներկայացված է ակադեմիկոս Ս.Հ. Մովսիսյանի կողմից 1/XI 2002)

Ներկայումս, երբ մեծ ուշադրություն է դարձվում հայոց լեզվի մաքրությանը, մեր լեզուն հայերեն անվանումներով հարստացնելուն, շատ կարևոր է բոլոր մասնագիտությունների բնագավառներում նույնպես հետևողական լինել այս սկզբունքին, մասնավորապես կենդանաբանության բնագավառում, որտեղ կենդանիների բազմաթիվ անվանումների չհիմնավորված, խառնաշփոթ թարգմանություններ կան:

Ուսուցման ընթացքում այս հանգամանքը դժվարություններ է առաջացնում թե՛ սովորողների, թե՛ սովորեցնողների՝ ուսուցիչների, դասախոսների համար: Դժվարությունների առջև են կանգնում նաև թարգմանիչները, բնագետներն ու բանասերները: Սա վերաբերում է նաև այն դեպքերին, երբ կենդանու անվան մեջ նշվում է նրա ապրելու աշխարհագրական վայրը կամ էկոլոգիական միջավայրը (գետ, լիճ, ծով, օվկիանոս, ցամաք): Նմանատիպ բազում թարգմանություններում դիտվում է կամայական, սուբյեկտիվ մոտեցում: Այսպես, որոշ գրականության մեջ *нильский крокодил*-ը, *гангский аллигатор*-ը թարգմանված են *Նեղոսի կոկորդիլոս*, *Գանգեսի ալիգատոր* [1,2]: Մի այլ տեղ՝ *Նեղոսյան կոկորդիլոս*, *Գանգեսյան ալիգատոր* [3,4]: *Сибирский осетр*-ը թարգմանված է *սիբիրյան մորե*, *սիբիրական մորե* [5,6], *Սիբիրի մորե* [1], *хариус*-ը՝ *սիբիրյան խարիուս*, *սիբիրական խարիուս* [1,2,5]: Ունենք նաև այսպիսի թարգմանություններ. *Դադաստանի մողես* և *դադաստանյան մողես* [1,3], *աֆրիկյան ջայլամ* և *աֆրիկական ջայլամ* [2,3], *Սախալինի մորե* և *սախալինյան մորե*, *Ամուրի կարմրաձուկ* և *ամուրյան կարմրաձուկ* [1,3,4]: Ձկների վերաբերյալ ունենք նաև *Սևանի կողակ*, *Քուռի կողակ*, բայց գետում բնակվող այլ տեսակներին անվանում են՝ *դանուբյան տայմեն*, *ազովյան փորաձուկ*, *կասպիական քարալեզ*, *բենգալյան օձաձուկ* և այլն [1,3,4]:

Դասագրքերում և ձեռնարկներում միևնույն ցեղին պատկանող կենդանիների անվանումները թվարկելիս ապրելավայրը ցույց տվող բաղադրիչին տարբեր վերջածանցներ կամ վերջավորություններ են տրված, ինչպես, օրինակ, *բեղլու Արաքսի*, *բեղլու արալյան*, *բեղլու Սևանի*, *բեղլու դրիմյան* [1,3]:

Երբեմն անհետևողականություն է նկատվում նույն հեղինակի մոտ՝ միևնույն կենդանու անունը նշելիս:

Նկատի ունենալով վերը շարադրվածը, առաջարկում ենք որոշակի սկզբունք մտցնել կենդանիների ապրելավայրը նշող անվանումները թարգմանելիս: Այսպես, եթե կենդանին ապրում է գետում կամ լճում, ապա նպատակահարմար է անվան ապրելավայրը ցույց տվող բաղադրիչը դնել սեռական հոլովով (որոշ դեպքերում այդպես է ընդունված ավանդաբար). *Նեղոսի կոկորդիլոս*, *Գանգեսի գավիալ*, *Ամուրի կարմրաձուկ*, *Չուդի սիգ*, *Սևանի սիգ* և այլն:

Եթե կենդանին ապրում է ծովում կամ օվկիանոսում, ապա ապրելավայրը նշող բաղադրիչին առաջարկում ենք ավելացնել **-յան** ածանցը. սևծովյան, կասպյան, արալ-

յան, կարիքյան և այլն: Իսկ այն դեպքերում, երբ կենդանիների անվանումների մեջ նշվում է ազգություն արտահայտող կամ էթնիկ բնակչություն ունեցող երկրի անունը, ապա այդ անվան արմատին պետք է ավելացնել **-ական**՝ հայկական, թուրքմենական, հնդկական, նորգելանդական և այլն, մյուս դեպքերում՝ **-յան** վերջածանցը՝ սիբիրյան, դադստանյան, դրիմյան, աֆրիկյան, մոզամբիկյան և այլն:

Անշուշտ, վերոնշյալ առաջարկները հաշվի առնելով, մեծապես կշահի կենդանաբանական տերմինաբանությունը, ուրեմն և՛ գիտությունը, և՛ հայոց լեզուն, ինչպես նաև մենք կխուսափենք կենդանիների անվանումների նկատմամբ տարակարծություններից:

ՀՀ ԳԱԱ կենդանաբանության ինստիտուտ

А.Дж. Григорян

О написании армянских названий животных, указывающих место их обитания

С целью устранения произвольного перевода на армянский язык названий животных, указывающих место их обитания, в статье предлагается применение конкретных суффиксов или окончаний для тех случаев, когда место обитания животного - река, озеро, море или суша (страна, материк и т.д.).

Գրականություն

1. *Համբարյան Մ.Ե.* Ողնաշարավորների կենդանաբանություն: 3-4 հատ, Երևան, 1999-2002:

2. *Ջիվանյան Կ.Ա., Դանիելյան Ֆ.Դ., Ռուխկյան Ռ.Հ., Յավրույան Է.Գ.* - Կենսաբանություն: Կենդանիներ (դասագիրք հանրակրթական դպր. 7-րդ դաս. համար): Երևան, Մակմիլան-Արմենիա, 2000:

3. *Ղազարյան Ռ.Ս.* Կենդանիների անունների հայերեն-ռուսերեն-լատիներեն կարգաբանական բառարան: Գիրք Ա-Դ, Երևան, 1992-2000:

4. *Նատունով Ս.Պ.* Ողնաշարավորների կենդանաբանություն: Պրակ. I, Երևան. 1956, Պրակ. II, Երևան, Հայպետուսմանկ հրատ., 1958 (թարգ. ռուսերենից):

5. *Ջաբարյան Խ.Ա.* Ողնաշարավորների կենդանաբանություն: Ուս. ձեռնարկ, Երևան, 1979:

6. *Մելքունյան Լ.Ս.* Կենդանաբանություն կենդանիների էկոլոգիայի հիմունքներով (քրոդավորներ): Ուս. ձեռնարկ, Երևան, 1988: