

**ՌՈՒՍԱՍՏԱՆԻ ԴԱՇՆՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ
ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ**

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ**

ՀԱՅ-ՌՈՒՍԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՏԱՄՆԵՐԿՈՒԵՐՈՐԴ ՏԱՐԵԿԱՆ ԳԻՏԱԺՈՂՈՎ

4–8 դեկտեմբերի 2017 թ.

Հոգվածների ժողովածու

**ԵՐԵՎԱՆ
ՈՒՀ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ
2018**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ**

РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ДВЕНАДЦАТАЯ ГОДИЧНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

4–8 декабря 2017 г.

Сборник статей

**ЕРЕВАН
ИЗДАТЕЛЬСТВО РАУ
2018**

УДК 5:06
ББК 22
Г 590

*Печатается по решению Ученого совета,
НТС и РИС РАУ*

Редакционная коллегия:

А.Р. Дарбинян (председатель), П.С. Аветисян (заместитель председателя),
Г.З. Саркисян, Э.М. Казарян, Г.Г. Казарян, А.А. Манукян, С.Г. Петросян,
Д.Г. Асатрян, Г.Г. Данагулян, А.А. Саркисян, А.П. Енгоян, В.А. Геворкян,
В.Г. Аветисян, А.В. Папоян, А. Аракелян, А.С. Овакимян.

Г 590 Годи́чная нау́чная конфе́ренция (4–8 декабря 2017г.): Сборник научных статей: серия: физико-математические и естественные науки. – Ер.: Изд-во РАУ, 2018. – 192 с.

Сборник печатается по материалам 12-ой Годи́чной Нау́чной конфе́ренции, проведенной в Российско-Армянском университете. Статьи публикуются в алфавитном порядке и под авторскую ответственность.

Публикация сборника осуществлена также в соответствии с требованиями ВАК РА к сборникам научных трудов.

УДК 5:06
ББК 22

ISBN 978-9939-67-213-7

© Издательство РАУ, 2018

МАТЕМАТИКА

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ СВЕРХТОЖДЕСТВ, ОПРЕДЕЛЕННЫХ ПО РАВЕНСТВУ

$$((x, y), u, v) = (x, y, (u, v))$$

Л.Р. Абрамян¹

¹Арцахский государственный университет

liana_Abrahamyan@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье характеризуются сверхтождества, определенные по равенству $((x, y), u, v) = (x, y, (u, v))$ в функционально-нетривиальных 2q-алгебрах и 3q-алгебрах.

Ключевые слова: $\{2,3\}$ -алгебра, 2q-алгебра, 3q-алгебра, обратимая алгебра, сверхтождество.

Введение

Обычно в алгебре изучаются свойства первого или второго порядка, т.е. такие свойства, которые выражаются формулами первого или второго порядка. Отличие формул первого и второго порядка заключается в том, что в формулах второго порядка кванторные символы существования и общности связывают не только предметные переменные, но и функциональные (предикатные) переменные. Одни из таких классов формул называются сверхтождествами.

Общее понятие сверхтождества рассматривал Ю.М. Мовсисян [1–4]) как формулу языка второго порядка следующего вида:

$$\forall X_1, \dots, X_m \forall x_1, \dots, x_n (w_1 = w_2),$$

где $X_1, \dots, X_m$ – функциональные переменные, а $x_1, \dots, x_n$ – предметные переменные в словах (термах) w_1, w_2 . О формулах второго порядка см. ([5, 6]) (см. также [7, 8]).

Обычно сверхтождества записываются без кванторной приставки, понимая их выполнимость (истинность) в алгебрах в следующем смысле. В алгебре (Q, Σ) выполняется сверхтождество:

$$w_1 = w_2, \quad (*)$$

если равенство $(*)$ справедливо, когда в нем каждая предметная переменная и каждая функциональная переменная заменяются, соответственно, любым элементом из Q и любой операцией, соответствующей арности из Σ (предполагается возможность такой замены, т.е. имеет место включение $\{|X_1|, \dots, |X_m|\} \subseteq \{|A| \mid A \in \Sigma\}$, где $|S|$ – арность S). Число m называется функциональным рангом сверхтождества; если $m > 1$, то сверхтождество называется нетривиальным.

Например, в дистрибутивной решетке $Q(+, \cdot)$ выполняются следующие сверхтождества идемпотентности, коммутативности, ассоциативности и дистрибутивности:

$$X(x, x) = x,$$

$$X(x, y) = X(y, x),$$

$$X(X(x, y), z) = X(x, X(y, z)).$$

$$X(x, Y(y, z)) = Y(x, X(x, y), X(x, z)).$$

Доказано [3, 4] и обратное утверждение, что любое сверхтождество многообразия дистрибутивных решеток является следствием этих четырех сверхтождеств. Кроме того, в [3, 4] характеризованы также сверхтождества многообразий всех решеток, модулярных решеток, а также многообразие булевых алгебр. В [7, 8] рассмотрены сверхтождества в термальных алгебрах или в алгебрах полиномов. Они доказали, что в полиномиальных алгебрах групп или полугрупп сверхтождества не имеют конечного базиса.

Алгебра с бинарными и тернарными операциями называется $\{2,3\}$ -алгеброй.

$\{2,3\}$ -алгебра (Q, Σ) называется функционально-нетривиальной, если в ней множество бинарных и множество тернарных операций неоднородно.

$\{2,3\}$ -алгебра (Q, Σ) называется обратимой алгеброй, если в ней каждая операция квазигрупповая.

$\{2,3\}$ -алгебра (Q, Σ) называется 2q-алгеброй, если в ней существует бинарная квазигрупповая операция и 3q-алгеброй, если в ней существует тернарная квазигрупповая операция.

n -группоид $Q(A)$ называется n -квазигруппой или n -арной квазигруппой, если в равенстве $A(x_1^n) = x_n + 1$ всякие n элементы из x_1^{n+1} однозначно определяют $n + 1$ -й. Иными словами, $Q(A)$ называется n -квазигруппой, если уравнение

$$A(a_1^{i-1}, x, a_{i+1}^n) = b$$

однозначно разрешимо для любых $a_1^n, b \in Q$ и для любого $i = 1, 2, \dots, n$.

При $n = 2$ получаем 2-квазигруппу или обычную (бинарную) квазигруппу, а при $n = 3$ получаем 3-квазигруппу или тернарную квазигруппу.

Основной результат

Основным результатом данной статьи является следующая теорема:

Теорема. 1). Если в функционально-нетривиальной 2q-алгебре выполняется нетривиальное свертное тождество, определенное по равенству:

$$((x, y), u, v) = (x, y, (u, v)) ,$$

тогда в нем каждая тернарная функциональная переменная повторяется хотя бы два раза. Следовательно, каждое такое свертное тождество может быть только функционального ранга 2 или 3 и одного из следующих видов:

$$X(Y(x, y), u, v) = X(x, y, Y(u, v)),$$

$$X(Y(x, y), u, v) = X(x, y, Z(u, v)).$$

2). Если в функционально-нетривиальной 3q-алгебре выполняется нетривиальное свертное тождество, определенное по равенству:

$$((x, y), u, v) = (x, y, (u, v)),$$

тогда в нем каждая бинарная функциональная переменная повторяется хотя бы два раза. Следовательно, каждое такое сверхтождество может быть только функционального ранга 2 или 3 и одного из следующих видов:

$$Y(X(x, y), u, v) = Z(x, y, X(u, v)),$$

$$Y(X(x, y), u, v) = Y(x, y, X(u, v)).$$

Доказательство: 1). Пусть в функционально-нетривиальной $2q$ -алгебре выполняется нетривиальное сверхтождество, определенное по равенству:

$$((x, y), u, v) = (x, y, (u, v)).$$

Рассмотрим произвольное такое сверхтождество:

$$X(Y(x, y), u, v) = Z(x, y, T(u, v)).$$

Предположим, что в этом сверхтождестве функциональная переменная X встречается всего один раз и A -бинарная квазигрупповая операция из Σ . Тогда имеем:

$$X_1(A(x, y), u, v) = Z(x, y, T(u, v)) \quad (1)$$

$$X_2(A(x, y), u, v) = Z(x, y, T(u, v)), \quad (2)$$

где $X_1 \neq X_2$ и $X_1, X_2 \in \Sigma$.

Правые части равенства (1) и (2) равны, следовательно, равны и их левые части, т.е. имеет место:

$$X_1(A(x, y), u, v) = X_2(A(x, y), u, v).$$

Так как тернарная операция обратима (квазигрупповая), то из равенства

$$X_1(A(x, y), u, v) = X_2(A(x, y), u, v)$$

следует

$$X_1(t, u, v) = X_2(t, u, v),$$

где $t = A(x, y) \in Q$ – произвольный элемент из Q . Противоречие.

Следовательно, функциональная переменная X должна повторяться в рассматриваемом сверхтождестве.

2). Аналогично доказывается, что бинарная функциональная переменная Y также должна повторяться, если данное сверхтождество выполняется в функционально-нетривиальной 3q-алгебре. Действительно, пусть функциональная переменная Y встречается всего один раз. Здесь полагаем $X = B$, где B – тернарная квазигрупповая операция из Σ . Тогда имеем:

$$B(Y_1(x, y), u, v) = Z(x, y, T(u, v))$$

$$B(Y_2(x, y), u, v) = Z(x, y, T(u, v)),$$

где $Y_1 \neq Y_2$ и $Y_1, Y_2 \in \Sigma$.

Следовательно,

$$B(Y_1(x, y), u, v) = B(Y_2(x, y), u, v),$$

и поскольку B – тернарная квазигрупповая операция, здесь можно сократить на u, v :

$$Y_1(x, y) = Y_2(x, y),$$

т.е. $Y_1 = Y_2$. Противоречие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мовсисян Ю.М. Введение в теорию алгебр со сверхтождествами. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1986.
2. Мовсисян Ю.М. Сверхтождества и сверхмногообразия в алгебрах. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1990.
3. Movsisyan Yu. Hyperidentities in algebras and varieties // Uspekhi Matematicheskikh Nauk, 53(1998). PP. 61–114. English translation in Russian Mathematical Surveys 53 (1998). PP. 57–108.
4. Movsisyan Yu. Hyperidentities and hypervarieties, Scientiae Mathematicae Japonicae, 54(3), (2001). PP. 595–640.
5. Malcev A. Some problems in the theory of classes of models, Proceedings of IV All-Union Mathematical Congress, Leningrad, I, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Leningrad. PP. 169–198, 1963.
6. Church A. Introduction to mathematical logic, vol. I, Princeton University Press, Princeton, 1956. Bergman G. Hyperidentities of groups and semigroups, Aequationes Math. 23(1981). PP. 50–65.

7. *Taylor W.* Hyperidentities and hypervarieties, *A equations Math.* 23(1981). PP. 111–127.

**CHARACTERIZATION OF HYPERIDENTITIES DEFINED
BY THE EQUATION $((x, y), u, v) = (x, y, (u, v))$**

L. Abrahamyan

ABSTRACT

In this paper we characterize the hyperidentities defined by the equation $((x, y), u, v) = (x, y, (u, v))$ which are satisfied in functionally non-trivial 2q-algebras and 3q-algebras.

Keywords: {2}-algebra, 2q-algebra, 3q-algebra, invertible algebra, hyperidentity.

$((x, y), u, v) = (x, y, (u, v))$ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒԹՅԱՄԲ ՈՐՈՇՎՈՂ
ԳԵՐՆՈՒՑՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐՈՒՄԸ

Լ.Ռ. Աբրահամյան

ԱՍՓՈՓՈՒՄ

Ներկա աշխատանքում բնութագրվում են $((x, y), u, v) = (x, y, (u, v))$ հավասարությանը որոշվող գերնույնությունները ֆունկցիոնալ-ոչտրիվիալ 2q-հանրահաշիվներում և 3q-հանրահաշիվներում:

Հիմնաբառեր՝ {2}-հանրահաշիվ, 2q-հանրահաշիվ, 3q-հանրահաշիվ, հակադարձելի հանրահաշիվ, գերնույնություն:

ԵՐԵՔ ԽՈՐԱՆԱՐԴՆԵՐԻ ԳՈՒՄԱՐԻ ԽՆԴՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա.Հ. Ավագյան¹, Գ.Վ. Դալլաքյան¹

*¹Խ. Արուվյանի անվան հայկական պետական
մանկավարժական համալսարան*

avagyana73@gmail.com, dallakyangurgen@gmail.com

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Հոդվածը նվիրված է հայտնի $a^3 + b^3 + c^3 = d$ տեսքի դիոֆանտյան հավասարումների որոշ մասնավոր դեպքերի լուծմանը: Հաջողվել է գտնել նշված խնդրի լուծման արդյունավետ ալգորիթ, որն այս խնդրի լուծման այլ ալգորիթների համեմատ ավելի պարզ է և օգտագործում է զգալիորեն փոքր քանակությամբ գործողություններ:

Հիմնաբառեր՝ դիոֆանտյան հավասարումներ, երեք խորանարդների գումար:

1. Ներածություն

Ամբողջ թվի երեք խորանարդների գումարով ներկայացնելու խնդիրն ունի ավելի քան 160 տարվա պատմություն: Այս խնդրի ուղղությամբ հայտնի առաջին ակնարկն արվել է Ֆերմայի կողմից, ով առաջարկել է գտնել այնպիսի ոչ զրոյական երեք ամբողջ թվեր, որոնց n աստիճանների գումարը հավասար է զրոյի: Խնդրի դրվածը հիմք հանդիսացավ, որ հետագայում շատ մաթեմատիկոսներ (Էյլեր, Վիետ և

այլն) զբաղվեն $n = 3$ դեպքի, այսինքն՝ $x^3 + y^3 + z^3 = k$ հավասարման, լուծումների փնտրմամբ k -ի տարբեր արժեքների համար: Ներկայացնենք որոշ նշանակալից արդյունքներ ըստ ժամանակացույցի:

1825 թվական. Ս. Ռայլին իր [1] աշխատանքում $k \in Z$ դեպքի համար ստացավ ռացիոնալ լուծումների պարամետրական ընտանիք՝

$$x = \frac{(9d^6 - 30k^2d^3 + k^4)(3d^3 + k^2) + 72k^4d^3}{6kd(3d^3 + k^2)^2}$$

$$y = \frac{30k^2d^3 - 9d^6 - k^4}{6kd(3d^3 + k^2)}$$

$$z = \frac{18kd^5 - 6k^3d^2}{(3d^3 + k^2)^2}$$

1908 թվական. Ա.Ս. Վերեբրուսովը քննարկեց $k = 2$ դեպքը և գտավ լուծումների այսպիսի պարամետրական ընտանիք [2].

$$(6t^3 + 1)^3 - (6t^3 - 1)^3 - (6t^2)^3 = 2:$$

1936 թվական. ավելի ուշ $k = 1$ դեպքի վերաբերյալ առաջին հետազոտությունը հրապարակվեց Մահլերի կողմից [3].

$$(9t^4)^3 + (3t - 9t^4)^3 + (1 - 9t^3)^3 = 1$$

1942 թվական. Մորդելն ապացուցեց [2], որ k -ի ցանկացած այլ արժեքների համար $x^3 + y^3 + z^3 = k$ հավասարման ռացիոնալ գործակիցներով պարամետրական լուծումը պետք է լինի առնվազն 5 աստիճանի:

1954 թվական. Միլլերն ու Վուլթըր [4] հայտնաբերեցին 1-ից 100 միջակայքի 69 թվերի խորանարդների գումարով ներկայացումները, ընդ որում x, y, z -ը բավարարում էին $|x|, |y|, |z| \leq 3164$ պայմանին:

1963 թվական. Գարդիների, Լազարուսի և Ստեյնի [5] կողմից գտնվեցին $x^3 + y^3 = z^3 - k$ հավասարման $0 \leq x \leq y \leq 2^{16}$, $0 \leq z - x \leq 2^{16}$ և $0 \leq |k| \leq 999$ պայմաններին բավարարող համարյա բոլոր լուծումները: Նրանց չհաջողվեց գտնել 1-ից 1000 միջակայքի միայն 70 թվերի ներկայացումները՝ 30, 33, 39, 42, 52, 74, 75, 84, 110, 114, 143, 156, 165, 180, 195, 231, 290, 312, 318, 321, 366, 367, 390, 420, 435, 439, 444, 452, 462, 478, 501, 516, 530, 534, 542, 556, 564, 579, 588, 600, 606, 609, 618, 627,

633, 660, 663, 732, 735, 754, 758, 767, 777, 786, 789, 795, 830, 834, 861, 870, 894, 903, 906, 912, 921, 933, 948, 964, 969, 975,

1992 թվական. գտնվեց 39 թվի ներկայացումը: Հիթ-Բրաունը, Լիոնը և Ռիլեն [6] օգտագործեցին լիովին նոր ալգորիթմ և հայտնաբերեցին, որ

$$39 = 134476^3 + 117367^3 + (-159380)^3:$$

1994 թվական. Կոյաման [7] օգտագործեց անհատական համակարգիչներ և լայնացրեց որոնումների տիրույթը՝ մինչև $|x|, |y|, |z| \leq 2^{21}$, բացի այդ գտավ 100–ից 1000 միջակայքի մինչ այդ անհայտ ևս 16 թվերի ներկայացումները: Նույն տարում Կոնը և Վասերստեյնը գտան 84–ի և 960–ի ներկայացումները և իրենց [8] աշխատանքում կազմեցին $k \in (1, 100)$ միջակայքի լուծումների աղյուսակը:

1995 թվական. Բրենները [9] մշակեց ալգորիթմ, որն օգտագործում էր Էլիպտիկ կորերի տեսությունը: Դրանով նա Էսպես փոքրացրեց փնտրման տիրույթը և գտավ 75–ի (ըստ այդմ 600–ի) ներկայացումը, այդպիսով մինչ 100 թվերի մեջ անհայտ լուծումների քանակը դարձնելով 5: Ապա Լյուքը [10] նույն ալգորիթմով գտավ 110, 435 և 478 թվերի առաջին ներկայացումները:

1997 թվական. Կոյաման, Յուրուոկան և Սեկիզավան մեկ այլ ալգորիթմով գտան 100–ից մինչև 1000 միջակայքի ևս 5 թվերի համար լուծումներ: Իրենց [11] աշխատանքում նրանք քննարկեցին նաև մինչ այդ հայտնի որոշ ալգորիթմների բարդության աստիճանը:

1999 թվական. Բեննշտեյնը [12], իրագործելով Էլկիասի [13] աշխատանքում առաջարկված մեթոդը հայտնաբերեց k -ի 11 նոր արժեքների համար լուծումներ:

Ընդհանրացնելով վերն ասվածը, կարելի է նշել, որ $1 \leq k \leq 999$ արժեքներից մինչ 21-րդ դարի սկիզբը չլուծված էին մնացել 27-ը: Դրանք, իրենց փնտրման տիրույթների հետ միասին, ներկայացված են ստորև բերված աղյուսակում:

K	< T
33	10^{12}
42	6.5×10^{11}

74	1.5×10^{11}
156, 165, 318, 366, 390, 420, 534, 564, 579, 609, 627, 633, 732, 758, 786, 789, 795, 834 894, 903, 906, 921, 948, 975	10^{10}

Միայն վերջերս՝ 2007 թվականին, Էլզենհանսի և Յահնեղի կողմից [14] հնարավոր եղավ գտնել լուծումներ $k=156, 318, 366, 420, 564, 758, 789, 894$ և 948 արժեքների համար՝

$$\begin{aligned}
 156 &= 26577110807569^3 - 18161093358005^3 - 23381515025762^3 \\
 318 &= 47835963799^3 + 20549442727^3 - 49068024704^3 \\
 318 &= 1970320861387^3 + 1750553226136^3 - 2352152467181^3 \\
 318 &= 30828727881037^3 + 27378037791169^3 - 36796384363814^3 \\
 366 &= 241832223257^3 + 167734571306^3 - 266193616507^3 \\
 420 &= 8859060149051^3 - 2680209928162^3 - 8776520527687^3 \\
 564 &= 53872419107^3 - 1300749634^3 - 53872166335^3 \\
 758 &= 662325744409^3 + 109962567936^3 - 663334553003^3 \\
 789 &= 18918117957926^3 + 4836228687485^3 - 19022888796058^3 \\
 894 &= 19868127639556^3 + 2322626411251^3 - 19878702430997^3 \\
 948 &= 323019573172^3 + 63657228055^3 - 323841549995^3 \\
 948 &= 103458528103519^3 + 6604706697037^3 - 103467499687004^3
 \end{aligned}$$

Այսպիսով, 1000-ից փոքր թվերից մնացել են միայն 33, 42, 114, 165, 390, 579, 627, 633, 732, 795, 906, 921, 975 թվերը, որոնք առայժմ չեն ստացել իրենց լուծումները, մնացած բոլորի ներկայացումները հրապարակված են համացանցում, մասնավորապես դա արվել է Սանդեր Հուիսմանի կողմից [15]:

2. Նոր մեթոդ և արդյունքներ

Ինչպես արդեն նկատեցինք, ամբողջ թվի երեք խորանարդների գումարի տեսքով ներկայացնելու խնդրում դեռևս շատ հարցեր են բաց

մնում, նույնիսկ $k=1$ դեպքում հայտնի չէ՝ կա արդյոք բոլոր հնարավոր լուծումների բազմությունը նկարագրող ընտանիք:

Ընդհանրապես ասած, հայտնի է, որ չկա վերջավոր մեթոդ՝ պարզելու համար տրված դիոֆանտյան հավասարումն ունի լուծումներ, թե՛ ոչ: Այնուհանդերձ, հարկ է նշել, որ

$$x^3 + y^3 + z^3 = k^3 \quad (2.1)$$

խնդրի բոլոր ռացիոնալ լուծումները հայտնի են.

$$x = q[1 - (a - 3b)(a^2 + 3b^3)]$$

$$y = q[1 - (a - b)(a^2 + 3b^3)]$$

$$z = q[(a^2 + 3b^2)^2 - (a + 3b)]$$

$$k = q[(a^2 + 3b^2)^2 - (a - 3b)]$$

որտեղ q, a, b -ը ցանկացած ռացիոնալ թվեր են [16]: Պարզ է, որ եթե ընդունենք q -ի արժեքը հավասար $[(a^2 + 3b^2)^2 - (a - 3b)]$ -ի հակադարձին՝ կստանանք

$$x^3 + y^3 + z^3 = 1 \quad (2.2)$$

հավասարման ռացիոնալ լուծումները:

Չնայած ռացիոնալ լուծումների գոյությանը (2.2)-ի ամբողջ լուծումների պարամետրական ընտանիքի հարցը վերջնականորեն լուծված չէ: Մասնավորապես, այդ ուղղությամբ հայտնի արդյունք հանդիսացող

$$(1 + -9m^3)^3 + (9m^4)^3 + (-9m^4 + 3m)^3 = 1 \quad (2.3)$$

ներկայացումը չի ստանում (2.2)-ի բոլոր լուծումները, քանի որ այդ հավասարման համար [16]-ում գտնված են (2.3)-ից տարբեր լուծումներ, օրինակ.

$$(1 - 9t^3 + 648t^6 + 3888t^9)^3 + (-135t^4 + 3888t^{10})^3 + (3t - 81t^4 - 1296t^7 - 3888t^{10})^3 = 1$$

Ինչ վերաբերում է $a^3 + b^3 + c^3 = 2$ խնդրին, այստեղ ևս կա պարամետրական լուծում.

$$(6t^3 + 1)^3 - (6t^3 - 1)^3 - (6t^2)^3 = 2 \quad (2.4)$$

որը, սակայն, ևս չի «ծածկում» բոլոր ամբողջ լուծումները, քանի որ.

$$21214928^3 + 3480205^3 - 3528875^3 = 2$$

$k = 1, 2$ դեպքերի նկարագրումն արդեն ապացուցում է, որ

$$a^3 + b^3 + c^3 = k \quad (2.5)$$

խնդրի լուծումը $k > 2$ ընդհանուր դեպքում բավականաչափ բարդ է և այս ուղղությամբ ստացված ցանկացած արդյունք ինքնին հետաքրքիր է:

Երկար ժամանակ չլուծված է մնում այն խնդիրը, թե արդյոք ցանկացած $k \neq 4.5(mod 9)$ ամբողջ թիվ կարելի է ներկայացնել երեք թվերի խորանարդների գումարի տեսքով: Բնական է, որ այսպիսի խնդիրների լուծման հուսադրող ուղիներից շատերը պետք էր կապել համակարգչային տեխնոլոգիաների զարգացման հետ: Համաձայն Դանիել Բեռնշտեյնի [12] համացանցային էջի, համակարգիչների օգտագործմամբ այս հարցի ուսումնասիրությունը սկսվել է 1955 թվականից: Այնուհանդերձ, $k = 3$ դեպքում, բացի $(1, 1, 1)$, $(4, 4, -5)$, $(4, -5, 4)$ և $(-5, 4, 4)$ ակնհայտ լուծումներից, մինչ օրս այլ լուծումներ չեն գտնվել: Իսկ օրինակ, $k = 30$ -ի համար առաջին լուծումը գտնվել է 2000 թվականին Հարվարդի համալսարանի երիտասարդ պրոֆեսոր Ն. Էլկիսի կողմից [17]:

Սույն աշխատանքում ներկայացված մեթոդը և արդյունքը ևս վերաբերում են հանրահայտ երեք խորանարդների գումարի խնդրին: Սակայն այստեղ մենք դիտարկում ենք խնդրի ավելի ընդհանուր դրվածքը. փնտրում ենք հնարավորինս բարձր կարգի $P_1(y)$, $P_2(y)$, $P_3(y)$ և հնարավորինս ցածր կարգի $Q(y)$ բազմանդամներ, այնպիսիք՝ որ տեղի ունենա

$$P_1^3(y) + P_2^3(y) + P_3^3(y) = Q(y) \quad (2.6)$$

հավասարությունը: Պարզ է, որ $\deg Q(y) = 0$ դեպքում (2.6)-ը հանգում է հնարավորինս փոքր աջ մասով (2.5) հավասարման հնարավորինս մեծ լուծումների ստացմանը:

Նշենք, որ այս աշխատանքում ներկայացված ալգորիթմը լիովին նոր մոտեցում է: Այն էապես տարբերվում է մինչ այժմ հայտնի լուծումներից, առանձնանում է գործողությունների շատ ավելի փոքր քանակով և արդյունավետությամբ: Նկարագրենք այդ ալգորիթմը $(8, 8, 6)$ մասնավոր դեպքի համար, այսինքն՝ որոնելի $P_1^3(y) + P_2^3(y) + P_3^3(y)$ գումարը փնտրենք հետևյալ տեսքով.

$$(ax^8 + bx^5 + cx^2)^3 - (ax^8 + b_1x^5 + c_1x^2)^3 - (Ax^6 + Bx^3 + C)^3 \quad (2.7)$$

Հաշվումների բարդությունը մեղմելու նպատակով կօգտագործենք Mathematica 11.0 փաթեթը: Նախ վերլուծենք (2.7)-ը.

$$\begin{aligned}
& -C^3 - 3BC^2x^3 + (c^3 - 3B^2C - 3AC^2 - c_1^3)x^6 \\
& + (-B^3 + 3bc^2 - 6ABC - 3b_1c_1^2)x^9 \\
& + (-3AB^2 + 3b^2c + 3ac^2 - 3A^2C - 3b_1^2c_1 - 3ac_1^2)x^{12} \\
& + (b^3 - 3A^2B - b_1^3 + 6abc - 6ab_1c_1)x^{15} \\
& + (-A^3 + 3ab^2 - 3ab_1^2 + 3a^2c - 3a^2c_1)x^{18} \\
& + (3a^2b - 3a^2b_1)x^{21}
\end{aligned}$$

Ալգորիթմ:

Քայլ առաջին: Ընդունենք $b_1 = b$, կունենանք.

$$\begin{aligned}
& -C^3 - 3BC^2x^3 + (c^3 - 3B^2C - 3AC^2 - c_1^3)x^6 \\
& + (-B^3 + 3bc^2 - 6ABC - 3bc_1^2)x^9 \\
& + (-3AB^2 + 3b^2c + 3ac^2 - 3A^2C - 3b^2c_1 - 3ac_1^2)x^{12} \\
& + (-3A^2B + 6abc - 6abc_1)x^{15} + (-A^3 + 3a^2c - 3a^2c_1)x^{18}
\end{aligned}$$

Քայլ երկրորդ: Գլխավոր անդամի գործակիցը հավասարեցնենք 0-ի
և ստացված $c_1 = \frac{-A^3 + 3a^2c}{3a^2}$ արժեքը տեղադրենք վերլուծության մեջ.

$$\begin{aligned}
& -C^3 - 3BC^2x^3 + \left(\frac{A^9}{27a^6} - \frac{A^6c}{3a^4} + \frac{A^3c^2}{a^2} - 3B^2C - 3AC^2 \right)x^6 \\
& + \left(-\frac{A^6b}{3a^4} - B^3 + \frac{2A^3bc}{a^2} - 6ABC \right)x^9 \\
& + \left(-\frac{A^6}{3a^3} + \frac{A^3b^2}{a^2} - 3AB^2 + \frac{2A^3c}{a} - 3A^2C \right)x^{12} \\
& + \left(\frac{2A^3c}{a} - 3A^2B \right)x^{15}
\end{aligned}$$

Քայլ երրորդ: Վարվելով նույն կերպ կունենանք $B = \frac{2Ab}{3a}$ արժեքը,
որի տեղադրումից կստանանք.

$$\begin{aligned}
& -C^3 - \frac{2AbC^2x^3}{a} + \left(\frac{A^9}{27a^6} - \frac{A^6c}{3a^4} + \frac{A^3c^2}{a^2} - \frac{4A^2b^2C}{3a^2} - 3AC^2 \right) x^6 \\
& + \left(-\frac{A^6b}{3a^4} - \frac{8A^3b^3}{27a^3} + \frac{2A^3bc}{a^2} - \frac{4A^2bc}{a} \right) x^9 \\
& + \left(-\frac{A^6}{3a^3} + \frac{A^3b^2}{a^2} + \frac{2A^3c}{a} - 3A^2C \right) x^{12}
\end{aligned}$$

Քայլ երրորդ: Վերջում կատարելով $C = \frac{-A^4 - aAb^2 + 6a^2Ac}{9a^3}$ փոխարինումը՝ կստանանք.

$$\begin{aligned}
& \frac{A^{12}}{729a^9} + \frac{A^9b^2}{243a^8} + \frac{A^6b^4}{243a^7} + \frac{A^3b^6}{729a^6} - \frac{2A^9c}{81a^7} - \frac{4A^6b^2c}{81a^6} - \frac{2A^3b^4c}{81a^5} + \frac{4A^6c^2}{27a^5} \\
& + \frac{4A^3b^2c^2}{27a^4} - \frac{8A^3c^3}{27a^3} \\
& + \left(-\frac{2A^9b}{81a^7} - \frac{4A^6b^3}{81a^6} - \frac{2A^3b^5}{81a^5} + \frac{8A^6bc}{27a^5} + \frac{8A^3b^3C}{27a^4} \right. \\
& \left. - \frac{8A^3bc^2}{9a^3} \right) x^3 + \left(\frac{2A^6b^2}{27a^5} + \frac{A^3b^4}{9a^4} + \frac{A^6c}{9a^4} - \frac{4A^3b^2c}{9a^3} - \frac{A^3c^2}{3a^2} \right) x^6 \\
& + \left(\frac{A^6b}{9a^4} + \frac{4A^3b^3}{27a^3} - \frac{2A^3bc}{3a^2} \right) x^9
\end{aligned}$$

Հետագա դիտարկումները նվիրված են հետաքրքրություն ներկայացնող դեպքերի բացահայտմանը: Նախ վերլուծենք գլխավոր անդամի գործակիցը.

$$-\frac{A^3b(-3A^3 - 4ab^2 + 18a^2c)}{27a^4}$$

Դեպք 1. $b = 0$: Արդյունքն ունի

$$\frac{A^{12}}{729a^9} - \frac{2A^9c}{81a^7} + \frac{4A^6c^2}{27a^5} - \frac{8A^3c^3}{27a^3} + \left(\frac{A^6c}{9a^4} - \frac{A^3c^2}{3a^2} \right) x^6$$

տեսքը: Նորից վերլուծենք գլխավոր գործակիցը՝

$$-\frac{A^3c(-A^3 + 3a^2c)}{9a^4}$$

Ենթադեպք 1.1. $c = 0$: Արդյունքն ունի $\frac{A^{12}}{729a^9}$ տեսքը, որն ռացիոնալ թվի խորանարդ է և հետևաբար հետաքրքիր չէ:

Ենթադեպք 1.2. $c = \frac{A^3}{3a^2}$: Այստեղ ևս ստացվում է ոչ հետաքրքիր արդյունք՝ $-\frac{A^{12}}{729a^9}$:

Դեպք 2. $c = \frac{3A^3+4ab^2}{18a^2}$: Արդյունքում ունենք.

$$-\frac{A^3(-3A^3+2ab^2)(3A^3+2ab^2)}{972a^6}$$

Վերլուծելով վերջինս և տեղադրելով $a = \frac{3A^3}{2b^2}$, կստանանք.

$$-\frac{64b^{18}}{14348907A^6} - \frac{64b^{15}x^3}{177147A^3}$$

Վերջապես ընդունելով $x = \frac{2yb}{A}$, կստանանք մեզ համար հետաքրքրություն ներկայացնող արդյունք՝ $-1 - 648y^3$:

Քննարկենք ստացված ներկայացման կիրառությունը (2.5) հավասարման լուծման գործընթացում: Նախ, վերհիշենք ներկայացումը.

$$(54y^2(1+36y^3+432y^6))^3 - (18y^2(1+108y^3+1296y^6))^3 - (1+216y^3+3888y^6)^3 = -1 - 648y^3$$

Ապա կիրառենք հետևյալ ծրագրային կոդը.

G8[y_] :=

$$1/GCD[(54y^2(1+36y^3+432y^6)), (18y^2(1+108y^3+1296y^6)), (1+216y^3+3888y^6)]$$

F8[y_] :=

$$G8[y_] * \{(54y^2(1+36y^3+432y^6)), (18y^2(1+108y^3+1296y^6)), (1+216y^3+3888y^6)\}$$

$$V8[y_] := G8[y]^3 * (-1 - 648y^3)$$

For[$i = -10, i \leq 10, i++$,

$$IF[Abs[V8[i]] < 10000, If[Max[Abs[F8[i]]] > 10000,$$

$Print[\{i, F8[i], V8[i]\}]]]$

Արդյունքն ունի հետևյալ տեսքը.

$$\{-2, \{5909976, 5909832, 247105\}, 5183\}$$

$$\{-1, \{21438, 21402, 3673\}, 647\}$$

Վերջինս մասնավորապես նշանակում է, որ $21438^3 - 21402^3 - 3673^3 = 647$:

Նշենք, որ բերված ծրագրային կոդում փոքր փոփոխություններ կատարելով կարելի է ստանալ [1, 999] հատվածի շատ թվերի համար նոր ներկայացումներ, սակայն 33, 42, 114, 165, 390, 579, 627, 633, 732, 795, 906, 921, 975 չլուծված դեպքերից ոչ մեկի համար առայժմ մեզ չի հաջողվում ստանալ որևէ ներկայացում:

Այնուհանդերձ հատկանշանական է, որ մեր ալգորիթմը առանձնակի արդյունավետությամբ է աշխատում «մեծ» թվերի հետ: Քանի որ, $\max[abs[x, y, z]] \leq 10^{14}$ դեպքում կան հայտնի աղյուսակներ [12], ուստի փորձենք գտնել $\max[abs[x, y, z]] \geq 10^{15}$ պայմանին բավարարող լուծումներ, որոնք կհամապատասխանեն հնարավորինս փոքր $abs[k]$ -երի: Դրա համար, ծրագրային կոդի ցիկլը ձևափոխենք.

Կստանանք.

```

For[i = -100, i ≤ 100, i + +,
    IF [Abs[V8[i]] < 100000000,
        If[Max [Abs[F8[i]]] > 10000000000000000,
            Print[[i, F8[i], V8[i]]]]]
```

```

{-24, {2 567 821 449 787 776, 2 567 821 449 767 040, 743 005 384 705}, 8 957 951}
{-23, {1 826 826 152 412 942, 1 826 826 152 393 898, 575 560 908 361}, 7 884 215}
{-22, {1 280 134 359 213 336, 1 280 134 359 195 912, 440 818 766 785 }, 6 899 903}
{-21, {882 323 723 704 878, 882 323 723 689 002, 333 456 678 073}, 6 001 127}
{-20, {597 190 579 221 600, 597 190 579 207 200, 248 830 272 001 }, 5 183 999}
{-19, {396 187 745 103 486, 396 187 745 090 490, 182 912 903 785 }, 4 444 631}
{-18, {257 069 967 014 232, 257 069 967 002 568, 132 238 267 201 }, 3 779 135}
{-17, {162 727 709 397 246, 162 727 709 386 842, 93 845 807 065 }, 3 183 623}
{-16, {100 190 958 663 168, 100 190 958 653 952, 65 228 931 073 }, 2 654 207}
```

Այստեղից, մասնավորապես հետևում է, որ

$$100190958663168^3 - 100190958653952^3 - 65228931073^3 = 2654207$$

Եթե վերը բերված ալգորիթմը կիրառենք (25, 25, 18) դեպքի համար, ապա ստացվում են ավելի հետաքրքիր արդյունքներ, օրինակ.

$$13567468738287354512175583509^3 - \\ 13567468738287354512175542037^3 - 283982316767867289601^3 = \\ -4852225$$

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. *Ryley S.* The Ladies' Diary 122 (1825), 35.
2. *Mordell L.* On Sums of Three Cubes, Journal of the London Mathematical Society 17 (1942). PP. 139–144. MR0007761 (4:189d).
3. *Mahler K.* Note On Hypothesis K of Hardy and Littlewood, Journal of the London Mathematical Society 11 (1936). PP. 136–138.
4. *Miller J.C.P. and Woollett M.F.C.* Solution of the Diophantine Equation $x^3 + y^3 + z^3 = k$, Journal of the London Mathematical Society 30 (1955). PP. 101–110. MR0067916 (16:797e).
5. *Gardiner V., Lazarus R. and Stein P.* Solutions of the Diophantine Equation $x^3 + y^3 = z^3 - d$, Mathematics of Computation 18 (1964). PP. 408–413. MR0175843 (31:119).
6. *Heath-Brown D., Lioen W. and te Riele H.* On Solving the Diophantine Equation $x^3 + y^3 + z^3 = k$ on a Vector Computer, Mathematics of Computation 61 (1993). PP. 235–244. MR1202610 (94f:11132).
7. *Koyama K.* Tables of solutions of the Diophantine equation $x^3 + y^3 + z^3 = n$, Mathematics of Computation 62 (1994). PP. 941–942.
8. *Conn W. and Vaserstein L.* On Sums of Three Integral Cubes, Contemporary Mathematics 166 (1994). PP. 285–294. MR1284068 (95g:11128).
9. *Bremner A.* On sums of three cubes, Canadian Mathematical Society Conference Proceedings 15 (1995). PP. 87–91. MR1353923 (96g:11024).
10. *Richard F. Lukes,* A Very Fast Electronic Number Sieve, University of Manitoba doctoral thesis, 1995.
11. *Koyama K.* Yukio Tsuruoka and Hiroshi Sekigawa, On Searching for Solutions of the Diophantine Equation $x^3 + y^3 + z^3 = n$, Mathematics of Computation 66 (1997). PP. 841–851. MR1401942 (97m:11041).
12. *Bernstein D.* Three cubes, available at: <http://cr.yp.to/threecubes.html>.
13. *Noam Elkies*, <elkies@abel.math.harvard.edu> “ $x^3 + y^3 + z^3 = d$ ”, 9 July 1996, nmbrrthry@listserv.nodak.edu via <<http://listserv.nodak.edu/archives/nmbrrthry.html>>.

14. http://www.uni-math.gwdg.de/jahnel/Preprints/elk_ants6c.pdf
15. *Sander G. Huisman*, Newer sums of three cubes, archive.org
16. *Payne G., Vaserstein L.* Sums of three cubes. PP. 443–454 in *The Arithmetic of Function Fields*, de Gruyter, 1992.
17. *Elkies N.* Rational points near curves and small nonzero $|x^3 - y^2|$ via lattice reduction, in: *Algorithmic number theory (Leiden 2000)*, *Lecture Notes in Computer Science 1838*, Springer, Berlin 2000. PP. 33–63. MR1850598 (2002g:11035).

О ПРОБЛЕМЕ СУММЫ ТРЕХ КУБОВ

А.Г. Авагян, Г.В. Даллакян

АННОТАЦИЯ

Данная научная статья посвящена решению известного диофантового уравнения вида $a^3 + b^3 + c^3 = d$ в некоторых частных случаях. Используя пакет «Mathematica 11», удалось найти эффективный алгоритм нахождения решений этой задачи, которая, по сравнению с другими известными алгоритмами, дающими решения этой задачи, является более простым и использует значительно меньшее количество операций.

Ключевые слова: диофантовы уравнения, сумма трех кубов.

ON A PROBLEM OF THE SUM OF THREE CUBES

A. Avagyan, G. Dallakyan

ABSTRACT

The article is dedicated to the famous Diophantine equation of the form $a^3 + b^3 + c^3 = d$. We solve this problem in some particular cases. Using the package “Mathematica 11” we find an efficient algorithm to solve this problem. This algorithm is simpler and uses a significantly smaller number of operations than other known describing solutions of this equations algorithms.

Keywords: diophantine equations, the sum of three cubes.

О НЕКОТОРЫХ ГРАНИЧНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ НЕПРЕРЫВНЫХ ФУНКЦИЙ КЛАССА $\mathcal{K}^*$

С.Л. Берберян

Российско-Армянский университет

samvel357@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе в зависимости от граничного поведения непрерывных действительнзначных функций класса $\mathcal{K}^*$ дается классификация всех точек единичной окружности. Этот класс содержит класс нормальных действительнзначных функций.

Ключевые слова: действительнзначные непрерывные функции, класс $\mathcal{K}^*$, предельные множества.

Вопрос классификации точек единичной окружности в зависимости от граничного поведения функций, определенных в единичном круге, давно привлекал внимание известных специалистов комплексного анализа. Подобного типа задачи для мероморфных и гармонических функций, определенных в единичном круге, рассматривались такими известными математиками, как Плеснер, Мейер, Ямасита и В.И. Гаврилов. Представляет интерес рассмотреть классификацию точек единичной окружности для непрерывных действительнзначных функций класса $\mathcal{K}^*$. В дальнейшем будем придерживаться общепринятых обозначений. Обозначим

через Γ и $h(\xi, \varphi)$, соответственно, единичную окружность $|z|=1$ и хорду единичного круга D , оканчивающуюся в точке $\xi = e^{i\theta} \in \Gamma$ и образующую с радиусом в этой точке ξ угол φ ; $-\frac{\pi}{2} < \varphi < \frac{\pi}{2}$. Пусть $\Delta_\alpha(0, \varphi_1, \varphi_2)$ – угол величины α с вершиной в точке $z=1$. Обозначим через $\Delta_\alpha(\xi, \varphi_1, \varphi_2)$ образ угла $\Delta(0, \varphi_1, \varphi_2)$ при повороте $z' = e^{i\theta} z$ ($0 < \theta < 2\pi$), где $\xi = e^{i\theta}$. Рассмотрим действительнзначную функцию $f(z)$, определенную в D . Для произвольного подмножества S круга D , для которого $\xi \in \Gamma$ является предельной точкой, обозначим через $C(f, \xi, S)$ предельное множество функции $f(z)$ в точке ξ относительно множества S , т.е. $C(f, \xi, S) = \bigcap \overline{f(S \cap U(\xi))}$, где пересечение берется по всем окрестностям $U(\xi)$ точки ξ , а черта означает замыкание множества относительно двухточечной компактификации $\overline{R}$ множества $R = (-\infty, +\infty)$ в виде отрезка посредством добавления к точкам множества R символов $-\infty$ и $+\infty$. Точку $\xi \in \Gamma$ относим к множеству $F(f)$, если $C(f, \xi, \Delta(\xi))$ состоит из единственного значения α . В этом случае говорят, что функция $f(z)$ имеет в точке $\xi \in \Gamma$ угловой предел α . Множество $F(f)$ называют «множеством точек Фату» для функции $f(z)$. Через $R(f, \xi, S)$ обозначают множество повторяющихся значений функций $f(z)$ на множестве S , $a = f(z_n^a)$, $n \in N$, для которой последовательность $\{z_n^a\}$ точек множества S , $\lim_{n \rightarrow \infty} z_n^a = \xi$, удовлетворяет условию $\xi \in \Gamma$. Нам понадобятся некоторые понятия из теории предельных множеств, содержащиеся, например, в монографиях [35] и [41].

Точку $\xi \in \Gamma$ относят к множеству $K(f)$ для функции $f(z)$, если

$$C(f, \xi, \Delta(\xi, \varphi_1, \varphi_2)) = C(f, \xi, \Delta(\xi, \varphi_1', \varphi_2')),$$

для любых углов $\Delta(\xi, \varphi_1, \varphi_2)$, $\Delta(\xi, \varphi_1', \varphi_2')$, где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_1', \varphi_2' \in \left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$.

Точку $\xi \in K(f)$ относят к подмножеству $C(f)$, если $C(f, \xi, \Delta(\xi, \varphi_1, \varphi_2)) = C(f, \xi, D)$ для любого угла $\Delta(\xi, \varphi_1, \varphi_2)$, где $\varphi_1, \varphi_2 \in (-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$. Точку $\xi \in \Gamma$ назовем уточненной точкой Жюлиа функции $f(z)$ и отнесем к подмножеству $J^*(f)$ множества $J(f)$, если для любой хорды $h(\xi, \varphi)$ множество $R(f, \xi, h(\xi, \varphi))$ покрывает R , за возможным исключением двух значений. Точка $\xi \in \Gamma$ называется уточненной точкой Мейера функции $f(z)$ и относится к множеству $M^*(f)$, если:

- а) $C(f, \xi, D)$ содержит более одной точки;
- б) $C(f, \xi, h(\xi, \varphi)) = C(f, \xi, D) \neq \bar{R}$ для любой хорды $h(\xi, \varphi)$;
- с) Множество $C(f, \xi, D) \setminus R(f, \xi, h(\xi, \varphi))$ состоит самое большое из двух элементов для любой хорды $h(\xi, \varphi)$.

Обыкновенная точка Мейера отличается от уточненной точки Мейера тем, что в ней отсутствуют свойства а) и с). Точка $\xi \in C(f)$ называется точкой граничной непрерывности функции $f(z)$ и относят ее к множеству $C_b(f)$, если $C(f, \xi, D)$ или $C(\frac{1}{f}, \xi, D)$ состоит из единственного значения. Обозначим через $B(f)$ множество всех точек $\xi \in K(f)$, в которых для любого угла $\Delta(\xi)$ выполнены следующие свойства: $C(f, \xi, \Delta(\xi)) \neq \bar{R}$ и $C(f, \xi, \Delta(\xi))$ содержит более одного элемента. Пересечение обозначим через $B^*(f)$. Точку $\xi \in \Gamma$ назовем уточненной точкой Линделефа функции $f(z)$, если:

- а) $C(f, \xi, \Delta_1(\xi)) = C(f, \xi, \Delta_2(\xi)) \neq \bar{R}$ для любых углов $B(f) \cap C(f, \Delta_1(\xi), \Delta_2(\xi))$;
- б) $C(f, \xi, \Delta(\xi))$ содержит более одной точки;

с) множество $C(f, \xi, \Delta(\xi)) \setminus R(f, \xi, h(\xi, \varphi))$ состоит самое большее из двух значений для любого угла $\Delta(\xi)$ и для любой хорды $h(\xi, \varphi)$.

Множество уточненных точек Линделефа функции $f(z)$ обозначим через $L^*(f)$. Действительнозначную функцию $f(z)$ отнесем к классу $\mathfrak{K}^\theta$, где $0 \leq \theta < \pi$ – фиксировано, если порождаемое ею семейство функций $\Phi^\theta = \{f(S_a^\theta(z)); S_a^\theta \in T^\theta\}$, где $T^\theta = \{S_a^\theta(z); S_a^\theta(z) = (z + ae^{i\theta}) \cdot (1 + aze^{-i\theta})^{-1}, a \in (-1, 1) \text{ и } \theta, 0 \leq \theta < \pi - \text{фиксировано}\}$ нормально в D в смысле Монтеля. Обозначим $\mathfrak{K}^* = \bigcap_{0 \leq \theta < \pi} \mathfrak{K}^\theta$.

При получении новых результатов используются методы современного комплексного анализа и теории предельных множеств.

Полученные результаты

Справедливы следующие утверждения:

Теорема 1. Для произвольной непрерывной действительнозначной функции $f(z)$ класса $\mathfrak{K}^*$, определенной в D , справедливы равенство $B^*(f) = M^*(f)$ и разложение $\Gamma = C_b(f) \bigcup M^*(f) \bigcup J^*(f) \bigcup E$, в котором E – некоторое множество первой категории и типа F_σ на Γ .

Теорема 2. Для произвольной непрерывной действительнозначной функции $f(z)$ класса $\mathfrak{K}^*$ справедливы равенство $B(f) = L^*(f)$ и представление $\Gamma = F(f) \bigcup L^*(f) \bigcup J^*(f) \bigcup E$, в котором E – некоторое совершенное пористое множество на Γ .

Полученные результаты были известны только для нормальных субгармонических функций, которые содержатся в классе $\mathfrak{K}^*$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коллингвуд Э., Ловатер А. Теория предельных множеств. М.: Изд-во «Мир». 1971. С. 306.
2. Носиро К. Предельные множества. М.: Изд-во иностр. литер. 1963. С. 253.
3. Гаврилов В.И. Нормальные функции и почти периодические функции // ДАН СССР. Т. 240, № 4. 1978. СС. 768–770.
4. Берберян С.Л. Об угловых граничных значениях нормальных непрерывных функций // Изв. вузов, математика, № 3. 1986. СС. 22–28.
5. Берберян С.Л., Гаврилов В.И. Предельные множества непрерывных и гармонических функций по некасательным граничным путям // Mathematica Montisnigri, Vol.1. 1993. СС. 17–25.
6. Берберян С.Л. О предельных множествах непрерывных функций классов $\mathcal{R}^\theta$ // Экологический вестник научных центров ЧЭС, 2007, № 3. 2007. СС. 5–9.

ON SOME BOUNDARY SINGULARITIES OF CONTINUOUS FUNCTIONS OF THE CLASS $\mathcal{R}^*$

S. Berberyan

ABSTRACT

In this article there is given a classification of all points of the unit circle depending on a boundary behavior of continuous real-valued functions of a class $\mathcal{R}^*$. This class contains a class of normal real-valued functions.

Keywords: real – valued continuous functions, class $\mathcal{R}^*$, limit sets.

**Ռ* ԴԱՄԻ ԱՆԸՆԴՀԱՏ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ՍԱՀՄԱՆԱՅԻՆ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ**

Ս.Լ. Բերքերյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Ներկա հոդվածում տրվում է բոլոր միավոր շրջանագծի կետերի դասակարգումը, կախված Ռ* դասիչի անընդհատ իրական արժեքներ ընդունող ֆունկցիաների եզրային վարքից: Այդ դասը պարունակում է նորմալ իրական արժեքներ ընդունող ֆունկցիաների դասը:

Հիմնաբառեր՝ իրական արժեքներ ընդունող անընդհատ ֆունկցիաներ, Ռ* դասը, սահմանային բազմություններ:

О НЕТЕРОВОСТИ И ИНДЕКСЕ ПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРОВ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

А.А. Дарбинян¹, А.Г. Туманян¹

¹Российско-Армянский университет

armankri@yahoo.com, ani.tumanyan92@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Данная научная статья посвящена исследованию нетеровости и индекса полуэллиптического оператора с переменными коэффициентами, имеющими определенное поведение на бесконечности. Получены необходимые и достаточные условия для нетеровости рассматриваемых операторов в анизотропных соболевских пространствах.

Ключевые слова: нетеровость, полуэллиптический оператор, анизотропные пространства.

В данной работе исследуется нетеровость полуэллиптических операторов с переменными коэффициентами в анизотропных пространствах Соболева.

Исследованию нетеровости полуэллиптических операторов посвящена работа [1], где доказана нетеровость для оператора с постоянными коэффициентами в анизотропных пространствах Соболева в ограниченной области. В [2] получено необходимое и достаточное условие нетеровости для операторов с постоянными коэффициентами в анизотропных

Работа выполнена в рамках тематического финансирования РАУ из средств МОБНРФ и при поддержке тематического финансирования комитета науки при МОН РА (код проекта SCS №15T-1A197).

пространствах в R^n . Нетеровости полуэллиптического оператора в весовых пространствах посвящены работы [3–4]. В работе [5] исследована нетеровость операторов со специальными переменными коэффициентами. В данной работе получены результаты для более широкого класса операторов.

Определение 1. Ограниченный линейный оператор A , определенный на всем банаховом пространстве X и действующий в банаховом пространстве Y , называется нетеровым, если выполняются следующие условия:

- 1) область значений оператора A замкнута ($Im(A) = \overline{Im(A)}$);
- 2) ядро оператора A является конечномерным ($dim Ker(A) < \infty$);
- 3) коядро оператора A конечномерно ($dim coker(A) = dim Y / Im(A) < \infty$).

Индексом нетероваго оператора A называется разность между размерностью ядра и коядра:

$$ind(A) = dim Ker(A) - dim coker(A).$$

Для $k \in N, v \in N^n$ обозначим

$$\begin{aligned} C^{k,v} &:= C^{k,v}(R^n) \\ &:= \left\{ a(x) : D^\beta a(x) \in C(R^n), \sup_{x \in R^n} |D^\beta a(x)| < \infty, \forall \beta \right. \\ &\quad \left. \in Z_+^n, (\beta : v) \leq k \right\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q^{k,v} &:= Q^{k,v}(R^n) \\ &:= \left\{ q(x) \in C^{k,v} : q(x) > 0, \forall x \in R^n, \frac{1}{q(x)} \Rightarrow 0, \right. \\ &\quad \left. \frac{|D^\beta q(x)|}{q(x)} \Rightarrow 0 \text{ при } |x| \rightarrow \infty \forall \beta \in Z_+^n, (\beta : v) \leq k \right\}. \end{aligned}$$

Для $v \in N^n, k \in N$ и $q \in Q^{k,v}$ через $H^{k,v}$ и $H_q^{k,v}$ обозначим, соответственно, множества измеримых функций $\{u\}$ с конечными нормами

$$\begin{aligned} \|u\|_{k,v} &= \sum_{(\alpha:v) \leq k} \|D^\alpha u\|_{L_2(R^n)}, \\ \|u\|_{k,v,q} &= \sum_{(\alpha:v) \leq k} \|D^\alpha u \cdot q^{k-(\alpha:v)}\|_{L_2(R^n)}. \end{aligned}$$

Рассмотрим дифференциальную форму

$$P(x, D) = \sum_{(\alpha:v) \leq s} a_\alpha(x) D^\alpha, \quad (1)$$

где $s \in N, v \in N^n, (\alpha:v) = \frac{\alpha_1}{v_1} + \dots + \frac{\alpha_n}{v_n}, D^\alpha = D_1^{\alpha_1} \dots D_n^{\alpha_n}, D_k = i^{-1} \frac{\partial}{\partial x_k}, x = (x_1, \dots, x_n) \in R^n$. Обозначим через

$$P_s(x, D) = \sum_{(\alpha:v)=s} a_\alpha(x) D^\alpha \quad (2)$$

главную часть дифференциальной формы $P(x, D)$, а через

$$P_s(x, \xi) = \sum_{(\alpha:v)=s} a_\alpha(x) \xi^\alpha. \quad (3)$$

символ $P_s(x, D)$.

Определение 2. Говорят, что дифференциальная форма $P(x, D)$ пол-уэллиптическая в точке $x_0 \in R^n$, если $\sigma_s(x_0, \xi) \neq 0$ при всех $\xi \in R^n, |\xi| \neq 0$.

Определение 3. Говорят, что дифференциальная форма $P(x, D)$ пол-уэллиптическая в R^n , если $P(x, D)$ полуэллиптическая в каждой точке $x \in R^n$.

Для $\xi \in R^n$ и $v \in N^n$ обозначим $|\xi|_v = (\sum_{i=1}^n \xi_i^{2v_i})^{\frac{1}{2}}$.

Теорема 1. Пусть $k \in N, k \geq s$ и коэффициенты дифференциальной формы $P(x, D)$ $a_\alpha(x) \in C^{k-s, v}$ при $(\alpha:v) \leq s$ и при этом существуют постоянные $\tilde{a}_\alpha$ такие, что $D^\beta(a_\alpha(x) - \tilde{a}_\alpha) \rightarrow 0$ при $|x| \rightarrow \infty$ для всех $\beta \in Z_+^n, (\beta:v) \leq k - s$. Тогда $P(x, D): H^{k, v} \rightarrow H^{k-s, v}$ является нетеровым тогда и только тогда, когда существует постоянная $\delta > 0$ такая, что

$$\left| \sum_{(\alpha:v) \leq s} \tilde{a}_\alpha D^\alpha \right| \geq \delta (1 + |\xi|_v)^s, \forall \xi \in R^n,$$

при этом $\text{ind}(P) = 0$.

Теорема 2. Пусть $q \in Q^{k, v}$ и коэффициенты дифференциальной формы $P(x, D)$ имеют следующее представление:

$$a_\alpha(x) = a_\alpha^0(x) q(x)^{s-(\alpha:v)} + a_\alpha^1(x),$$

где $a_\alpha^0(x)$ и $a_\alpha^1(x)$ удовлетворяют следующим условиям:

- 1) $D^\beta(a_\alpha^1(x)) = o(q(x)^{s-(\alpha:v)+(\beta:v)})$ для всех $(\alpha:v) < s$ и $(\beta:v) \leq k - s$;

2) $a_\alpha^0(x) \in C^{k-s,\nu}$ и существуют $\tilde{a}_\alpha$ константы такие, что $a_\alpha^0(x) \Rightarrow \tilde{a}_\alpha$ при $|x| \rightarrow \infty$ для всех $(\alpha: \nu) \leq s$.

Тогда $P(x, D): H_q^{k,\nu} \rightarrow H_q^{k-s,\nu}$ нетеров тогда и только тогда, когда существует постоянная $\delta > 0$ такая, что

$$\left| \sum_{(\alpha:\nu) \leq s} \tilde{a}_\alpha \lambda^{s-(\alpha:\nu)} \xi^\alpha \right| \geq \delta (1 + |\xi|_\nu)^s, \forall \xi \in R^n, \lambda > 0.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карпетян Г.А., Дарбинян А.А.* Нетеровость полуэллиптического оператора с постоянными коэффициентами в области. Уч. Записи ЕГУ (2008). № 3.
2. *Дарбинян А. А, Туманян А.Г.* Необходимое и достаточное условие нетеровости оператора с постоянными коэффициентами. Вестник РАУ (2014). № 2. СС. 4–14.
3. *Карпетян Г.А., Дарбинян А.А.* Об индексе полуэллиптического оператора в R^n . Изв. НАН. Арм., Мат. Т. 42. № 5. (2007). СС. 33–50.
4. *Tumanyan A.* On Noethericity and Index of Differential Operators in Anisotropic Weighted Sobolev Spaces. Proceedings of the Yerevan State University, series Physical and Mathematical sciences. № 3. (2016). СС. 63–69.
5. *Дарбинян А.А., Туманян А.Г.* О необходимых и достаточных условиях нетеровости для полуэллиптического оператора со специальными переменными коэффициентами. Вестник РАУ (2017). № 2. СС. 5–13.

ON NOETHERICITY AND INDEX OF SEMIELLIPTICAL OPERATOR WITH SPECIAL COEFFICIENTS

A. Darbinyan, A. Tumanyan

ABSTRACT

We study Noethericity of semielliptical operator with variable coefficients that have certain rate at infinity. Noethericity is proven for the special class of semielliptical operators in weighted Sobolev spaces.

Keywords: Noethericity, semielliptical operator, anisotropic space.

ՈՐՈՇԱԿԻ ԳՈՐԾԱԿԻՑՆԵՐՈՎ ԿԻՍԱԷԼԻՊՏԻԿ ՕՊԵՐԱՏՈՐՆԵՐԻ ՆՅՈՏԵՐԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԻՆԴԵՔՍԻ ՄԱՍԻՆ

Ա.Ա. Դարբինյան, Ա.Գ. Թումանյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքում հետազոտված է անվերջությունում որոշակի վարք ունեցող գործակիցներով կիսաէլիպտիկ օպերատորների նյոտերյանության հարցը: Ստացված են բավարար պայմաններ կիսաէլիպտիկ օպերատորների նյոտերյանության համար Սոբոլևի կշռային անիզոտրոպ տարածություններում:

Հիմնաբառեր՝ նյոտերյանություն, կիսաէլիպտիկ օպերատոր, անիզոտրոպ տարածություն:

ПОСТРОЕНИЕ ПРИБЛИЖЕННЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ В ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ ДЛЯ РЕГУЛЯРНЫХ УРАВНЕНИЙ

Г.А. Карапетян¹, Г.А. Петросян¹

¹Российско-Армянский университет

garnik_karapetyan@yahoo.com, heghine.petrosyan@rau.am

АННОТАЦИЯ

В работе изучается задача типа Дирихле в полупространстве для регулярных гипозэллиптических уравнений. Применяя специальное интегральное представление, строятся приближенные решения для данной задачи и, тем самым, доказывается корректная разрешимость.

Ключевые слова: регулярные гипозэллиптические уравнения, мультианизотропное расстояние, интегральное представление, мультианизотропные ядра, корректная разрешимость.

Введение

В работе рассматривается задача типа Дирихле в полупространстве для специальных (мультиоднородных) регулярных гипозэллиптических уравнений с нулевыми граничными условиями. Задачи такого типа появляются при изучении мультианизотропных процессов, и трудность их изучения заключается в том, что соответствующий характеристический многочлен не обобщенно однородный (как для эллиптических или полужэллиптических уравнений (см. [1–3])), а мультиоднородный, и построение приближенного решения для таких уравнений представляет собой трудность. Но, применяя специальные интегральные представления функций через вершины вполне правильного многогранника Ньютона,

удалось построить приближенные решения через интегральные операторы. Аналогичные вопросы во всем пространстве R^n были изучены в работе [4]. В данной работе изучается вопрос о разрешимости задачи Дирихле в соболевских пространствах в $W_p^{\mathfrak{R}}(R_+^n)$ ($1 < p < \infty$).

Будем пользоваться обозначениями работы [4]. Пусть $\mathfrak{R} \subset R^{n-1}$ вполне правильный многогранник с вершинами $\alpha^1, \alpha^2, \dots, \alpha^M$, а $\mathfrak{S} \subset R^n$ — многогранник с вершинами $\beta^i = (\alpha^i, 0)$ ($i = 1, \dots, M$) и $\beta^{M+1} = (0, 0, \dots, 2m)$.

Рассмотрим дифференциальный оператор $P(D_x, D_{x_n})$ в R_+^n с постоянными действительными коэффициентами a_i ($i = 1, \dots, M$)

$$P(D_x, D_{x_n}) = D_{x_n}^{2m} + \sum_{i=1}^M a_i D^{\alpha^i} \quad (1)$$

с характеристическим многочленом

$$P(\xi, \xi_n) = \xi_n^{2m} + \sum_{i=1}^M a_i \xi^{\alpha^i}. \quad (2)$$

Предположим, что оператор (1) есть регулярный оператор, то есть существует постоянное число $C > 0$, такое, что для любого $\xi \in R^n$ имеет место неравенство

$$|P(\xi, \xi_n)| \geq C \left(\sum_{i=1}^M |\xi^{\alpha^i}| + \xi_n^{2m} \right). \quad (3)$$

Из регулярности следует, что вершины многогранника $\mathfrak{R}$ имеют четные координаты, и при действительных коэффициентах a_i ($i = 1, \dots, M$) многочлен $P(\xi, \tau)$ по τ имеет ровно m корней с положительными и отрицательными мнимыми частями. Для любого фиксированного ξ обозначим через $\tau_i^\pm(\xi)$ ($i = 1, \dots, m$) эти корни. Обозначим также через

$$M^+(\xi, \tau) = \prod_{j=1}^m (\tau - \tau_j^+(\xi)) = \sum_{i=0}^m b_i(\xi) \tau^{m-i},$$

$$M_k^+(\xi, \tau) = \sum_{i=0}^k b_i(\xi) \tau^{m-i},$$

$$\chi = \min_{i=1, \dots, l_{n-2}} \left(|\mu^i| + \frac{1}{2m} \right) - \left(|\mu^1| + \frac{1}{2m} \right) \frac{1}{p},$$

где $p > 1$ некоторое число.

В R_+^n рассмотрим следующую задачу Дирихле:

$$\begin{cases} P(D_x, D_{x_n})U = f(x, x_n), & x_n > 0, x \in R^{n-1} \\ \frac{\partial^i U}{\partial x_n^i} \Big|_{x_n=0} = 0, & i = 0, 1, \dots, m-1. \end{cases} \quad (4)$$

Введем следующие обозначения для произвольного параметра $\nu > 0$ и натурального числа k :

$$\begin{aligned} \rho_{\Re}(\xi) &= \left(\xi^{2\alpha^1} + \dots + \xi^{2\alpha^m} \right)^{\frac{1}{2}}, \\ G_0(\xi, \nu) &= e^{-(\nu \rho_{\Re}(\xi))^{2k}}, \\ G_1(\xi, \nu) &= (-2k)(\nu \rho_{\Re}(\xi))^{2k-1} e^{-(\nu \rho_{\Re}(\xi))^{2k}}, \\ G_2(\xi, \nu) &= (-2k)\nu^{2k-1} (\rho_{\Re}(\xi))^{2k} e^{-(\nu \rho_{\Re}(\xi))^{2k}}. \end{aligned}$$

В работе [5] для функции $f \in L_p(R^{n-1})$ изучено усреднение функции через ядро, $G_0(\xi, \nu)$:

$$f_\nu(x) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}}} \int_{R^{n-1}} f(t) \hat{G}_0(t, \nu) dt$$

и почти для всех $x \in R^{n-1}$ получено интегральное представление

$$f(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}}} \int_{\frac{n}{h}}^{\frac{h^{-1}}{h}} d\nu \int_{R^{n-1}} f(t) \hat{G}_2(t - x, \nu) dt. \quad (6)$$

Применяя представление (6), построим приближенное решение задачи (4–5). Так как оператор $P(D_x, D_{x_n})$ – регулярный, то корни многочлена $P(\xi, \tau)$ по τ имеют вид $\tau_k = \sqrt[2m]{\rho_{\Re}(\xi)} \cdot \omega_k$ ($k = 1, \dots, 2m$), где ω_k ($k = 1, \dots, 2m$) – корни $\sqrt[2m]{-1}$, следовательно, для некоторой постоянной $\delta > 0$ имеют места соотношения

$$\delta \sqrt[2m]{\rho_{\Re}(\xi)} \leq |\operatorname{Im} \tau_k(\xi)| \leq \sqrt[2m]{\rho_{\Re}(\xi)} \quad (k = 1, 2, \dots, 2m).$$

Как и в работе [2], обозначим через

$$G^+(\xi) = \left\{ \lambda \in C; |\lambda| < 2\rho_{\Re}^{\frac{1}{2m}}(\xi); \operatorname{Im}(\lambda) > \delta\rho_{\Re}^{\frac{1}{2m}}(\xi) \right\},$$

$$G^-(\xi) = \left\{ \lambda \in C; |\lambda| < 2\rho_{\Re}^{\frac{1}{2m}}(\xi); \operatorname{Im}(\lambda) < -\delta\rho_{\Re}^{\frac{1}{2m}}(\xi) \right\},$$

а $\Gamma^+(\xi)$ и $\Gamma^-(\xi)$ соответствующие границы этих областей и введем следующие контурные интегралы:

$$J_+(\xi, x_n) = \frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma^+(\xi)} \frac{e^{ix_n\lambda}}{P(\xi, \lambda)} d\lambda,$$

$$J_-(\xi, x_n) = \frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma^-(\xi)} \frac{e^{ix_n\lambda}}{P(\xi, \lambda)} d\lambda,$$

$$J_j(\xi, x_n) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma^+(\xi)} \frac{e^{ix_n\lambda} M_{m-j}^+(\xi, \lambda)}{M^+(\xi, \lambda)} d\lambda,$$

$$I_j(\xi, x_n) = \left(\frac{\partial}{\partial y_n} \right)^j J_-(\xi, y_n - x_n) \Big|_{y_n=0}.$$

Обозначим также

$$U_h^+(x, x_n) = \frac{1}{(2\pi)^{n-1}} \int_h^{h^{-1}x_n} \int_0^{h^{-1}} \int_{R^{n-1}} \int_{R^{n-1}} e^{i(x-y)} G_2(\xi, \nu) J_+(\xi, x_n - y_n) f(y, y_n) d\xi dy dy_n d\nu,$$

$$U_h^-(x, x_n) = -\frac{1}{(2\pi)^{n-1}} \int_h^{h^{-1}\infty} \int_0^{h^{-1}} \int_{R^{n-1}} \int_{R^{n-1}} e^{i(x-y)} G_2(\xi, \nu) J_-(\xi, x_n - y_n) f(y, y_n) d\xi dy dy_n d\nu,$$

$$U_{jh}(x, x_n) = \frac{1}{(2\pi)^{n-1}} \int_h^{h^{-1}} \int_{R^{n-1}} \int_{R^{n-1}} e^{i(x-y)} G_2(\xi, \nu) J_j(\xi, x_n) \int_0^\infty I_j(\xi, x_n) f(y, y_n) dy_n d\xi dy d\nu,$$

где $j = 1, \dots, m$. Тогда имеет место следующая теорема:

Теорема. Если $f \in L_p(R_+^n)$ ($1 < p < \infty$) и имеет компактный носитель, то при $\chi > 1$ задача (4–5) имеет единственное решение U из класса $W_p^{\mathfrak{S}}(R_+^n)$, которая является пределом функций U_h в $W_p^{\mathfrak{S}}(R_+^n)$ при $h \rightarrow 0$, и для некоторой постоянной $C > 0$ (независящей от f) имеет место оценка

$$\|U\|_{W_p^{\mathfrak{S}}(R_+^n)} \leq C \|f\|_{L_p(R_+^n)}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карпетян Г.А.* Решение полуэллиптических уравнений в полупространстве // Тр. Мат. ин-та им. В.А. Стеклова АН СССР. (1984). СС. 119–138.
2. *Демиденко Г.В.* О корректной разрешимости краевых задач в полупространстве для квазиэллиптических уравнений // Сиб. мат. журнал, т. XXIX, № 4, (1988).
1. *Демиденко Г.В.* Интегральные операторы, определяемые квазиэллиптическими уравнениями // I, Сиб. мат. журнал. Т. 34, 5, (1993). СС. 52–67.
2. *Карпетян Г.А., Петросян Г.А.* О разрешимости регулярных гипоеллиптических уравнений в R^n // Изв. НАН Армении, в печати.
3. *Карпетян Г.А.* Интегральное представление и теоремы вложения для n -мерных мультианизотропных пространств с одной вершиной анизотропности // Сиб. мат. журнал, 58, № 3, (2017). СС. 573–590.

CONSTRUCTION OF APPROXIMATE SOLUTIONS OF THE DIRICHLET PROBLEM IN A HALF-SPACE FOR REGULAR EQUATIONS

G. Karapetyan, H. Petrosyan

ABSTRACT

In this paper we study a Dirichlet type problem in a half-space for regular hypoelliptic equations. Applying a special integral representation, approximate solutions are constructed for the given problem, and thus the correct solvability is proved.

Keywords: regular hypoelliptic equations, multianisotropic distance, integral representation, multianisotropic kernels, correct solvability.

**ՌԵԳՈՒԼՅԱՐ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ ԴԻՐԻՖԷԻ ԽՆԴՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ
ԿԱՌՈՒՑՈՒՄԸ ԿԻՍԱՏԱՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ**

Գ.Ա. Կարապետյան, Հ.Ա. Պետրոսյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքում ռեգուլյար հիպոեղիպտիկ հավասարումների համար կիսատարածությունում ուսումնասիրվում է Դիրիխլեի տիպի խնդիր: Կիրառելով հատուկ ինտեգրալային ներկայացում, կառուցվում են այդ խնդրի համար մոտավոր լուծումներ և դրանով իսկ ապացուցվում է նշված խնդրի կոռեկտ լուծելիությունը:

Հիմնաբառեր՝ ռեգուլյար հիպոեղիպտիկ հավասարումներ, մուլտիանիզոտրոպ հեռավորություն, ինտեգրալային ներկայացում, մուլտիանիզոտրոպ կորիզներ, կոռեկտ լուծելիություն:

ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЕ С ВЕСОМ МНОГОЧЛЕНЫ

В.Н. Маргарян¹

¹Российско-Армянский университет

vachagan.margaryan@yahoo.com

АННОТАЦИЯ

В работе найдено достаточное условие на младшие члены, при выполнении которой многочлен является гиперболическим с весом.

Ключевые слова: гиперболические (по Гордингу), гиперболические с весом многочлены, сравнение с весом многочленов.

Пусть $\mathbb{N}$ – множество натуральных чисел, $\mathbb{N}_0 = \mathbb{N} \cup \{0\}$, $\mathbb{N}_0^n$ – множество n -мерных мультииндексов, т.е. точек $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\alpha_j \in \mathbb{N}_0$, $j = 1, \dots, n$, $\mathbb{R}^n$ – n -мерное вещественное евклидово пространство точек $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_n)$, $\mathbb{C} := \mathbb{R} \times i\mathbb{R}$ ($i^2 = -1$), $\mathbb{R}_+^n := \{\xi = (\xi_1, \dots, \xi_n) \in \mathbb{R}^n, \xi_j \geq 0, j = 1, \dots, n\}$. Для $\alpha \in \mathbb{N}_0^n$, $\xi \in \mathbb{R}^n$ и $\nu \in \mathbb{R}_+^n$ обозначим $\xi^\alpha = \xi_1^{\alpha_1} \dots \xi_n^{\alpha_n}$, $|\xi| = (\xi_1^2 + \dots + \xi_n^2)^{1/2}$, $|\xi^\nu| = |\xi_1|^{\nu_1} \dots |\xi_n|^{\nu_n}$, $|\nu| = \nu_1 + \dots + \nu_n$, $(\xi, \nu) = \xi_1 \nu_1 + \dots + \xi_n \nu_n$, $D^\alpha = D_1^{\alpha_1} \dots D_n^{\alpha_n}$, где $D_j = \frac{\partial}{\partial \xi_j}$, $j = 1, \dots, n$.

Пусть $A \subset \mathbb{R}_+^n$ конечный набор. Многогранником Ньютона набора A называется минимальный выпуклый многогранник $\mathfrak{R} = \mathfrak{R}(A) \subset \mathbb{R}_+^n$, содержащий множество $A \cup \{0\}$. Многогранник $\mathfrak{R} \subset \mathbb{R}_+^n$ называется вполне правильным (в.п.), если компоненты всех внешних (относительно $\mathfrak{R}$) нормалей (далее $\mathfrak{R}$ -нормалей) $(n-1)$ -мерных некоординатных граней положительны. Для в.п. многогранника $\mathfrak{R} \subset \mathbb{R}_+^n$ обозначим:

Работа выполнена в рамках тематического финансирования РАУ из средств МОН РФ.

- 1) $\mathfrak{R}^0$ – множество вершин $\mathfrak{R}$,
- 2) $\Lambda(\mathfrak{R})$ – множество $\mathfrak{R}$ -нормалей $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ нормированных так $\min_{1 \leq j \leq n} \lambda_j = 1$,
- 3) $d(\mathfrak{R}) := \max_{\lambda \in \Lambda(\mathfrak{R})} d(\mathfrak{R}, \lambda) := \max_{\substack{\lambda \in \Lambda(\mathfrak{R}), \\ \nu \in \mathfrak{R}}} (\lambda, \nu)$,

и положим $h_{\mathfrak{R}}(\xi) = \sum_{\nu \in \mathfrak{R}^0} |\xi^\nu|, \xi \in \mathbb{R}^n$.

Через B_n обозначим множество тех в.п. многогранников $\mathfrak{R} \in \mathbb{R}_+^n$, для которых $d(\mathfrak{R}) < 1$. Функцию g , определенной на $\mathbb{R}^n$, назовем весовой функцией гиперболичности, если

- 1) $\inf_{\xi \in \mathbb{R}^n} g(\xi) > 0$,
- 2) $\frac{g(\xi)}{|\xi|} \rightarrow 0$ при $|\xi| \rightarrow \infty$,
- 3) для любого $t > 0$ с некоторой постоянной $c = c(t) > 0$
 $c^{-1}g(\xi) \leq g(t\xi) \leq cg(\xi), \forall \xi \in \mathbb{R}^n$.

Через M_n обозначим множество всех весовых функций гиперболичности от n -переменных.

Предложение 1. Для любого $\mathfrak{R} \in B_n$ $h_{\mathfrak{R}} \in M_n$. Пусть $P(\xi) = \sum_{\alpha} \gamma_{\alpha} \xi^{\alpha}$

– многочлен с постоянными коэффициентами, где сумма распространяется по конечному набору $(P) := \{\alpha \in \mathbb{N}_0^n, \gamma_{\alpha} \neq 0\}$. Представим многочлен P в виде суммы однородных многочленов

$$P(\xi) = \sum_{j=0}^m P_j(\xi) = \sum_{j=0}^m \left(\sum_{|\alpha|=j} \gamma_{\alpha} \xi^{\alpha} \right), \quad (1)$$

где $m := \max_{\alpha \in (P)} |\alpha|$.

Определение 1. (см. [1] определение 12.3.3, теорему 12.4.1) Многочлен P , представленный в виде (1), называется гиперболическим (по Гордingu) относительно вектора $N \in \mathbb{R}^n$, если $P_m(N) \neq 0$ и с некоторой $\tau_0 > 0$ $P(\xi + i\tau N) \neq 0$, $\xi, \tau \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{C}$, $|\operatorname{Re} \tau| \geq \tau_0$.

Определение 2. (см. [2]) Скажем, что многочлен P , представленный в виде (1), $\mathfrak{R} \in B_n$ гиперболичен относительно вектора $N \in \mathbb{R}^n$, если $P_m(N) \neq 0$ и с некоторой постоянной $C_0 > 0$ $P(\xi + i\tau N) \neq 0$ $\xi, \tau \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{C}$, $|\operatorname{Re} \tau| \geq C_0 h_{\mathfrak{R}}(\xi)$.

Для многогранника $\mathfrak{R} \in B_n$ и вектора $N \in \mathbb{R}^n$ обозначим

$$h_{\mathfrak{R},N}(\xi) = \inf_{t \in \mathbb{R}} h_{\mathfrak{R}}(\xi - tN).$$

Верны следующие утверждения:

Предложение 2. Для любых $\mathfrak{R} \in B_n$ и $N \in \mathbb{R}^n$ $h_{\mathfrak{R},N} \in M_n$.

Лемма 1. Многочлен P , представленный в виде (1), $\mathfrak{R} \in B_n$ гиперболичен относительно вектора $N \in \mathbb{R}^n$ тогда и только тогда, когда $P_m(N) \neq 0$ и с некоторой постоянной $C_1 > 0$ $P(\xi + i\tau N) \neq 0$, $\xi, \tau \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{C}$, $|\operatorname{Re} \tau| \geq C_1 h_{\mathfrak{R},N}(\xi)$.

Определение 3. Скажем, что многочлен Q $g \in M_n$ слабее многочлена P (P g сильнее Q) и запишем $Q \prec^g P$, если с некоторой постоянной $C > 0$

$$\tilde{Q}(\xi, g(\xi)) \leq C \tilde{P}(\xi, g(\xi)), \quad \forall \xi \in \mathbb{R}^n,$$

где для данного многочлена q

$$\tilde{q}(\xi, \tau) := \sum_{\alpha} |(D^{\alpha} q)(\xi)| \cdot \tau^{|\alpha|}, \quad \xi \in \mathbb{R}^n, \tau \in \mathbb{R}.$$

Верны следующие:

Предложение 3. Пусть $g_1, g_2 \in M_n$, а P и Q многочлены с постоянными коэффициентами. Если $Q \prec^{g_2} P$ и с некоторой постоянной $C > 0$ $g_1(\xi) \geq C g_2(\xi)$, $\forall \xi \in \mathbb{R}^n$, то $Q \prec^{g_1} P$.

Лемма 2. Пусть $g_1, g_2 \in M_n$, $g = g_1 + g_2$, а P и Q многочлены с постоянными коэффициентами. $Q \prec^g P$ тогда и только тогда, когда $Q \prec^{g_j} P$ $j = 1, 2$.

Лемма 3. Пусть $\mathfrak{R} \in B_n$, $N \in \mathbb{R}^n$, а P и Q многочлены с постоянными коэффициентами. $Q \prec^{h_{\mathfrak{R},N}} P$ тогда и только тогда, когда с некоторой постоянной $C > 0$ при всех $t \in \mathbb{R}$

$$\tilde{Q}(\xi - tN, h_{\mathfrak{R}, N}(\xi)) \leq C\tilde{P}(\xi - tN, h_{\mathfrak{R}, N}(\xi)), \quad \forall \xi \in \mathbb{R}^n.$$

Основным результатом настоящей заметки является:

Теорема. Пусть $\mathfrak{R} \in B_n$, $N \in \mathbb{R}^n$, однородный многочлен P_m порядка m гиперболичесен (по Гордингу) относительно вектора N , а Q многочлен $P_m + Q$ $h_{\mathfrak{R}}$ гиперболичесен относительно вектора N .

ЛИТЕРАТУРА

1. Хермандер Л. Анализ линейных дифференциальных операторов с частными производными». М.: Мир 1986, Т. 2.
2. Маргарян В.Н. Сравнение многочленов и h -гиперболичность. Изд-во НАН Армении, 2016. Т. 51, № 1. СС. 40–55.

HYPERBOLIC BY WEIGHT POLYNOMIALS

V. Margaryan

ABSTRACT

In the paper, we have found a sufficient condition for the lower terms, for which the polynomial becomes hyperbolic by weight.

Keywords: hyperbolic (according to Garding), hyperbolic polynomials with weight, comparison with the weight of polynomials.

ՀԻՊԵՐԲՈԼԻԿ ԸՍՏ ԿՇԻՌԻ ԲԱԶՄԱՆԴԱՄՆԵՐ

Վ.Ն. Մարգարյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքում գտնված է բավարար պայման կրտսեր անդամների վրա, որի կատարման դեպքում բազմանդամը հանդիսանում է ըստ կշիռի հիպերբոլիկ:

Հիմնաբառեր՝ հիպերբոլիկ (ըստ Գորդինգի), ըստ կշիռի հիպերբոլիկ բազմանդամներ, բազմանդամների համեմատություն կշիռով:

ИНФОРМАТИКА

НОВЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ SPELLCHECKER-ОВ

(на примере восточно-армянского литературного языка)

Т.Ф. Апозян²¹, В.Г. Ваградян¹²

¹ “DD” Ltd

² Российско-Армянский университет

tigran.apozyan@yandex.ru, vachagan.wahradyan@rau.am

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье рассматривается новый подход к обработке грамматических ошибок в тексте, основанный на морфологическом разборе слов. Приведен краткий обзор имеющихся методов обработки ошибок. Указывается, что предлагаемый и реализованный метод позволяет успешно корректировать до 6-и ошибок в однокоренных словах и более 6-и ошибок в многокорневым.

Ключевые слова: Spellchecker, обработка текста, расстояние Левенштейна, морфологический разбор.

Задача выявления смысла текста [1] можно с большей или меньшей вероятностью успешно решать только в случае грамматически правильно написанного текста. В противном случае невозможно провести предварительные (необходимые) этапы обработки текста – лексический и синтаксический анализы. Собственно, по этой причине, поскольку реальные

тексты буквально пестрят ошибками как грамматическими, так и пунктуационными, перед нами была поставлена задача написания *SPELLCHECKER*-а для восточно-армянского литературного языка.

Логика исправления возможных грамматических ошибок в словах такова:

во-первых, необходимо определить, что в данном слове есть ошибка. Для этого необходимо выполнить следующую предварительную работу:

- получить полный словарь языка;
- получить электронную версию словаря.

И здесь мы сталкиваемся с принципиальными трудностями:

- получить полный словарь языка невозможно;
- можно лишь делать шаги в этом направлении, поскольку словарный запас языка постоянно пополняется новыми терминами, жаргонными словами и синонимами. В то время как другие слова выходят из употребления;
- получить электронную версию словаря автоматически достаточно сложно;
- кроме того, наличие слова в словаре не гарантирует от ошибки.

Пример: «*Պատիճ հին ու շատ գեղեցիկ վարպետ էր կախված*»:

Человеку, знающему армянский язык, совершенно очевидно, что вместо слова «*վարպետ*» должно быть слово «*կարպետ*».

Если определено, что есть ошибка, тогда применяются следующие методы.

- полный перебор вариантов возможных одна-, дву- и трехбуквенных ошибок. Этот метод даст наиболее точный результат, но объем вариантов очень велик.

Так, например, для английского алфавита и слова длиной 5 символов получаем:

- для одной ошибки – около 400 вариантов,
- для двух ошибок – 160 000,
- для трех ошибок – больше шести миллионов [2].

- Сравнение ошибочного слова с каждым словом из словаря, используя «расстояние Левенштейна» [3].

По сути, расстояние Левенштейна между двумя словами – это минимальное количество операций редактирования, которые нужно применить к первому слову, чтобы получить второе.

В классическом варианте рассматриваются три действия: операция «вставки», операция «удаления» и операция «замены».

Пример: Чтобы из слова «*լիւր*» получить «*լիւր*» требуется сделать две операции:

- одна замена (*լ* => *լ*);
- одна вставка (=> *ւ*).

Расстояние Левенштейна считается за время $O(n*m)$, где n , m – длины соответствующих строк.

– Композиция конечных преобразователей:

$R = S \circ E \circ L \circ M$

- S – исходная строка
- E – модель ошибок – расстояние Левенштейна
- L – лексикон
- M – модель языка

Кратчайший путь в результирующем преобразователе R – это путь, представляющий набор слов. Этот набор и будет искомым множеством вариантов исправления.

Как пишет сам автор той же статьи [2], *«скорость работы сильно зависит от структуры преобразователей, количества переходов, меры недетерминированности. Кроме того, операции над преобразователями требуют больших объемов памяти»*.

Исходя из некоторых особенностей армянской морфологии, нами было принято решение упростить задачу, применив принцип: *«Разделяй и властвуй»*.

Армянские слова имеют следующее строение:

- Простое (однокоренное) слово

[«префикс»] + «корень» + [«постфикс»]^k + [«окончание»],

где $k = 1, 2$

Пример: hshwsh + ɯʁ + nɪrɛtɕ + wɫwɕ + ɨg

- Сложное (многокоренное) слово
[«префикс»] + «корень» + [«постфикс»] + [соединительная гласная] +
[[«префикс»] + «корень» + [«постфикс»] + [соединительная гласная]]^k + [«префикс»] + «корень» + + [«постфикс»] + [«окончание»]

Наш подход предполагает предварительное построение следующих словарей языка:

- **полный** словарь языка на данный момент – строится автоматически,
- словарь **корней** – строится автоматически,
- словарь **префиксов** – строится от руки,
- словарь **постфиксов** – строится от руки,
- словарь **окончаний** – строится от руки,
- словарь **соединительных гласных** – строится от руки,
- словари возможных **ошибок** в трех-, двух- и однобуквенных последовательностях букв во всех словах из словарей *префиксов, корней, постфиксов, окончаний и соединительных гласных*.

Исследуемое слово, то есть слово, которое не найдено в словаре, разбивается на морфологические составляющие:

- **префиксы** – определяется автоматически;
- **корни** – определяется автоматически;
- **постфиксы** – определяется автоматически;
- **окончание** – определяется автоматически;
- **соединительные гласные** – определяется автоматически.

В процессе разбиения, с помощью соответствующих словарей определяются те компоненты исследуемого слова, в которых содержатся ошибки.

Таким образом, получаются короткие цепочки символов армянского языка, которые обрабатываются с помощью, так называемых, *n-gram*-ов ошибок.

Находятся наиболее близкие в смысле *расстояния Левенштейна* правильные компоненты исследуемого слова и собирается новое слово, которое проверяется на наличие в *полном* словаре.

Таким образом, наш алгоритм позволяет за разумное (весьма короткое) время с высокой вероятностью определить разумное количество

слов-кандидатов на правильный вариант исправления даже при 6-и возможных ошибках в исследуемом слове.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ваградян В.Г.* Определение смысла слова, предложения и текста (На примере восточно-армянского литературного языка). Девятая Годичная научная конференция (3–8 декабря 2014г.) Сборник научных статей: Физико-математические и естественные науки. Ер.: Изд-во РАУ, 2015. СС. 68–77.
2. Эл. Источник: <https://habrahabr.ru/post/105450/>
3. *Левентейн В.И.* Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов // Доклады Академий Наук СССР, 1965. 163. СС. 845–848.

A NEW APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF SPELLCHECKERS

(On the Example of the Eastern Armenian Literary Language)

T. Apozyan, W. Wahradyan

ABSTRACT

The paper considers a new approach to the processing of grammatical errors in the text, based on the morphological analysis of words. A short review of the available methods of error handling is given. It is indicated that the proposed and implemented method allows successfully correcting up to 6 errors in one-root words and more than 6 errors in multi-rooted ones.

Keywords: Spellchecker, text processing, distance of Lowenstein, morphological analysis.

SPELLCHECKER-ՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ՆՈՐ ՄՈՏԵՑՈՒՄ

(Գրական արևելահայերենի օրինակով)

Տ.Ֆ. Ափոզյան, Վ.Գ. Վահրադյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Հոդվածում դիտարկվում է տեքստում քերականական սխալների ստուգելու բառերի ձևաբանական վերլուծության վրա հիմնված նոր մոտեցում: Բերված է սխալների մշակման առկա մեթոդների հակիրճ ակնարկ: Նշվում է, որ առաջարկվող և իրացված մեթոդը հնարավորություն է տալիս հաջողությամբ ուղղել մինչև 6 սխալ մեկ միարմատանի բառի մեջ և 6-ից ավել սխալ բազմարմատանի բառերի դեպքում:

Հիմնաբառեր՝ Spellchecker, տեքստի մշակում, Լեվենշտայնի հեռավորություն, մորֆոլոգիական վերլուծություն:

ИМИТАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО- РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Г.А. Арутюнян², С.Х. Нахатакян¹, Л.Г. Мелкумян³, А.В. Гаспарян¹

¹Российско-Армянский университет

²Армянский государственный педагогический университет

*³Ереванский научно-исследовательский институт
математических машин*

*harutyunyanhamlet06@aspu.am, satik.nahatakyan@rau.am,
leomel1952@mail.ru, harutyun.gasparyan@rau.am*

АННОТАЦИЯ

Данная научная статья посвящена задачам надежности программного обеспечения и аппаратных средств сетецентрических систем, разработке имитационной системы тестирования и диагностики, позволяющей автоматизировать процессы обнаружения ошибок в программном обеспечении и неисправностей аппаратуры территориально-распределенных сетецентрических систем реального времени.

В рамках настоящей статьи рассматриваются методы, обеспечивающие скорость передачи информации и оптимальные способы формирования сообщений. Предлагается древовидный метод представления кодограмм для минимизации работы пользователя в процессе тестирования.

Ключевые слова: сетецентрические системы, надежность ПО, тестирование, диагностика, кодограмма.

Данная статья посвящена задачам разработки имитационной системы тестирования и диагностики (ИСТД), позволяющей автоматизировать

процессы обнаружения ошибок в программном обеспечении (ПО) и неисправностей аппаратуры территориально-распределенных сетевых систем (ТРСС). В рамках данной статьи предлагаются методы древовидного представления кодограмм (дейтаграмм), которые войдут в состав пакета ИСТД для минимизации работы пользователя в процессе тестирования.

Надежность ПО и аппаратных средств сетевых систем является совершенно естественным требованием, поскольку любой отказ аппаратуры или ошибка в ПО таких сложных систем управления может привести к непредсказуемым последствиям. Вследствие сложности взаимосвязей модулей, входящих в состав системы, большинство ошибок обнаруживается во время комплексных проверок ПО. Следует отметить, что во время эксплуатации ПО ТРСС работает в условиях больших нагрузок, и поэтому перед сдачей системы в эксплуатацию необходимо использование автоматизированных имитационных средств, организующих тестирование в условиях больших нагрузок, кроме этого, обнаружение ошибок в ПО, диагностика и прогнозирование неисправностей в аппаратуре необходимы и при эксплуатации системы.

Актуальность создания надежно работающей сетевой системы (СС), отвечающей требованиям современности, вызвана глобальными изменениями в обществе, которые требуют пересмотра старых парадигм управления в смысле принятия решения, исполнения и контроля.

Сетевость [1] – это принцип организации системы управления, позволяющий реализовать режим ситуационной осведомленности посредством формирования и поддержки единой для всех ярусов управления, целостной, контекстной информационной среды и включения в процесс ее непрерывной актуализации возможно большего числа источников первичной, непосредственной и без каких-либо условностей информации. Управление сложными системами призывает отказаться от жесткой иерархии подчинения и требует координации действий самостоятельных субъектов в реальном времени, их гармоничного взаимодействия с окружением, а также в централизации знаний, интуиции и интеллекта участников [2]. Нужны оригинальные идеи и новые подходы к управлению в терминах самоорганизации, сложных систем, управления знаниями и коллективного интеллекта. В связи с этими тенденциями, с

точки зрения внимания науки об управлении, происходит становление концепции сетецентризма. В основе термина «сетецентризм» лежит слово «сеть», несущее образ многосвязности объектов-узлов. В качестве примеров и известных аналогов целесообразнее привести оборонные сетецентрические системы, или как обычно их называют «сетецентрические войны» (СЦВ) [3], поскольку они являются наиболее совершенными. В процессе анализа авторами были исследованы разработки объектов множества типов, вооруженных сил, входящих в СЦВ. Это – сухопутные войска, военно-воздушные силы, военно-морские силы и т.п. Ядром такой системы, новым «центром силы» является телекоммуникационная сеть [4] обмена данными, фактически образующая для потребителей единое информационное пространство, доступ к информации в котором регламентируется соответствующими полномочиями.

Если обратиться к литературе по этой теме, присутствующей как в Интернете, так и в специализированной периодике, в монографиях, то необходимость максимального использования возможностей всех имеющихся средств разведки и боевых платформ привела к переходу от «платформоцентрической» модели управления войсками и оружием к «сетецентрической», получившей в итоге наименование “Network Centric Warfare” (NCW) – «сетецентрический» способ ведения войны [5], понимая под ним не новые специфические способы и формы ведения войны, а лишь способ интеграции технических средств разведки, автоматизации управления и огневого поражения посредством информационно-телекоммуникационных сетей связи и передачи данных в целях повышения эффективности ведения боевых действий путем согласования и координации действий имеющихся сил и средств на основе единого информационного пространства.

Если с позиций модели боевых действий на основе циклов управления взглянуть на концепцию «сетецентрической» войны (СЦВ), то станет понятным, почему потребовалось соединить между собой средства разведки, автоматизации управления и огневого поражения единой информационно-телекоммуникационной сетью, что обеспечивает увеличение темпа действий циклов (СЦВ) за счет сокращения продолжительности этапов наблюдения и ориентации. Суммарная эффективность, образуемая на основе установления связей «системы систем» [6] (system of systems),

определяется фазами принятия решений и действий. Это – циклы, непосредственно связанные с обработкой информации и с компьютерными технологиями. Еще один этап (Action – действие) носит в целом «кинематический» характер и связан с перемещением в пространстве, защитой и поражением противника на основе огневой мощи. К ряду объектов, входящих в СЦВ, можно отнести управляющую систему противовоздушной обороны США и Северной Америки [7].

Для настоящей сетецентрической системы управления нет препятствий как в количестве войск, так и в масштабах района боевых действий. Но поскольку есть препятствия в боевой эффективности войск, а именно: в способности выделенным нарядом сил и средств поразить противника с достаточной эффективностью в назначенное время, то актуальность поднятой в статье темы рассматривается авторами в фокусе необходимости создания ТРСС для обороны нашей страны, где они играют существенную роль. Следует отметить, что при разработке ТРСС возникают сложности с финансовыми затратами, с одной стороны, и с другой – с процессами комплексной отладки как отдельных задач по обработке и хранению принимаемой формализованной информации, так и всей системы при различных потоках этой информации от всевозможных источников. На натурных стендах разработчика ТРСС невозможно сформировать все необходимые конфигурации для комплексной отладки, так как это нецелесообразно как с точки зрения затрат, так и невозможности обеспечения одновременной работы со всеми объектами. В связи с этим, насущным является разработка и создание имитационно-тестирующей системы, позволяющей при минимальном наращивании технических средств обеспечить приближенную к реалиям среду функционирования ТРСС. А так как ТРСС специального назначения практически непрерывно модифицируются в части наращивания функциональных возможностей, а также изменений уже существующих, то применение ИСТД является необходимостью.

Как было отмечено выше, концепция сетецентризма, на которой основана идеология ТРСС как управленческого средства, направлена на повышение качества управления и формирование стратегий. Это выполняется за счет:

а) знаний, прогнозов и определенных воздействий в режиме упреждения. В сетевых системах организуется адаптивное планирование превентивных воздействий стратегического уровня на определенные точки (в нужном месте и в нужное время) в реальном режиме времени с учетом неизбежных изменений и перестройки текущей ситуации [4];

б) отображения исходных данных и результатов анализа в наглядной форме, в том числе в виде географической карты (что особенно важно для территориально-распределенных систем управления), гистограмм, графиков и т.д.

В рамках разработки ИСТД предполагается решение следующих задач:

1. Разработка новых алгоритмов и подходов к разработке Оптимизатора-синтезатора, который должен синтезировать тесты.
2. Разработка вычисляющих функций с возможными рекурсивными и взаимными вызовами.
3. Анализ методов исследования применимости теории графов на возможность параллельного вычисления и построение соответствующих алгоритмов;
4. Разработка подхода к организации многопоточных вычислений для многоядерных и многопроцессорных компьютеров и вычислений на кластерах в системах с учетом особенностей существующих оптимизирующих алгоритмов.
5. Разработка системы программ автоматического анализа, оптимизации и синтеза тестов для программ тестирования и диагностирования ПО объектов ТРСС.
6. Реализация имитации форматированных и неформатированных сообщений, отчетов, запросов и т.д.
7. Реализация системы формирования и имитации сообщений (СФИС), посредством которой будет тестироваться работа отдельных объектов или программных комплексов при отсутствии других объектов.
8. Реализация предельных нагрузок ТРСС: создание многочисленных потоков входящих сообщений по заранее созданным сценариям – для проверки корректности работы объекта при больших нагрузках.

9. Создание программы получения результатов сравнения различных параметров работы программ (скорость, расход памяти, количество проходов на одном и том же аргументе), вычисляющих оптимизированные и неоптимизированные эталонные функции.
10. Реализация структурного анализа аппаратных средств.
11. Реализация выявления избыточных узлов в структуре, а также обнаружения неисправностей и диагностирования аппаратуры ТРСС.

Поскольку одной из основных частей разработки ИСТД является формирование запросов и сообщений для тестирования ПО, то в рамках настоящей статьи кратко рассмотрим методы, обеспечивающие скорость передачи информации и оптимальные способы формирования сообщений. Как выяснилось на практике, хранение ответа запроса в виде дерева в базе данных ускоряет поиск информации, а также уменьшает количество занимаемой памяти. Матричное представление и представление запросов и сообщений в виде деревьев отличаются следующие два свойства:

- время формирования матрицы и дерева;
- время формирования конкретного запроса с помощью этих представлений.

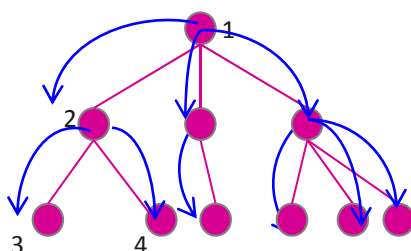


Рис. 1.

Дерево для запроса средней сложности создается в течение нескольких минут, а матричное представление для того же запроса – примерно в течение часа. Таким образом, использование деревьев делает более продуктивным формирование сообщений и запросов и значительно ускоряет этот процесс. Так, например, метод древовидного представления кодог-

рамм (дейтаграмм), предназначенный для минимизации работы пользователя в процессе тестирования представлен на Рис. 1. Во время реализации ИСТД древовидный метод используется как метод групповой имитации запросов и сообщений, которые могут быть использованы для разработки методов формирования и имитации сообщений ТРСС и их программной реализация. То есть древовидный метод будет использоваться для разработки СФИС – системы формирования и имитации сообщений, которую можно будет включить в состав ИСТД, и посредством которой будет тестироваться работа отдельных объектов или программных комплексов при отсутствии других объектов. Из анализов и исследований сделаны выводы, что способы передачи сообщений могут быть следующих видов:

Распространяемые. (см. Рис. 1.) Кодограмма копируется требуемое количество раз и рассылается всем объектам ТРСС. Сообщения, циркулирующие между объектами ТРСС посредством ИСТД, формируются как внешние кодограммы, которые могут быть одноблочными и многоблочными.

Избирательно распространяемые. Кодограммы доставляются объектам по адресу получателя, и всем их подчиненным объектам (см. Рис. 2.) из рисунка можно предположить, что оператор выбрал объекты 2 и 7 (см. Рис. 3.).

В ПО ТРСС значимое место занимают программы проверки информации (ППИ), проверяющие каждый запрос или сообщение, составленные оператором, и только потом отправленные по назначению. Объект-получатель, в свою очередь, проверяет полученное сообщение и продолжает обработку, если находит его логически правильным.

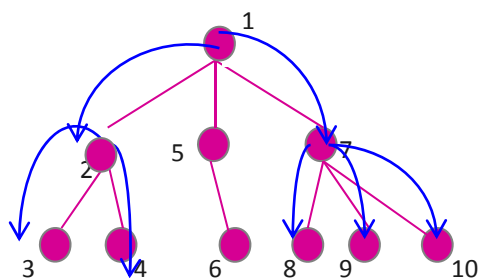


Рис. 2.

2
3
4
5
6
7
8
9
10

Рис. 3.

Для тестирования работы отдельно взятого объекта ТРСС необходимо иметь в распоряжении минимум по одному вышестоящему и подчиненному объекту указанной ветки, которые будут посылать сообщения тестируемому объекту, получать от него ответы и исследовать результаты. В случае наличия большого количества разнообразных объектов ТРСС нецелесообразно, а иногда даже невозможно, задействовать столько объектов, поэтому предлагается создать СФИС для формирования и имитации сообщений, реализующую следующие основные функции:

1. имитация разнообразных сообщений объектов высших и низших уровней с целью проверки работы отдельно взятого объекта;
2. создание потока входных сообщений с целью проверки корректности работы системы при больших нагрузках;
3. тестирование отдельного объекта при отсутствии других объектов высшего или низшего уровня;
4. тестирование программ проверки информации (ППИ).

Ниже, на Рис. 4, приведена логическая структура системы формирования и имитации сообщений (СФИС):

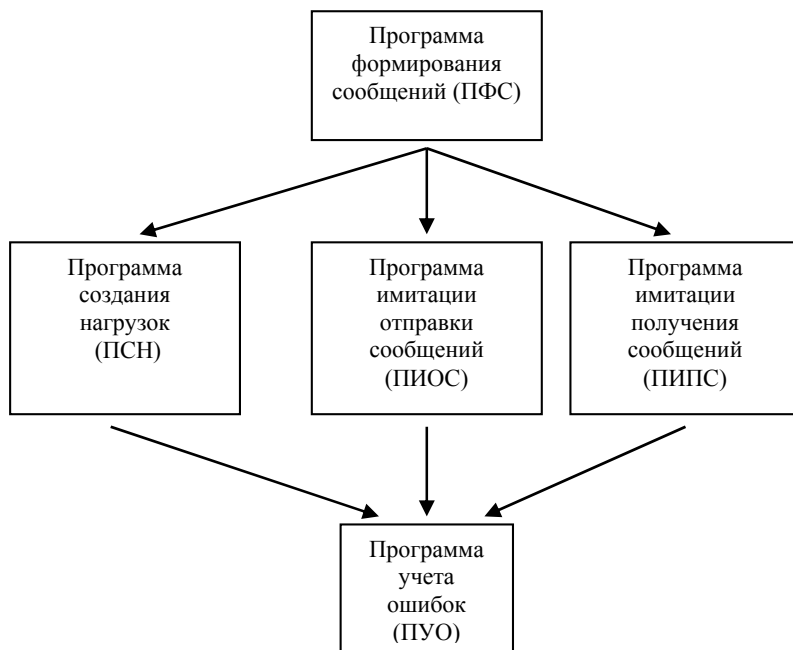


Рис. 4.

В течение работы СФИС пользователю дается возможность формировать сообщения следующими способами:

1. Пользователю предлагается выбирать только такую информацию, чтобы сообщения, составленные из нее, были логически верными, т.е. успешно обрабатывались системой и не порождали ошибок;
2. Пользователю предлагается выбирать только такую информацию, чтобы составленные из нее сообщения были логически неверными. В качестве входного параметра по каналу связи отправляются только логически неверные сообщения, а на выходе должны быть получены, соответственно, извещения о провале всех этих сообщений;
3. Пользователю предлагается выбирать только такую информацию, чтобы одна часть составленных из нее сообщений были логически неверными, а другая часть составленных из нее сообщений были бы логически верными, причем, эти части строго фиксируются. Поскольку выбор пользователя осуществляется этим вариантом, то в качестве входного параметра по каналу связи отправляются, соответственно, как логически неверные сообщения, так и логически верные сообщения, при этом, на выходе должны быть получены: извещения, соответствующие неверной части о провале этих сообщений, а также извещения, соответствующие верной части об успешно обработанных системой логических сообщений, которые не породили ошибок.

Без использования СФИС пользователь вынужден обращаться к соответствующей программе для формирования каждого сообщения и отправлять их по каналу связи по отдельности. Без использования СФИС невозможно создание больших нагрузок на ПО, так как для этого необходимо в течение короткого промежутка времени не только сформировать и отправить множество сообщений, но и, одновременно, выполнять другие операции, что в принципе, невозможно физически осуществить, используя только человеческие ресурсы.

Основными преимуществами ИСТД являются:

1. осуществление автоматизированного тестирования, испытания, обнаружение и фиксирование ошибок, вследствие чего резко сокращается

участие человека в процессе тестирования, испытания и корректировки ПО и увеличивается его быстродействие;

2. экономия достаточно большого количества средств в силу возможности тестирования работы отдельно взятых объектов без задействования других объектов системы;

3. создание больших нагрузок на тестируемые объекты и программные модули;

4. удобство в эксплуатации ИСТД.

В процессе тестирования в зависимости от уровня нагрузки на систему количество обнаруживаемых ошибок уменьшается. Самое большое количество ошибок обнаруживается на низшем уровне нагрузок, и в соответствии с изменением уровня оно уменьшается, но параллельно с количеством изменяется и качество ошибок, то есть на высших уровнях нагрузок обнаруживается меньшее количество ошибок, но их корректировка связана с огромным количеством трудностей. Такое изменение качества ошибок объясняется тем, что высокий уровень нагрузок, как правило, используется на системном этапе тестирования, в условиях параллельной работы модулей и комплексов ПО. В этих условиях обнаруживаются такие ошибки, которые могут проявиться только во время совместной работы программных модулей и комплексов.

Для разработки ИСТД необходимо создать техническую базу с сетью компьютеров и другого необходимого оснащения, то есть стенд разработчика с необходимой соответствующей ОС и ПО [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Таненбаум Э., Ван Стеен М.* Распределенные системы. Принципы и парадигмы. С-Пб., 2003.
2. *Макаренко А.* Парадигма сетевцентрического управления – современный взгляд. 2010.
3. *Макаренко А.* Введение в сетевцентрические информационно-управляющие системы. 2010.

4. *Леваков А.* Сетевая война 21-го века. (<http://freelance4.narod.ru/NCW.htm>).
5. *Попов И.М.* «Сетецентрическая война» – Готова ли к ней Россия? «Советская Россия», 2010.
6. *Попов И.М.* Сетецентрическая война Пентагона. Независимое военное обозрение, 2004, № 9.
7. *Шедрин И.* Программа модернизации американской армии Future Combat Systems подвергнется серьезной реорганизации.
8. *Затуливетер Ю.С.* Компьютерный базис сетецентрического управления // Сборник трудов Второй российской конференции с международным участием «Технические программные средства систем управления, контроля и измерения (теория, методы, алгоритмы, исследования и разработки)». ИПУ РАН. М., 2010.

IMITATING SYSTEM OF TESTING AND DIAGNOSING FOR THE TERRITORIAL DISTRIBUTED NET-CENTRIC SYSTEMS

H. Harutyunyan, S. Nahatakyan, L. Melkumyan, H. Gasparyan

ABSTRACT

This article is dedicated to problems of reliability of the software and hardware of net-centric systems, the development of imitating system for testing and diagnostics allowing to automate processes of mistakes detection in software and malfunctions of the equipment which are territorially distributed net-centric systems of real time.

Within the present article are considered methods providing high-speed transfer of information and optimum ways of formation messages. The offered method of datagram representation is dedicated to user work minimization during testing process.

Keywords: net-centric systems, reliability of the software, testing, diagnostics, datagram.

**ԹԵՍԹԱՎՈՐՄԱՆ ԵՎ ԱԽՏՈՐՈՇՄԱՆ ԻՄԻՏԱՑԻՈՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ
ՏԱՐԱԾԱԿԱՆ ԲԱԵԽՄԱՄԲ ՑԱՆՑԱԿԵՆՏՐՈՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՀԱՄԱՐ**

***Հ.Հ. Հարությունյան, Ս.Խ. Նահատակյան, Լ.Գ. Մելքումյան,
Հ.Վ. Գասպարյան***

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքը նվիրված է ցանցակենտրոն համակարգերի ծրագրային ապահովման ու ապարատային միջոցների հուսալիության խնդիրներին և թեստավորման ու ախտորոշման իմիտացիոն համակարգերի մշակմանը, որոնք կապահովեն ռեալ ժամանակում տարածական բաշխմամբ ցանցակենտրոն համակարգերի ծրագրային ապահովման սխալների և ապարատային միջոցների անճշտությունների հայտնաբերման պրոցեսի ավտոմատացումը:

Հոդվածում դիտարկվում է հաղորդագրությունների ձևավորումը և տեղեկատվության արագ փոխանցումը ապահովող մեթոդներ: Առաջարկվում է կողոզքրամայի ներկայացման մեթոդ, որը նվազագույնի կհասցնի օգտվողի աշխատանքը թեստավորման պրոցեսում:

Հիմնաբառեր՝ ցանցակենտրոն, ցանցակենտրոն համակարգեր, ցանցակենտրոն համակարգերի մաթեմատիկական մոդելներ, ծրագրային համակարգերի հուսալիություն, իմիտացիոն մոդելներ, թեստավորում և ախտորոշում, հաղորդագրությունների իմիտացիա, կողոզքրամա:

ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ КАК ИНДИКАТОР СТЕПЕНИ ОЗЛОКАЧЕСТВЛЕНИЯ КЛЕТКИ

А.А. Мелконян¹

¹Российско-Армянский университет

anahit.melkonyan@rau.am

АННОТАЦИЯ

Одной из самых злободневных и не разрешенных задач человечества можно считать проблему борьбы с раком. К сожалению, несмотря на большое количество новых лекарственных препаратов, человечество ее пока проигрывает. Более того, современная наука даже не подошла к разгадке причины возникновения рака, оставляя эту сферу некоей *terra incognita*.

Весьма важным шагом с точки зрения определения эффективности той или иной схемы лечения, можно считать сравнительно недавние исследования, проведенные группой ученых из США, относительно различий во фрактальном поведении нормальных и раковых клеток в наномасштабе.

Ключевые слова: онкология, раковая клетка, фрактальная размерность.

Введение

Одной из наиболее актуальных задач для человечества вот уже много десятилетий является борьба с раком. Пока человечество ее проигрывает. Ежегодно создаются новые лекарства той или иной степени эффективности, однако не только о победе над этой болезнью, но даже о понимании ее возникновения речи пока и быть не может. Более того, раковая клетка зачастую демонстрирует просто чудеса приспособляемости и изменчивости. Так, недавно большой группой ученых было доказано,

что применение некоторых химиопрепаратов, до сих пор используемых в качестве лечения онкобольных, не только не дают положительного эффекта, но и делают раковую клетку совершенно резистентной к лечению и даже более агрессивной, ускоряющей течение болезни.

Фрактальные структуры известны в научной литературе, начиная с 1963 года. Впервые они появились под названием «странные аттракторы» в исследованиях динамического хаоса в пионерской работе Э.Н. Лоренца (в русском переводе [1]). В середине 70-х гг. Б. Манделброт вводит понятие «фрактал» [2], используя понятие обобщенной размерности, отличной в общем случае от целого числа, введенного задолго до этого в 1918 г. Хаусдорфом. Фракталы и странные аттракторы были отождествлены.

Первоначальное мнение о фракталах, как о достаточно абстрактных математических объектах (хотя и весьма притягательных с эстетической точки зрения), весьма быстро изменилось, когда стало ясно, что огромное количество естественных процессов и структур являются, по крайней мере, квазифракталами.

Береговая линия Великобритании и Норвегии имеет размерность 1,25 и 1,52, соответственно. Капуста романеско (похожа на цветную капусту и брокколи) – это тоже фрактал, размерностью 2,66. Поверхность человеческого мозга обладает фрактальной размерностью 2,7.

Естественно, рано или поздно неизбежно должна была появиться задача об исследовании раковой опухоли на предмет ее фрактальной структуры и размерности.

В конце 90-х гг. было высказано предположение, что раковая опухоль может являться фракталом. Авторы этой гипотезы – ученые из Австрии попытались спрогнозировать рост раковой опухоли, описав ее периметр как фрактал. Но одновременно с этим, другие исследователи в своих статьях описывали эксперименты, результаты которых опровергали это наблюдение. Схожие исследования проводились и с периметром поперечного сечения раковых клеток, однако и здесь результаты были противоречивыми.

Точка в этом споре была поставлена сравнительно недавно, когда группа ученых из США опубликовала свои исследования, где раковая опухоль действительно является фрактальной структурой [3, 4]. Но, в

отличие от своих предшественников, фрактальное поведение удалось распознать не в макро-, а в наномасштабе.

Метод

Были исследованы порядка нескольких сот эпителиальных клеток, часть из которых была совершенно здорова, а другая – клетки, пораженные раком. Была создана карта адгезии данных клеток, т.е. определена сила, с которой игла атомно-силового микроскопа контактным образом взаимодействует (сцепляется) с заданной точкой поверхности исследуемого объекта.

После математической обработки изображений было установлено, что в диапазоне 40–300 нм фигуры, иллюстрирующие топографию нормальных и раковых клеток, являются фракталами, при этом их размерности практически равны друг другу.

Фрактальный анализ данных, полученных при помощи атомно-силового микроскопа, был выполнен с использованием анализа Фурье. Так, сила притяжения иглы атомно-силового микроскопа определяется следующим образом:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{N_x-1} \sum_{y=0}^{N_y-1} z(x, y) \exp \left[-i2\pi \left(ux / N_x + vy / N_y \right) \right] / N_x N_y$$

где $z(x, y)$ – значение изображения в точке с координатами (x, y) , N_x , N_y – количество пикселей по направлениям x и y , соответственно.

Исходя из специфических особенностей работы с атомно-силовым микроскопом, данную величину удобно записывать в полярных координатах:

$$A(Q) = 1 / \pi \int_0^{\pi} F(Q \cos \varphi, Q \sin \varphi) d\varphi$$

где A – это функция реципрокального («взаимного») пространства Q , зависящая от размеров и геометрических особенностей микроскопа.

Линейное поведение функции $A(Q)$ в дважды логарифмическом масштабе демонстрирует фрактальные свойства.

Для проведения данных вычислений используется следующее специфическое программное обеспечение:

Scanning Probe Image Processor (SPIP) software (Image Metrology A/S, Denmark) – для вычисления спектра Фурье изображений, полученных с помощью атомно-силового микроскопа;

Origin 9.0 software (Origin Labs, Inc.) – для определения фрактальной размерности сглаженного изображения.

Визуализация распределения силы адгезии поверхности нормальных и раковых клеток также показала наличие фрактальной структуры и, что самое важное, продемонстрировала существенное различие во фрактальной размерности у здоровых и пораженных клеток.

Данный результат продемонстрирован на следующей гистограмме фрактальных размерностей адгезионных карт нормальных и раковых клеток (Рис.1).

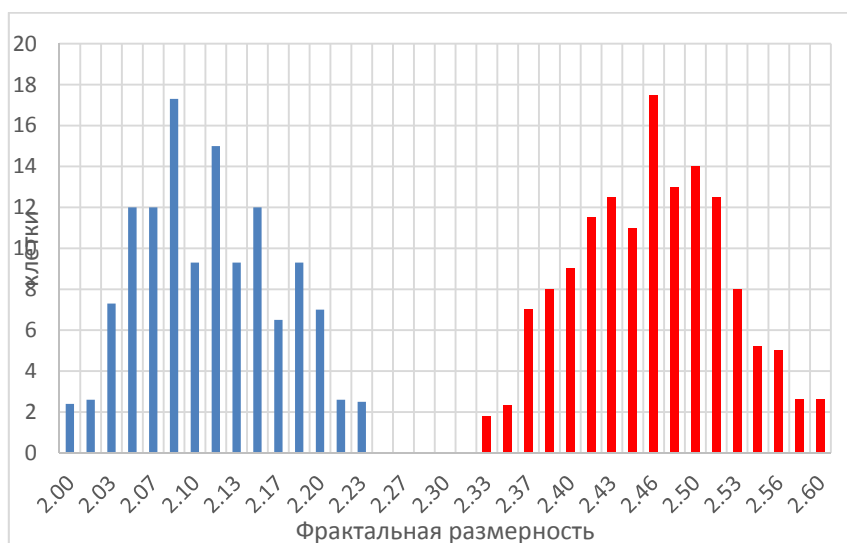


Рис. 1. Фрактальные размерности адгезионных карт нормальных и раковых клеток.

Нетрудно заметить провал между фрактальными размерностями двух категорий клеток. Именно этот параметр, по мнению ученых, позволяет отличить раковую клетку от здоровой.

Заключение

Данные результаты могут быть интерпретированы как количественные характеристики степени озлокачествления клетки. Иными словами, при динамическом наблюдении и анализе фрактальной размерности можно судить, например, о степени эффективности того или иного лекарственного средства или схемы лечения (если будет наблюдаться, например, уменьшение значения фрактальной размерности после приема препарата).

Безусловно, данный метод является заслуживающим внимания с точки зрения получения объективных, количественных характеристик течения болезни.

Более того, интерпретируя озлокачествление клетки в терминах теории нелинейных динамических систем можно сказать, что рак – это фазовый переход состояния клетки от состояния дисбаланса (которое можно отождествить с предраковыми клетками) к состоянию хаоса.

Было бы любопытно проверить переходные состояния клетки на предмет демонстрации бифуркационного режима перехода к хаосу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лоренц Э. Детерминированное непериодическое течение // Странные аттракторы. М.: Мир, 1981. СС. 88–117.
2. Fractals: Form, Chance and Dimension, by Benoît Mandelbrot; W H Freeman and Co, 1977; ISBN 0-7167-0473-0.
3. Dokukin M. et al. Cell surface as a fractal: normal and cancerous cervical cells demonstrate different fractal behavior of surface adhesion maps at the nanoscale, Phys. Rev. Let, 107, 028101, 2011.
4. Dokukin et al. Emergence of fractal geometry on the surface of human cervical epithelial cells during progression towards cancer, New Journal of Physics, Vol 17, 2015.

FRACTAL DIMENSION AS AN INDICATOR OF THE DEGREE OF MALIGNANCY OF THE CELL

A. Melkonyan

ABSTRACT

The problem of fighting cancer is staying one of the most topical and unsolved problems of mankind. Unfortunately, despite the large number of new drugs, humanity is still losing it. Moreover, science has not even come up with a solution to the origin of cancer.

Relatively recent study conducted by a group of scientists from the United States on the differences in the fractal behavior of normal and cancer cells at the nanoscale can be considered as a very important step in determining the effectiveness of a treatment protocols.

Keywords: oncology, cancerous cell, fractal dimension.

ՖՐԱԿՏԱԼԱՅԻՆ ՉԱՓՈՂԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ԻՆՉՊԵՍ ԲԶԶԻ ՉԱՐՈՐԱԿԱՑՄԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆ

Ա.Ա. Մելքոնյան

ԱՍՓՈՓՈՒՄ

Քաղցկեղի դեմ պայքարը մնում է մարդկության ամենահրատապ և դերևս չլուծված խնդիրներից մեկը: Ցավոք սրտի, չնայած նոր դեղամիջոցների ի հայտ գալուն, մարդիք այդ մենամարտում տանուլ են տալիս: Ավելին, ժամանակակից գիտությունը առայժմ անգամ չի մոտեցել քաղցկեղի պատճառի բացահայտմանը և այն մնում է terra incognita.

Համեմատաբար վերջերս ԱՄՆ-ից մի խումբ գիտնականների կողմից կատարված ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ առողջ և չարորակ բջիջները ցուցաբերում են տարբեր ֆրակտալային վարք նանոմաշտաբներում: Այդ փաստը կարող է բավականին օգնել տարբեր բուժման պրոտոկոլների արդյունավետությունը որոշելու հարցում:

Հիմնաբառեր՝ օնկոլոգիա, չարորակ բջիջներ, ֆրակտալային չափողականություն:

РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАПРОСОВ К ОНТОЛОГИЯМ УЧЕБНЫХ РЕСУРСОВ

А.С. Овакимян¹, С.Г. Саркисян², Н.Г. Испирян²

¹Российско-Армянский университет

²Ереванский государственный университет

anna.hovakimyan@rau.am, siranushs@ysu.am, nispiryan@ysu.am

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье предлагается методика создания баз электронных учебных ресурсов в формате Semantic Web и описывается метод реализации запросов к этим базам. Предполагается трансляция описаний на языке OWL в прологовские нотации и реализация запросов к онтологиям как запросов к Пролог-программе.

Ключевые слова: онтология, электронный учебный ресурс, Prolog-запросы.

Онтологии используются для описания знаний о некоторой предметной области в семантическом Web с помощью системы взаимосвязанных по определенным правилам понятий. Различные онтологические языки предоставляют различные возможности для такого описания. Самая последняя разработка по стандартным языкам описания онтологий – это язык OWL из WorldWideWeb Consortium (W3C) [1].

Разработка онтологии начинается с формализации предметной области и определения ее масштаба. Она должна отвечать на ряд вопросов типа, какую область будет охватывать онтология, для чего будет использована онтология, на какие типы вопросов должна давать ответы, кто будет использовать и поддерживать онтологию.

Рассматриваемая нами онтология – это представление предметной области учебных ресурсов (Learning Objects). Онтология используется

для упрощения поиска в области учебных ресурсов и должна отвечать на вопросы типа: «Кто преподает тот или иной предмет?», «Какие знания необходимы для успешного прохождения данного предмета», «Какова форма проверки по данному предмету», «Сколько модулей у предмета», «Какие выходные результаты покрываются данным предметом», «Какие компетенции формируются в рамках данного учебного модуля» и т.д.

В настоящей работе рассматривается задача разработки онтологий учебных ресурсов в формате Semantic Web и описывается методика реализации запросов к этим онтологиям.

Создание онтологий учебных ресурсов

Международная организация IEEE в рамках стандарта Дублинского ядра (Dublin Core) разработала множество наиболее важных метаданных в виде терминов для описания понятий в онтологиях. Это множество разбито на 15 основных категорий, таких, как: Title – название, Creator – создатель, Subject – тема, Description – описание, Publisher – издатель, Contributor – внесший вклад и др. [1]. Разработаны также термины для описания специальных предметных областей.

В стандарт Learning Objects Metadata (LOM) включены термины для описания образовательных ресурсов в учебных онтологиях. Стандарт предоставляет возможность описания структуры образовательного ресурса, рекомендуемых педагогических практик, руководств по образовательным технологиям [2, 3]. Стандарт специфицирует метаданные, описывающие концептуальную структурную схему учебного ресурса, а также понятия, характеризующие учебный ресурс. Эти метаданные сгруппированы в категории General, Life cycle, Meta-metadata, Educational, Technical, Rights, Advances in Semantic Computing, Relation, Annotation, Classification и др. Предполагается, что метаданные могут быть использованы в системах реализации образовательных технологий для управления, локализации, оценки и обмена учебными ресурсами.

Существует несколько возможных подходов для разработки онтологий. Важной компонентой такой разработки является разработка иерархии классов, представляющих понятия предметной области. Общепринятыми являются нисходящий, восходящий и комбинированный методы разработки классов [4]. После определения совокупности классов следует

описать внутреннюю структуру понятий. Обычно оставшиеся за пределами иерархической таксономии классов термины и понятия рассматриваются в качестве свойств этих классов.

Рассматривая онтологию учебных ресурсов, заметим, что термин «учебный ресурс» включает, в частности, такие понятия, как: тип ресурса, выходные результаты, покрываемые этим ресурсом, данные об авторе ресурса. Эти понятия будут сформулированы как свойства объектов, которые называются слотами, привязанными к классам. Таким образом, у класса Learning Object (учебный ресурс) будут следующие слоты: тип, выходные результаты, автор.

В общем случае, в онтологии слотами могут стать несколько типов свойств объектов:

- «внутренние» свойства, такие, как выходные результаты;
- «внешние» свойства, такие, как автор ресурса;
- части, если объект имеет структурные элементы, например, тесты, входящие в курс;
- отношения с другими понятиями, например, свойство «Создатель курса» можно рассматривать как отношение между понятиями «Курс» и «Преподаватель», отражающее то, что создатель курса является посредником между курсом и преподавателем.

Все подклассы класса наследуют слоты этого класса. К подклассу можно добавить дополнительный слот, например, число модулей, форму контроля. Слот должен быть привязан к самому общему классу, у которого может быть данное свойство.

После создания свойств и обратных к ним свойств следует усилить их посредством описания ряда характеристик: например таких, как: функциональность, обратная функциональность, транзитивность, симметричность, антисимметричность, рефлексивность, иррефлексивность и др. [1, 5]

Язык OWL предоставляет возможность использования двух типов свойств: объектных (Object Properties), моделирующих отношения между представителями классов, и свойств типов данных (Datatype Properties), связывающих объекты с типами значениями данных. Ограничения на допустимые значения задаются конструкцией Restriction, например, можно задавать ограничения на тип значений свойства (owl: allValuesFrom, owl: hasValue, owl: someValuesFrom).

Среди входящих в стандарт LOM категорий важной представляется категория Relation, которая определяет отношения между учебными объектами [2, 4]. Эти отношения разбиты на две группы: структурные и методические. В список терминов структурных отношений входят такие отношения, как: isPartOf, HasPartOf и др., а в список терминов методических отношений – IsRequiredBy, Requires, HasBaseFor, IsBasedOn и др. Наименования отношений закреплены в словаре терминов LOM [2, 5].

Ниже приведен фрагмент онтологии учебных ресурсов на языке OWL, описывающий совокупность преподаваемых на первом курсе дисциплин, преподаваемых только профессорами.

```
<owl: Class rdf:ID= "learning object" >
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="course">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#learning object"/>
    <owl: ObjectProperty rdf:ID= "is_required by">
      <rdfs: SubPropertyOf rdf:resource = "pedagogial"/>
    </owl:Class>
    <owl:Class rdf:about="#firstYearCourse">
      <rdfs:subClassOf>
        <owl:Restriction>
          <owl:onProperty rdf:resource="#isTaughtBy"/>
          <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Professor"/>
        </owl:Restriction>
      </rdfs:subClassOf>
    </owl:Class>
```

Преобразование онтологии учебных ресурсов в Пролог-программу

Запросы к онтологии учебных ресурсов могут быть, например, следующих типов: получить полную иерархию классов, описывающих онтологию, получить список упражнений по алгебре, получить список курсов, лежащих в основе курсов DataMining и ArtInt и др.

В настоящее время разработано множество языков для формулировки и реализации запросов к онтологиям в Semantic Web [6]. Среди них наиболее распространенным является язык SPARQL, синтаксис которого

весьма похож на синтаксис языка SQL. Так, сформулированные выше запросы на языке SPARQL будут иметь вид:

```
select ?subject ?object where { ?subject rdfs:subClassOf ?object }  
(basedOn ?p Algebra) (type ?p Exercise)  
{(partOf ?p ArtInt)(partOf ?p DataMining)(type ?p Course)}
```

Для реализации запросов к Semantic Web нами предлагается подход, основанный на том, что реализация запросов в Semantic Web требует логического вывода и генерации новых знаний на основе имеющейся базы знаний. По этой причине языком формулировки запросов нами выбран язык логического программирования Prolog, а средой реализации запросов – интегрированная среда программирования на этом языке.

Такой подход к реализации запросов приводит к необходимости перевода OWL – описания онтологии в прологовские программы, то есть набор фактов и правил вывода.

Зафиксируем множество подготовленных в электронном формате учебных ресурсов. Пусть эти ресурсы хранятся по определенным URI-адресам.

Припишем этим ресурсам уникальные имена. Это будут атомы первого уровня (например, Курс алгебры, Упражнения по мат.анализу, Тесты по программированию, Операционные системы и т.д.). Атомами первого уровня также являются URI-адреса, по которым хранятся учебные ресурсы, имена авторов.

Будем различать предикаты первого и старших порядков.

Предикатами первого порядка назовем те, аргументами которых являются атомы первого порядка, например, *creator* (Алгебра, Петросян), *isStored* (алгебра, URI-адрес). Предикаты *course*, *exercise*, *quiz*, *module* также являются предикатами первого порядка, поскольку мы их используем в контексте *course* (курс Алгебры), *exercise* (упражнения по Мат. анализу), *qui* (тесты по программированию), *module* (операционные системы).

Существующие отношения между учебными ресурсами также задаются с помощью предикатов первого порядка вида *P* (операнд 1, операнд 2), где *P* – имя соответствующего свойства, операнд 1, операнд 2 – атомы первого порядка. Например, *has Base For* (Мат. анализ, дифф.ур.).

Предикаты второго порядка – это предикаты, определенные над предикатами первого порядка, то есть их аргументами являются предикаты первого порядка, например, *class (module)*.

Будем использовать переменные *a, b, c,* для обозначения атомов первого порядка, переменные *X, Y, Z, ...* – для обозначения классов, переменные *P, Q, R, ...* – для предикатов. Опишем способ порождения фактов и правил вывода на основе OWL-тегов учебной онтологии.

Основной тег определения класса *<owl: Class rdf:ID= « learning object » >* порождает факт *class (learningObject)*, где *class* является предикатом второго порядка, а *learningObject* – предикатом первого порядка.

Понятие экземпляр класса моделируется правилом *instance (a,X) : – class (X), X(a)*, где *X* – имя конкретного класса, например, *course*, смоделированного предикатом первого порядка.

Факты с предикатом *subclassof* порождаются тегами *<owl: Classrdf:ID= « » >* и *<rdfs: subClassOfrdf:resource = « » />*. Например, теги *<owl: Class rdf:ID = «Cours» >* и *<rdfs: subClassOfrdf:resource = «learningObject» />* порождает факт *subclassof (course, learningObject)*.

Таким образом, порождаемые правила связывают классы и подклассы. Например,

instance (a,Y): - instance (a,X), subclassof (X, Y).

learningobject (course): - subclassof (course, learningobject).

learningobject (exercise): - subclassof (exercise, learningobject).

Факты с предикатом *objectProperty* порождаются тегом *<owl: objectPropertyrdf:ID = « » >*. Например, тег *<owl: ObjectPropertyrdf:ID= «learningRelation»* порождает факт *objectProperty (learningRelation)*. Тег *<owl: ObjectPropertyrdf:ID= « PedagogicalRelation » >* порождает факт *objectproperty (pedagogicalRelation)*.

Пара тегов *<owl: ObjectPropertyrdf:ID= P >* и *<rdfs: range rdf:resource = X />* порождает факты вида *range (P, X)*, где *P* – обозначает свойство, *X* – обозначает класс.

Например, теги *<owl: ObjectPropertyrdf:ID= « LearningRelation » >* и *<rdfs: range rdf:resource = « LearningObject » />* порождает факт *range (learningrelation, learningobject)*.

OWL- тегами

<owl: ObjectPropertyrdf:ID= P > и <rdfs:

SubPropertyOfrdf:resource = Q />

порождается пара фактов вида *objectproperty* (P) и *subpropertyof* (P, Q).

Например,

<owl: ObjectPropertyrdf:ID= «PedagogicalRelation » >

<rdfs: SubPropertyOfrdf:resource = « LearningRelation » />

порождают факты

objectproperty (pedagogicalrelation).

subpropertyof (pedagogicalrelation, learningrelation).

Теги

<owl: ObjectPropertyrdf:ID= «hasBasisFor » >

<rdfs: SubPropertyOfrdf:resource = « PedagogicalRelation » />

порождают факты

objectproperty (hasBasisFor).

subpropertyof (hasbasisfor, pedagogicalrelation).

Теги

<owl: ObjectPropertyrdf:ID= « P » >

<rdf: type rdf:resource = « &owl; TransitiveProperty » />

порождают правило, выражающее свойство транзитивности предиката P:

$P(a,c) : - domain(P,X), instance(a,X), instance(b,X), instance(c,X), P(a,b), P(b,c).$

Например, теги

<owl: ObjectPropertyrdf:ID= « hasBasisFor » >

<rdf: type rdf:resource = « &owl; TransitiveProperty » />

порождают правило транзитивности свойства hasBasisFor

$hasbasisfor(a,c) : - domain(P,X), instance(a,X), instance(b,X), instance(c,X), hasbasisfor(a,b), hasbasisfor(b,c).$

Теги

<owl: ObjectPropertyrdf:ID= « P » >

<owl: inverseOfrdf: resource = « Q » >

порождают следующее правило, выражающее свойство обратимости свойств P и Q:

$P(a,b) : - domain(P,X), domain(Q,X), instance(a,X), instance(b,X), Q(b,a).$

Например, теги

<owl: ObjectPropertyrdf:ID= « isBased On » >

<owl: inverseOfrdf: resource = « hasBasisFor » >

порождают правило транзитивности свойства hasBasisFor:

$isbasedon(a,b) : - domain(P,X), domain(Q,X), instance(a,X),$
 $instance(b,X), hasbasisfor(b,a).$

Рефлексивность свойства Р выражается фактом $P(a,a)$.

Ограничения для свойств объектов также порождают предикаты второго порядка. Например, ограничение owl:allValuesFrom для свойства hasPart над объектами класса Course, означающее, что каждый экземпляр класса Course может иметь своей частью только экземпляр класса Course, и описываемое тегом:

<owl: Restriction >

<owl: onPropertyrdf: resource = « hasPart » >

<owl: allValesFromrdf: resource = « Course » >

</owl: Restriction>

порождает правило следующего вида:

$allValuesFrom(hasPart, Course, Course) : - property(hasPart),$
 $class(Course), class(Course), instance(a, Course), instance(b, Course),$
 $hasPart(a,b).$

Учебный модуль определяется как совокупность учебного курса, упражнений, тестов и других учебных единиц. Соответствующие теги порождают правило:

$module(M, X,Y, Z) : - collection(X, Y, Z), course(X), quiz(Y), lab(Z).$

Так, описание предметной области преобразуется в Пролог-программу. После этого запросы на получение информации из разных онтологий, связанных некоторыми семантическими связями, будут формулироваться как запросы к Пролог-программе, например, ? – $class(X), subclassof(X,Y)$ (получить полную иерархию классов, описывающих онтологию), ? – $exercise(X), basedOn(X,Y), course(Y)$ (получить список упражнений по всем предметам), ? - $course(X), basedOn(Y,X), basedOn(Z,X), course(Y), course(Z), Y=DataMining, Z=ArtInt$ (получить список курсов, лежащих в основе курсов DataMining и ArtInt).

Применением механизма логического вывода, поддерживаемого Пролог-средой программирования, будет получен результат запроса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1: Reference Description. <http://dublincore.org/documents/dces/>.
2. IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC), Learning Object Metadata (LOM), IEEE P1484.12-2002. <http://www.imsglobal.org/metadata/>
3. SCORM 2004 4th Edition Version 1.1 Overview. <http://www.adlnet.gov/scorm/scorm-2004-4th/>
4. Антонов И.В., Бруттан Ю.В. Онтологический подход к построению систем управления электронными учебными объектами // Вестник Псков ГУ: серия «Экономические и технические науки». Вып. 5, 2014.
5. Michael K. Smith, Chris Welty, and Deborah L. McGuinness OWL Web Ontology Language Guide, W3C Recommendation, 10 February 2004, <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>
6. Эл. источник: <http://www.w3.org/TR/sparql11-federated-query/>

REALIZATION OF REQUESTS TO ONTOLOGIES OF LEARNING RESOURCES

A. Hovakimyan, S. Sargsyan, N. Ispiryan

ABSTRACT

In the paper a technique for creating electronic learning resources databases in the Semantic Web format is proposed and a method for implementing queries to these databases is described. It is supposed to translate descriptions in OWL language into prological notations and to implement requests to ontologies as requests to the Prolog program.

Keywords: ontology, electronic learning resource, Prolog-queries.

ՈՒՍՈՒՄՆԱԿԱՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ՕՆԹՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻՆ ՌԻԴԴԱԾ
ՀԱՐՑՈՒՄՆԵՐԻ ԻՐԱԿԱՆԱՑՈՒՄ

Ա.Ս. Հովակիմյան, Ս.Գ. Սարգսյան, Ն.Հ. Իսպիրյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Հոդվածում նկարագրված է Semantic Web-ի ձևաչափով էլեկտրոնային ուսումնական ռեսուրսների բազաների ստեղծման տեխնիկա և մշակված է այդ բազաներում հարցումների իրականացման մեթոդ: Առաջարկվում է թարգմանել OWL լեզվով արված նկարագրությունները Prolog-կառուցվածքների և օնթոլոգիաներին ուղղված հարցումներն իրականացնել որպես Prolog-ծրագրի հարցումներ:

Հիմնաբառեր՝ օնթոլոգիա, էլեկտրոնային ուսումնական ռեսուրս, Prolog-հարցումներ:

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РЕАЛИЗУЕМОСТИ ИКТ-ПРОЕКТОВ

К.Р. Саркисян¹

¹Центр инновационных решений и технологий

sargsyan.kris.rob@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В работе обоснована необходимость реализации инвестиционных проектов по развитию ИКТ-инфраструктуры организации. Показано, что для анализа перспектив ИКТ-проекта целесообразно использовать методы интеллектуального анализа данных о внутренней и внешней среде. Для реализации представленной цели разработана процедура, основанная на применении нечеткой пирамидальной модели неоднородной сети фреймов для диагностики характеристик проекта и нечетко-логического вывода для их агрегирования.

Ключевые слова: система принятия решений, нечеткая логика, неоднородная сеть фреймов, нечеткие пирамидальные сети, нечеткий вывод.

Введение

Произошедшее уменьшение бюджетов на развитие привело к оптимизации ИКТ-потребностей, ИКТ-инфраструктуры, обеспечивающей автоматизацию и информационную поддержку различных технологических и бизнес-процессов, а также отказу от ИКТ-проектов, непосредственно не влияющих на функционирование предприятия, а также к сокращению

объемов закупок дорогостоящего импортного оборудования и программного обеспечения.

Проведенный анализ особенностей реализации ИКТ-проектов выявил невозможность применения существующих подходов проектного менеджмента ввиду уникальности таких проектов, обусловленной спецификой производственной и управленческой деятельности организаций, а также наличием функционирующего программно-аппаратного комплекса, автоматизирующего различные технологические и бизнес-процессы. Данный факт накладывает существенные ограничения на процессы проектирования, разработки и реализации ИКТ-проектов, а также на выбор применяемых инструментальных средств и организацию эффективной интеграции [1].

В результате возникает острая необходимость в разработке концептуально нового подхода к управлению инвестиционными процессами по модернизации и развитию информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, основанной на внедрении последних научно-технических достижений в области инфокоммуникационной техники, применение которых позволит повысить эффективность деятельности организаций в целом.

Инструменты проведения диагностики ИКТ-проекта

Особое внимание в процессе разработки инвестиционных проектов необходимо уделять анализу внутренних ресурсов организации, непосредственно участвующих в выполнении этапов и работ, а также задействованных в автоматизируемых технологических и бизнес-процессах.

В свою очередь, специфика ИКТ-сферы обуславливает особую значимость человеческих ресурсов, формирующих значительную часть успеха реализуемого ИКТ-проекта [2]. Проведение оценки перспективности ИКТ-проекта сводится к решению задачи классификации, связанной с определением достаточности имеющихся ресурсов и накопленного потенциала предприятия, а также благоприятности условий внешней среды для его эффективной реализации. Очевидно, что уникальный характер инвестиционных ИКТ-проектов ограничивает использование стандартных аналитических процедур ввиду отсутствия достаточного

объема накопленных достоверных и сопоставимых статистических данных [3].

Это обуславливает целесообразность применения интеллектуальных методов, способных в условиях неопределенности формировать обоснованные решения на основе анализа слабоструктурированной информации. В статье [4] показана эффективность решения задач классификации с помощью таких методов интеллектуального анализа данных, как растущие пирамидальные сети, позволяющие превращать естественно-языковые характеристики различных процессов в структурированные причинно-следственные описания – сетевые модели знаний, отличающиеся невысокими требованиями к размерам обучающей выборки.

Концептуально пирамидальная семантическая сеть представляет собой ациклический ориентированный граф, состоящий из рецепторов (входных характеристик составляющей внутренней / внешней среды организации), концепторов (промежуточных вершин – состояний различных элементов составляющей) и исходов (интегрированных оценок состояния составляющей среды) [5].

Предложена модификация алгоритмов растущих пирамидальных сетей, основанная на применении методов нечеткой логики, позволивших в условиях квазистатистики оценивать степень влияния одних факторов на другие (силу связи), и степень их важности в процессе поиска единственного решения (значимость вершины) [6]. Сила связи между вершинами определяется с помощью алгоритма нечетко-логического вывода Larsen, входными данными для которого являются проводимость дуги (частота возбуждения вершины в результате возбуждения нижестоящей) и особенности построенной сети (длина дуг между вершинами, количество исходов в их супермножествах, число альтернативных входящих и исходящих дуг).

Объективно система мониторинга и принятия решения представляет собой четырехуровневую (четырёхэтапную) иерархическую систему знаний. Каждый этап характеризуется секвенциями, формально представимыми в виде логических правил. Множество правил может быть представлено И/ИЛИ графом. Унификация антецедентной части правил некоторыми значениями аргументов может сделать консеквент правила истинным, что будет соответствовать новому состоянию базы знаний и

вызывать активизацию события. Унифицирующие значения соответствуют значениям параметров, выявляемых в процессе мониторинга. Умалчиваемые значения, как правило, являются отрицаниями наличия некоторых патологий. Множества правил в рамках одного этапа (уровня), представляющих ветви И/ИЛИ дерева (графа), образуют кластеры. Переход от одного кластера к другому будет определяться выявляемыми в процессе принятия решения значениями параметров. Состояние базы знаний характеризуется выполнением правила Состояние→Условие→Действие.

Модель знаний в настоящей работе представляется неоднородной сетью фреймов. Две позиции в этом определении требуют уточнения. *Неоднородность* определяется различными типами отношений между объектами сети, а объекты представляют собой *фреймы*, характеризующие классы или совокупность связанных фреймов (кластеров), принадлежащих классу. Выбор фреймового представления неслучаен. С формальной точки зрения парадигма фрейма наиболее близка к объектно-ориентированному представлению. С другой стороны, фрейм – это «активная» структура, включающая не только описание свойств в виде бинарного отношения *имя_объекта–значение*, но и процедуры, активизируемые в зависимости от конкретизированного значения *i*-го свойства фрейма. Эти процедуры могут служить для межфреймового обмена информацией или для передачи управления. Модель фрейма является достаточно универсальной, поскольку позволяет отобразить все многообразие знаний о мире. Многообразие отношений между фреймами и свойствами фреймов определяется такими же фреймовыми структурами. Эти фреймы-отношения могут играть роль ссылок или передачи управления. Фреймовая модель привлекательна тем, что структура фрейма-образца хранится в базе знаний, и также, как и хранимые процедуры в памяти места не занимают. На базе фреймов-образцов создаются фреймы-экземпляры, которые отображают фактические ситуации на основе конкретизации значений.

Неоднородную сеть фреймов представим в виде графа с помеченными вершинами и ребрами (Рис. 1). Каждая вершина представляет собой множество упорядоченных пар, а ребра – различные типы отношений, характеризующие различные свойства и, следовательно, различную процедурную интерпретацию.

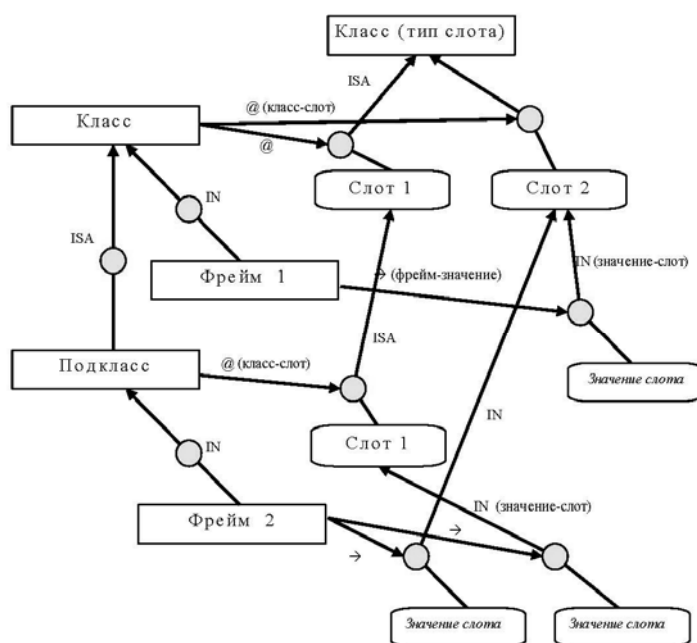


Рис.1. Структура неоднородной сети фреймов.

Множество вершин характеризуются:

- множеством свойств P ;
- множеством признаков Q ;
- множеством Q_m возможных значений m -го признака;
- множеством A всех возможных состояний.

Мониторинг предполагает идентификацию наличия свойств из множества P и формирование множества $A = \bigcup K_j$ такого, что состояние $a \in A$ относится к некоторому классу K_j , если состояние обладает свойством $P_j \in P$. Переход из одного состояния в новое связано с выполнением некоторых условий, и эти условия приводят к актуализации действия, сопровождаемого текстом. Под семантической связью будем понимать коррелятивное или каузальное отношение между объектами (понятиями). Связи обладают свойствами симметричности, рефлексивности, транзитивности, антирефлексивности. Классификация по свойствам приводит к типизации связей.

Обобщенная процедура анализа перспективности инвестиционного ИКТ-проекта, основанная на применении нечетких пирамидальных сетей

для диагностики достаточности внутренних ресурсов организации и благоприятности условий внешней среды и алгоритмов нечетко-логического вывода для формирования комплексной оценки, представлена на Рис. 2.

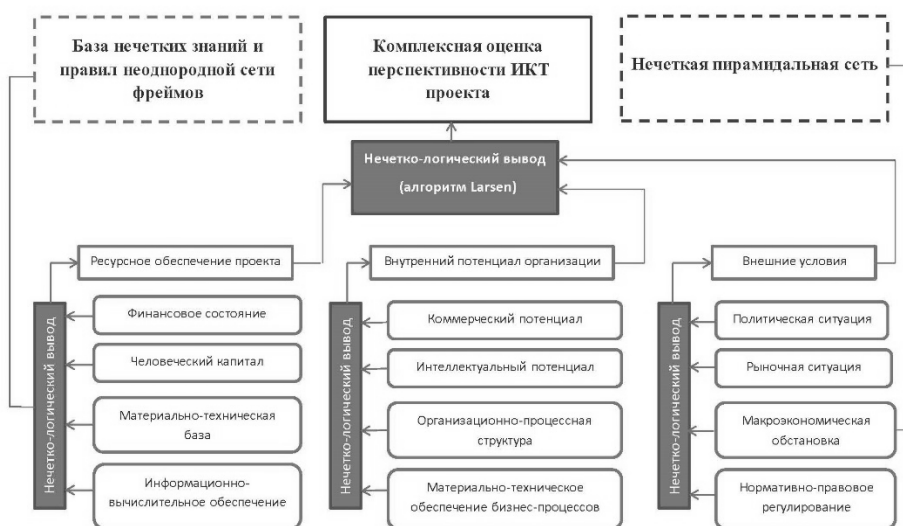


Рис. 2. Процедура комплексной оценки реализации ИКТ-проекта.

Заключение

Предложенный в статье подход к оценке перспективности реализации инвестиционных ИКТ-проектов по развитию ИКТ-инфраструктуры, основанный на применении нечеткой пирамидальной модели неоднородной сети фреймов, формирует основу для построения эффективной организации системы селекции технологически перспективных, экономически эффективных и технически проработанных ИКТ-проектов, нацеленных на инновационное развитие организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дли М.И., Гимаров В.В., Иванова И.В. Построение мультиагентной модели телекоммуникационного рынка // Программные продукты и системы. 2014, № 108.

2. *Гимаров В.В., Дли М.И., Иванова И.В.* Иерархические мультиагентные модели для управления телекоммуникационным предприятием // Журнал правовых и экономических исследований. 2012. № 4.
3. *Мешалкин В.П., Стоянова О.В., Дли М.И.* Управление проектами в сфере нанотехнологий: особенности и возможности их учета // Теоретические основы химической технологии. 2012. Т. 46. № 1.
4. *Багузова (Булыгина) О.В., Головинская М.В., Чичерова Е.Ю.* Анализ особенностей и выбор инструментов диагностики состояния сложных социально-экономических объектов промышленности // Научное обозрение. 2014. № 3.
5. *Gladun V., Vashchenko N.* Analytical processes in pyramidal networks // International journal on information theories & applications. 2000. Vol.7.
6. *Булыгина О.В., Селявский Ю.В., Офицеров А.В.* Процедура оценки перспектив реализации инновационного IT-проекта в условиях неопределенности // Транспортное дело России. 2015, № 2 (117).
7. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. С-Пб., М.: Питер, 2000. 384 с.

DEVELOPMENT OF THE KNOWLEDGE MODEL FOR DECISION-SUPPORT SYSTEM FOR THE DIAGNOSTICS OF THE APPLICABILITY OF ICT PROJECTS

K. Sargsyan

ABSTRACT

The paper substantiates the necessity of the implementation of investment projects on development of the organizations ICT infrastructure. It presents that for the ICT project analysis are advisable to use the methods of intellectual analysis of the internal and external environmental data. As a result, a procedure is developed based on the use of fuzzy pyramidal model of heterogeneous frames network for diagnostic characteristics of the project and fuzzy reasoning to aggregate them.

Keywords: decision support system, fuzzy logic, heterogeneous frames network, fuzzy pyramidal networks, fuzzy inference.

**ՏՀՏ ՆԱԽԱԳԾԵՐԻ ԻՐԱԿԱՆԱՆԱԼԻՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱԽՏՈՐՈՇՈՂ
ՈՐՈՇՈՒՄՆԵՐԻ ԿԱՅԱՑՄԱՆ ԱԶԱԿՑՈՂ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ
ԳԻՏԵԼԻՔԱԶԵՆՔ ՄՈՂԵԼԻ ԿԱՌՈՒՑՈՒՄ**

Ք.Ռ. Մարգարյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքում հիմնավորված է կազմակերպությունների ՏՀՏ ենթակառուցվածքի զարգացման համար ներդրումային նախագծերի իրականացման անհրաժեշտությունը: Ներկայացված է, որ ՏՀՏ նախագծի հեռանկարների վերլուծության համար նպատակահարմար է օգտագործել ներքին ու արտաքին միջավայրի տվյալների իմացական վերլուծության մեթոդները: Արդյունքում, մշակվել է գործընթացի ընթացակարգ, հիմք ընդունելով նախագծի բնութագրերը ախտորոշելու և դրանց միաձուլման համար անճանաչելի տրամաբանական պատճառաբանություններ ստանալու համար տարասեռ ֆրեյմների հենքով անորոշ տրամաբանական վերլուծությունների բուրգաձև ցանցային մոդելի օգտագործումը:

Հիմնաբառեր՝ որոշումների աջակցման համակարգ, անորոշ տրամաբանություն, տարասեռ ֆրեյմների ցանց, անորոշ բուրգաձև ցանցեր, անորոշ տրամաբանական հենքով պատճառաբանություններ:

ФИЗИКА

СКАНЕР АВТОМАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ИХ БЛИЖНЕГО ПОЛЯ

В.Г. Аветисян^{1,2}, А.А. Багдасарян¹, Р.А. Давтян²

¹Российско-Армянский университет

²Ереванский научно-исследовательский институт средств связи

avahan@mail.ru, hakob93baghdasaryan@gmail.com, robdav@bk.ru

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена проектированию сканера, скомбинированного с подвижной линией передачи сигнала диапазона миллиметровых волн (ММВ). Сканер предназначен для работы в составе автоматического измерительного комплекса (АИК), определяющего характеристики антенн ММВ по измерениям амплитудно-фазового распределения (АФР) их ближнего поля на плоскости. Проектирование такого комбинированного сканера сочеталось с размещением на нем подвижной квазиоптической линии, передающей сигнала ММВ от пробного движущегося зонда АИК к его стационарной радиоизмерительной аппаратуре и, наоборот, в зависимости от режима работы испытываемой антенны (ИА).

Ключевые слова: миллиметровые волны, сверхразмерный волновод, линия передачи, измерительный комплекс ближнего поля, сканер.

Развитие систем связи, радиолокации, радионавигации, зондирования и пассивного радиовидения в последние годы обусловило бурное освоение диапазона ММВ. Перечисленные системы содержат антенны, знание и определение характеристик которых весьма важно для оценки эффективности работы конкретной системы. Одним из методов определения характеристик антенн является прогрессирующий метод антенных измерений по ближнему полю [1–4] посредством автоматических АИК. Однако реализация АИК диапазона ММВ из-за укорочения рабочей длины волны ИА приблизительно на порядок, по сравнению с диапазоном СВЧ, сталкивается с задачами обеспечения необходимых точностей позиционирования сканируемого измерительного зонда и измерения АФР ближнего поля ИА. В [4–10] предложены различные решения этих задач. В реализованном в [4] АИК диапазона ММВ с целью обеспечения достаточной точности измерения АФР ближнего поля антенны ММВ для передачи сигнала от стационарной аппаратуры к облучающему пробному зонду используется сигнал СВЧ частоты около 5 ГГц. Он передается с помощью высокостабильной подвижной линии передачи, построенной на вращающихся соединениях отрезков коаксиальных кабелей специальной конструкции. Этот СВЧ сигнал затем умножается по частоте в 100 раз установленным на каретке зонда умножителем и излучается зондом на антенну ММВ. Неудобства такого построения АИК отмечены в [5], а в [6], в качестве подвижной линии передачи, предлагается построение линии передачи непосредственно диапазона ММВ и на сверхразмерных волноводах с их подвижными сочленениями. В [7–9] предложено построение радиосистемы и системы автоматического управления АИК, а в [10] спроектирована предлагаемая подвижная линия передачи.

Цель работы – проектирование механического сканера совместно с действующей с ним синхронно подвижной волноводной линией передачи сигнала диапазона ММВ для работы в составе АИК, определяющего характеристики антенн ММВ по измерениям АФР их ближнего поля на плоскости при площади $L^2 = 1\text{ м} \times 1\text{ м}$ сканирования пробного зонда, достаточной при определении характеристик остронаправленных антенн (ширина главного лепестка ДН в пределах $0.1^0 \dots 1^0$) систем связи, радиолокации, радионавигации, зондирования и т.д. диапазона ММВ.

Проектирование механического сканера с подвижной линией передачи сигнала диапазона ММВ. Сканер такого типа проектируется для его изготовления и проведения исследований точности механической компенсации в изменениях геометрической длины подвижной линии передачи с целью сохранения неизменности ее длины. Вместе с этим, намечается также исследование стабильности передаточных характеристик линии передачи по амплитуде и фазе в процессе сканирования зонда в пределах проектируемой площади.

Для реализации низких потерь сигнала ММВ и его стабильной передачи по амплитуде и по фазе в основе проектирования такого комбинированного сканера лежат четыре основных следующих метода [6]:

- передача сигнала диапазона ММВ через участок «движущийся пробный зонд – стационарная радиоизмерительная аппаратура» сканера АИК посредством волноводной линии передачи на сверхразмерных полых металлических или метало-диэлектрических волноводах с их подвижными сочленениями;
- сохранение постоянства геометрической длины такой передающей линии в процессе измерения АФР ближнего поля ИА;
- одновременная, с помощью пантографа, тромбонная компенсация изменения геометрической длины линии передачи в процессе измерений для обеспечения постоянства ее длины;
- фильтрация паразитных мод, возникающих в проектированной линии передачи сигнала.

Первый метод применен для обеспечения низкого ослабления передаваемого сигнала и значительной развязки между ним и окружающим линию полем. Отметим, что при применении металлодиэлектрических волноводов решается и задача фильтрации паразитных мод [11]. Последующие методы применены для стабилизации передачи сигнала по амплитуде и фазе и достаточно точного дальнейшего восстановления дальнего поля ИА из измерений АФР ее ближнего поля. Сама же линия передачи, без перехода от нее к одномодовому прямоугольному волноводу пробного зонда, из-за своих квазиоптических свойств является универсальной с точки зрения ее применения при измерениях АФР ближних полей ИА, работающих в различных спектральных участках диапазона ММВ.

Идея построения сканера заключена в следующем (Рис. 1).

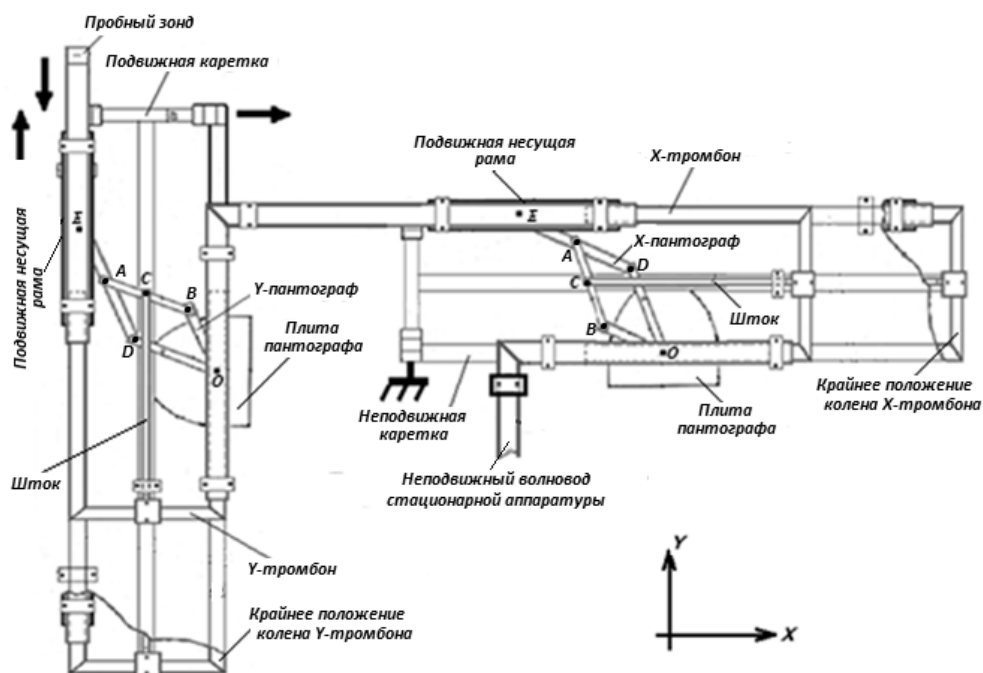


Рис. 1. Эскиз сканера.

Движущийся пробный зонд в процессе измерения АФР на плоскости в ближнем поле ИА совершает движение по траектории «меандр». При поочередных перемещениях пробного зонда вдоль осей Y и X , осуществляемыми соответственными шарико-винтовыми приводами (ШВП) приводятся в работу, соответственно, Y -пантограф и X -пантограф. O -шарниры пантографов закреплены на их плитах, установленных на соответствующих каретках. C -шарниры пантографов соединены с штоками колен тромбонов. E -шарниры пантографов соединены с подвижными несущими рамами кареток. При непрерывном движении зонда вместе с закрепленным с ним волноводом вдоль оси Y в пределах заданной протяженности L зоны сканирования зонда, Y -пантограф преобразует поступательное перемещение его E -шарнира (закрепленного к несущей волновод подвижной раме) на расстояние l в поступательное одновременное перемещение его же C -шарнира в соотношении 2:1. При этом шток вместе с коленом Y -тромбона перемещается на расстояние $l/2$, чем и достигается постоянство

геометрической длины линии передачи. Затем пробный зонд останавливается и происходит шаговое перемещение подвижной каретки, а значит и зонда, по оси X и то же самое выполняет X -пантограф и X -тромбон. По окончании этого шагового перемещения зонд выполняет реверсированное перемещение на длину L по оси Y , затем останавливается и после его останова подвижная каретка опять совершает шаговое перемещение по оси X . Весь описанный выше цикл перемещений повторяется до тех пор, пока суммарное перемещение пробного зонда вдоль оси X станет равным L .

На Рис. 2 представлен вид спереди подвижной каретки сканера с Y -тромбоном, где изображены узлы ШВП Y -перемещения пробного зонда, узлы подвижной рамы, несущей соединенный с зондом волновод, и закрепленный на раме E - шарнир Y -пантографа.

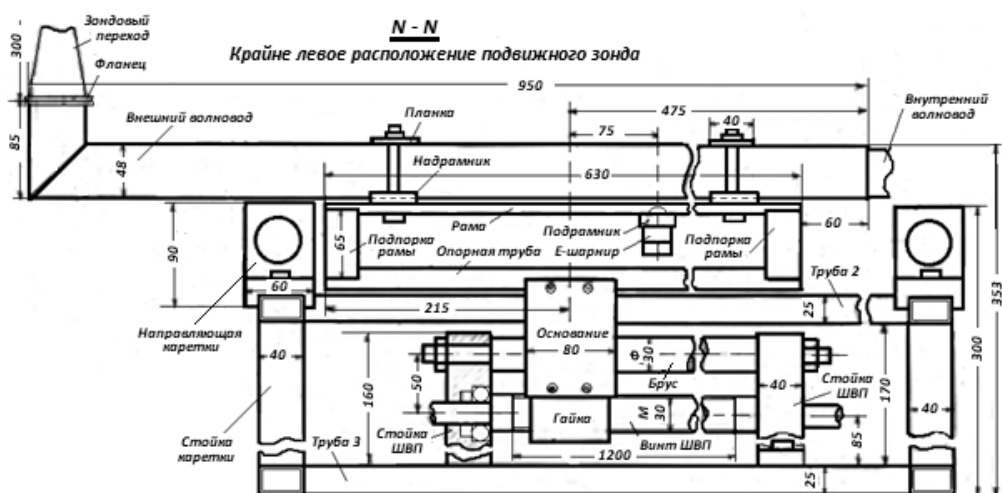


Рис. 2. Вид спереди подвижной каретки сканера с Y -тромбоном.

При запуске двигателя ШВП, его гайка (Рис. 2) приводит в поступательное движение основание, скользящее по направляющему брусу. Основание, скрепленное с опорной трубой подвижной рамы, перемещает ее и закрепленный на раме внешний волновод вместе с пробным зондом, соединенным переходом к волноводу. Перемещение рамы, посредством

закрепленного на ее нижней стороне *Е*-шарнира *У*-пантографа, вызывает перемещение его *С*-шарнира, штока и колена *У*-тромбона для сохранения постоянства геометрической длины линии передачи. При этом подшипники упоров плеч *OD* и *OB* пантографа катятся по плите пантографа, а подшипник упора колена *У*-тромбона катится по трубе 2 подвижной каретки.

Исходя из максимальной протяженности перемещения зонда в 1000 мм и минимального острого угла параллелограмма пантографа в 40° при таком ходе зонда, рассчитанные, согласно [5], плечи пантографа равны: $OB=AD=EA=210$ мм, $OD=AB=230$ мм, $BC=AC=115$ мм. Для пренебрежения деформациями сжатия, растяжения и изгиба для плеч пантографа выбраны стальные прямоугольные трубы с внешним сечением 25 мм х 10 мм и толщиной стенок 2,0 мм, а диаметр стального штока равен 18 мм.

После сканирования пробного зонда вдоль оси *Y* и каждого последующего его останова подвижная каретка перемещается пошагово по оси *X*. Это перемещение осуществляет установленный на неподвижной каретке его ШВП, гайка которого скреплена с подвижной кареткой. При этом подвижная каретка скользит своими направляющими по отшлифованным трубам неподвижной каретки. Габариты сканера: по оси *Y* – 2050 мм, по оси *X* – 3100 мм.

Выполненное проектирование является очередным шагом для изготовления и исследования такого комбинированного сканера с целью его применения в отмеченных АИК диапазона ММВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геруни П.М. Автоматические измерения характеристик антенн в зоне раскрыва // Труды ВНИИРИ. Ер., 1983.
2. Методы измерений параметров излучающих систем в ближней зоне / Под ред. Л.Д. Бахраха. Л., Наука, 1985.
3. Yaghjian A. An overview of near-field antenna measurements // IEEE Trans. Antennas Propagat. vol. 34. PP. 30–45, January 1986.
4. Slater D. A 550 GHz near-field antenna measurement system for the NASA submillimeter wave astronomy satellite // Antenna Measurement Techniques Association Conf. PP. 267–272, October 1994.

5. *Avetisyan V.* Near-field testing system for antennas operating in short millimeter waveband // IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. 58, № 6, June 2010. PP. 2149–2153.
6. *Avetisyan V.* Scanner with transmission line for conventional planar antenna near-field measurements in the short millimeter waveband // IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol. 52. PP. 2500–2503, September 2004.
7. *Маркосян М.В., Аветисян В.Г.* Радиоизмерения ближнего комплексного поля антенн диапазона коротких миллиметровых волн. Построение радиосистем // Международный научно-технический журнал «Радиотехника», РФ. 2006. № 12. СС. 59–64.
8. *Аветисян В.Г.* Автоматические планарные измерения ближних полей антенн в диапазоне коротких миллиметровых волн // Международный научно-технический журнал «Радиотехника», РФ. 2007. № 2. СС. 20–26.
9. *Маркосян М.В., Аветисян В.Г.* Радиоизмерения ближнего комплексного поля антенн диапазона коротких миллиметровых волн. Расчет радиосистем // Международный научно-технический журнал «Радиотехника», РФ. 2007. № 5. СС. 9–13.
10. *Казанцев Ю.В., Харлашкин О.Н.* «Прямоугольные волноводы класса «полый диэлектрический канал»» // Радиотехника и электроника. 1978. № 10. СС. 2060–2068.

**SCANNER OF THE AUTOMATIC COMPLEX FOR DETERMINING
PARAMETERS OF THE MILLIMETER RANGE ANTENNAS
BY NEAR-FIELD MEASUREMENTS.**

V. Avetisyan, H. Baghdasaryan, R. Davtyan

ABSTRACT

The paper is devoted to design of millimeter wave transmission line with mobile joints of superdimensional hollow metal square waveguides are represented. The line is intended for automatic complexes for antenna near-field measurements. The

movable transmission line serves for the millimeter wave transmission from the automatic complexes' probe to its stationary radio measuring device and vice versa, depending on the probationer antenna's working mode.

Keywords: millimeter waves, superdimensional waveguide, transmission line, near-field measurements complex, scanner.

ԱՎՏՈՄԱՏ ՀԱՄԱԼԻՐՆԵՐԻ ՄԿԱՆԵՐՆԵՐ ՄԻԼԻՄԵՏՐԱՅԻՆ ԴԻԱԴԱԶՈՆԻ ԱԼԵՀԱՎԱՔՆԵՐԻ ՄՈՏԱԿԱ ԴԱՇՏԻ ՉԱՓՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Վ.Հ. Ավետիսյան, Հ.Ա. Բաղդասարյան, Ռ.Ա. Դավթյան

ԱՍՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքը նվիրված է գերչափսնամեջ մետաղական քառակուսի ալիքատարների շարժական միակցումներով միլիմետրային ալիքների հաղորդագծի նախագծման արդյունքներին: Հաղորդագիծը նախատեսված է ալեհավաքների մոտակա դաշտի չափման ավտոմատ համալիրների սկաներների համար: Շարժական հաղորդագիծը ծառայում է միլիմետրային ալիքների ազդանշանը փորձնական շարժական զոնդից դեպի իր ստացիոնար ռադիոմետրիկ սարքավորումը փոխանցելու համար և հակառակ, կախված փորձնական ալեհավաքի աշխատանքի ռեժիմից:

Հիմնաբառեր՝ միլիմետրային ալիքներ, գերչափ ալիքատար, հաղորդագիծ, մոտակա դաշտի չափման համալիր, սկաներ:

ОЦЕНКА СПЕКТРАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРТОГОНАЛЬНОЙ МНОГОЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

А.В. Дарьян¹, С.Р. Тадевосян¹

¹Российско-Армянский университет

daryan.ara@gmail.com, tad.sus.94@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье приведен расчет спектров сигналов прямой двоичной модуляции и многочастотной ортогональной модуляции. Проведено сравнение этих спектров. Показано, что передача двоичной последовательности методом многочастотной модуляции приводит к уменьшению уровня внеполосного излучения. Таким образом, удастся уменьшить межсимвольную интерференцию, а также переходные помехи в многоканальных системах.

Ключевые слова: ортогональные сигналы, спектральная эффективность, OFDM, SEFDM.

1. Введение

Метод параллельной многочастотной передачи данных с частотным разделением был предложен еще в 60-х годах прошлого века и использовался сначала только в специальных системах [1]. В 1980-х гг. OFDM модуляция с успехом была применена в коммерческих системах магистральной связи и некоторых мобильных цифровых сетях. В 1990-х гг. началось внедрение OFDM в цифровое радио- и телевидение (DAB) и при передаче видеосигнала высокой четкости HDTV [2].

Медленное внедрение OFDM в различные системы связи объясняется сложностью технической реализации. Традиционный аналоговый метод реализации путем использования отдельных модуляторов сильно усложнял аппаратуру и ограничивал число частотных подканалов [3]. Развитие вычислительных систем и методов цифровой обработки сигналов дало возможность использовать метод формирования OFDM сигнала путем цифрового обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) [2]. Тем самым, формирование группового сигнала на передающем конце и его разбиение на отдельные сигналы производится цифровым образом. При таком подходе сложность и стоимость процедуры кодирования-декодирования слабо зависит от числа частотных подканалов.

Сегодня OFDM модуляцию применяют в самых различных системах – от радио до проводных линий и даже волоконно-оптических [3]. Модуляция OFDM используется в системах цифрового телевидения, системах сотовой связи WiMAX, MobileWiMAX, MBWA, автоматизированных системах контроля и учета электроэнергии, системах типа «интеллектуальный дом» [4] и др.

2. Особенности радиоканалов

Метод OFDM был разработан для решения проблем, возникающих в радиоканалах при высоких скоростях передачи, свойственных современным системам цифровой передачи.

Проблемы возникают из-за отражений радиосигнала от различных объектов и, как следствие, многолучевого приема [5]. При многолучевом приеме сигнал, падающий на антенну приемника, представляет собой сумму прямого и всех отраженных лучей, то есть происходит интерференция радиосигналов. Мощность суммарного луча может быть как больше, так и меньше мощности слагаемых, в зависимости от соотношения их фаз и поляризаций. Возможны ситуации, когда мощность суммарного луча настолько мала, что связь прерывается. Это явление называется замиранием в радиоканале [5]. Эти замирания селективные, то есть для разных частот проявляются по-разному. В случае высокоскоростного цифрового канала ширина спектра которого велика, селективные замирания приводят к искажению спектра сигнала, то есть к ухудшению его восстановления на приемном конце.

Однако в цифровом канале проблемы этим не ограничиваются. В случае многолучевого распространения отраженные лучи приходят с временным запаздыванием, величина которого сравнима или даже много больше длительности символа (Рис.1).

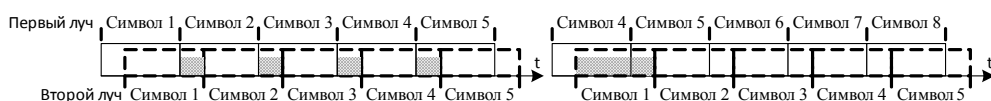


Рис. 1. МСИ малая и большая. Область наложения выделена.

Мощности лучей могут быть сравнимы, так что в приемнике складываются информационные последовательности с различными временными сдвигами, то есть происходит межсимвольная интерференция (МСИ).

3. Принцип OFDM

OFDM представляет собой метод модуляции цифрового потока путем разбиения его на N параллельных потоков и модуляции их на взаимно ортогональных несущих [6]. Как видно из Рис.2, при разбиении исходного потока скорость передачи информации в каждом канале уменьшается в N раз, и, соответственно, в N раз увеличивается длительность сигналов в подканалах. Число N можно выбрать так, чтобы длительность сигналов оказалась много больше задержек, что существенно уменьшает МСИ.

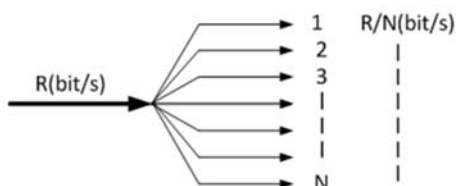


Рис. 2. Принцип разбиения цифрового потока.

Для эффективного использования полосы частот канала, распределенного на подканалы, нужно, насколько можно, плотнее расположить их

друг к другу. А для достижения полной независимости несущих друг от друга несущие сигналы должны быть ортогональными. Минимальная разность частот между несущими, при которой сигналы ортогональны, достигается при $\Delta f = 1/T$, где T – длительность рабочего интервала информационного символа. При этом, ширина спектра OFDM сигнала получается приблизительно равной ширине спектра сигнала прямой модуляции. В результате спектр сигнала OFDM принимает вид, показанный на Рис. 3. Несмотря на частичное перекрытие частотных подканалов, ортогональность несущих сигналов обеспечивает независимость каналов друг от друга и, следовательно, отсутствие межканальной интерференции. В данном случае нарушение приема из-за селективных замираний происходит одновременно лишь в некоторых каналах, что в меньшей степени влияет на качество приема, чем искажение спектра в случае модуляции с одной несущей.

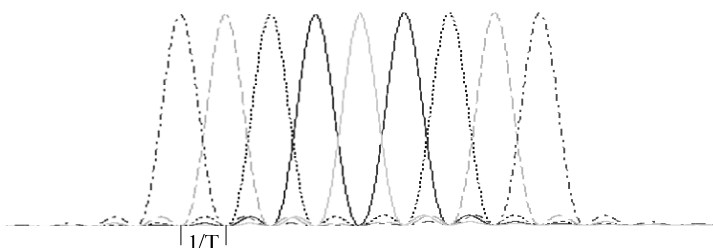


Рис. 3. Структура энергетического спектра сигнала OFDM.

Таким образом, применение OFDM помогает в борьбе с двумя основными трудностями, возникающими при передаче высокоскоростного цифрового сигнала по радиоканалу.

Формирование сигнала OFDM можно провести двумя способами. Если число используемых несущих мало, то применяется метод с использованием N -модуляторов. Этот метод применим при небольшом числе поднесущих. В большинстве современных системах с OFDM число поднесущих велико. Так, например, в цифровом TV сигнале их число доходит до нескольких тысяч [2]. При таком большом числе каналов невозможно реализовать OFDM путем построения модуляторов для каждой частоты,

т.к. система становится очень громоздкой и дорогой. В современных системах применяется способ реализации такой системы путем цифрового обратного преобразования Фурье (ОБПФ) [6].

4. Расчет внеполосного излучения сигнала OFDM

Спектральная плотность мощности двоичного сигнала с одной несущей определяется следующей формулой:

$$S(f) = T \left[\frac{\sin(\pi f T)}{(\pi f T)} \right]^2,$$

где T – период передаваемой последовательности.

При формировании OFDM сигнала первичный сигнал разбивается на N параллельных потоков и период каждого из этих потоков в N раз больше, чем в исходном. Следовательно, спектральная плотность мощности сигнала каждого подканала выражается ниже приведенной формулой:

$$S_N(f) = NT \left[\frac{\sin(\pi f NT)}{\pi f NT} \right]^2.$$

На Рис. 4 представлены графики спектральной плотности мощности сигнала $S(f)$ (красный) и OFDM сигнала (синий), то есть суммы $S_N(f)$ сигналов подканалов, несущие частоты которых смещены на величину $\Delta f = 1/NT$. Из графика видно, что оба спектра занимают приблизительно одинаковые частотные полосы, однако спектр сигнала OFDM имеет более крутые спады. На Рис. 4 отмечены частоты F_H и F_B , которые можно считать верхней нижней границами частотной полосы занимаемой сигналом OFDM. Вместе с тем видно, что такая полоса недостаточна для передачи сигнала с одной несущей.

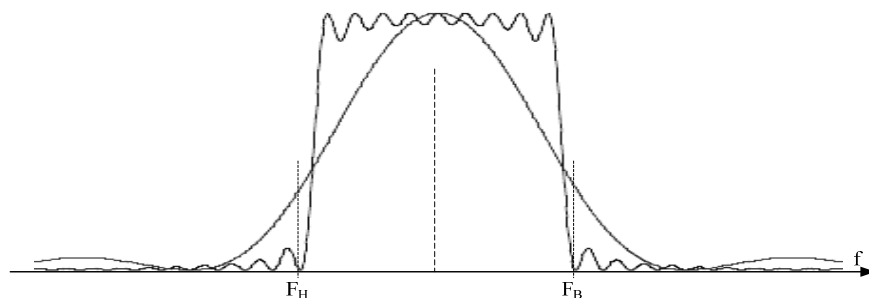


Рис. 4. Графики спектральных плотностей мощности сигналов OFDM и с одной несущей.

Для подтверждения данного вывода в Mathcad-е были проведены расчеты внеполосной и внутриполосной мощности излучения обоих сигналов.

Внутриполосная мощность излучения OFDM сигнала и сигнала при использовании одной несущей соответственно равны

$$E_{in} = \int_{F_H}^{F_B} S(f) df, E_{Nin} = \int_{F_H}^{F_B} S_{OFDM}(f) df.$$

Для расчета внеполосной мощности излучения имеем, соответственно, выражения:

$$E_{Nout} = 2 \int_{F_B}^{\infty} S_{OFDM}(f) df, E_{out} = 2 \int_{F_B}^{\infty} S(f) df.$$

Относительная мощность внеполосного и внутриполосного излучений для сигналов с одной несущей и N несущими определяется, соответственно:

$$E_{OT} = \frac{E_{out}}{E_{in}}, E_{NOT} = \frac{E_{Nout}}{E_{Nin}}.$$

Для сравнения методов модуляции OFDM и с одной несущей были проведены вычисления и построен график (Рис. 5) зависимости отношения относительных мощностей внеполосного и внутриполосного излучения этих сигналов E_0/E_{N0} от числа каналов N.

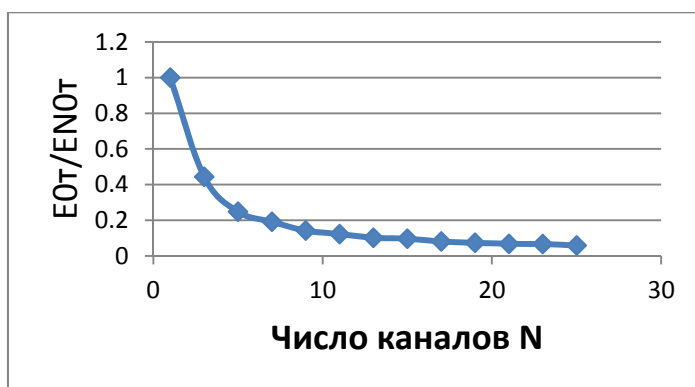


Рис. 5. График зависимости E_0/E_{N0} от числа каналов N.

При увеличении числа подканалов в OFDM мощность внеполосного излучения резко уменьшается по отношению к мощности внеполосного излучения модуляции с одной несущей.

Заключение

Анализ спектров сигналов OFDM и модуляции с одной несущей показал, что спектр сигнала OFDM уже. Расчет показал также, что переход от модуляции с одной несущей к OFDM снижает уровень внеполосного излучения. Получена убывающая зависимость относительной мощности внеполосного излучения по отношению к модуляции с одной несущей от числа подканалов OFDM. Уже при числе подканалов порядка 25 получаем уменьшение внеполосного излучения в 20 раз.

По приведенным расчетам можно сделать вывод, что переход к OFDM позволяет не только эффективно бороться с замираниями и многолучевым приемом, но и уменьшить межсимвольную интерференцию, а также переходные помехи в многоканальных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Прокис Дж.* Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. М.: Радио и связь, 2000. 800 с.
2. *Папян С.Р.* Основы ТВ и радио: Курс лекций. Ер., РАУ, 2016. 205 с.
3. *Zhao J.* DFT-based offset-QAM OFDM for optical communications, Opt. Exp. 22 (2014). PP. 1114–1126.
4. Эл. источник:
<http://www.its.kpi.ua/subjects/22/Documents/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%2015.pdf>
5. Эл. источник: <http://celnet.ru/probrad.php>
6. Эл. источник: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OFDM>

SPECTRUM EFFICIENCY ESTIMATION OF THE ORTHOGONAL MULTI-FREQUENCY MODULATION

A. Daryan, S. Tadevosyan

ABSTRACT

In this work, the spectra of the direct binary modulation and the orthogonal multi-frequency modulation are calculated. It is shown that binary sequence transmission by the method of multi-frequency modulation reduces the out-of-band radiation. Thus, decreases the inter-symbol interference as well as the transition noise in multi-channel systems.

Keywords: orthogonal signals, spectrum efficiency, OFDM, SEFDM.

ՕՐԹՈԳՈՆԱԼ ԲԱԶՄԱՀԱՃԱԽԱՅԻՆ ՄՈԴՈՒԼՄԱՆ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄ

Ա.Վ. Դարյան, Ս.Ռ. Թադևոսյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքում բերված է ուղիղ երկուական մոդուլման և օրթոգոնալ բազմահաձախային մոդուլման սպեկտրերի հաշվարկ: Կատարված է այդ սպեկտրերի համեմատում: Ցույց է տրված, որ երկուական հաջորդականության հաղորդումը բազմահաձախային մոդուլման եղանակով բերում է արտաշերտ ճառագայթման նվազեցման: Այսպիսով հաճողվում է նվազեցնել միջսիմվոլային ինտերֆերենցն, ինչպես նաև անցումային խանգառումները բազմուղի համակարգերում:

Հիմնաբառեր՝ Օրթոգոնալ ազդանշաններ, սպեկտրալ արդյունավետություն, OFDM, SEFDM:

ԽՈՂՈՎԱԿՈՎ՝ ՄԱԾՈՒՑԻԿ ՀԵՂՈՒԿԻ ՇԱՐԺՄԱՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱՅԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ

Ս.Ս. Մայիլյան¹, Գ. Ս. Ավետյան²

¹Հայ-Ռուսական համալսարան

²Հայաստանի Ազգային Ազրարային Համալսարան

sos.mailyan@mail.ru, agohar73@mail.ru

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Հոդվածում դիտարկված են խողովակներով մածուցիկ հեղուկի շարժման հիմնական խնդիրները, որոնք Պուազեյլի հավասարման մասնավոր հետևանքներն են: Մասնավորապես, հանգամանորեն քննարկված է արյունատար անոթներով արյան հոսքին վերաբերող մի շարք հարցեր, որոնց մասին պարտավոր է իմանա յուրաքանչյուր սովորող՝ դպրոցական, թե ուսանող:

Հիմնաբառեր՝ մածուցիկություն, հեղուկի ծախս, Պիտոյի խողովակ, արյան ճնշում, հիդրավլիկ դիմադրություն:

1. Ներածություն

Միջառարկայական կապերը, մանավանդ ավագ դպրոցում, նպաստում են, որ տրամաբանական կուռ միասնության մեջ ուսումնասիրվեն դպրոցական բնագիտական առարկաները, ի հետևանս որի էլ աշակերտներն առավել խորությամբ կյուրացնեն դպրոցում իրենց մատուցված գիտելիքները: Ներկայացվող հոդվածում շեշտադրված են ֆիզիկայի և կենսաբանության միջև առկա կապերը. չեմ սխալվի, եթե պնդեմ, որ գրեթե ամբողջ ֆիզիկական սերտորեն կապված է կենսաբանության դասընթացի

հետ: Ուստի, հողվածը շատ ծավալուն չդարձնելու նպատակով, առանձնացված է ֆիզիկայի՝ դպրոցում ուսումնասիրվող բաժիններից մեկը, որը վերաբերում է շարժվող հեղուկների և գազերի մեխանիկային: Հողվածում դիտարկվող նյութի ընտրությունը չի կարելի համարել պատահական: Նյութը համարել ենք կարևոր և դպրոցականների համար օգտակար, քանի որ հեղուկի և գազի շարժման դադարը հավասարագոր է Երկրի վրա կյանքի դադարին: Չմոռանանք նաև, որ շատ կենդանի օրգանիզմներ՝ թռչուններ, ձկներ և այլն, ապրում են՝ շարժվելով հենց այդպիսի միջավայրում: Մասնավորապես, անհնար է պատկերացնել կյանքը՝ առանց արյան շրջանառության. մեր օրգանիզմի ներքին միջավայրը հիմնականում կազմված է մածուցիկ հեղուկից (արյունից և ավիշից), որը շարժվում է արյունատար համակարգով: (Արյունատար համակարգը տարբեր լայնական հատույթով գլանաձև անոթների համակարգ է, որի միջոցով օրգանիզմի բջիջները ստանում են սննդանյութեր ու թթվածին և ազատվում են նյութափոխանականության արգասիքներից):

Հաշվի առնելով, որ վերոնշյալ բաժինը նույնպես շատ ծավալուն է, անդրադարձել ենք միայն խողովակներով իրական (մածուցիկ) հեղուկների շարժման երևույթներին՝ քննարկելով, մասնավորապես, արյունատար անոթներով արյան շրջանառությանը վերաբերող մի շարք հարցեր, որոնք, կարծում եմ, կնպաստեն նաև ֆիզիկայի և կենսաբանության միջառարկայական կապերի ամրապնդմանը:

2. Հարցեր, որոնց պատասխանները կարող է տալ միայն ֆիզիկոսը

Կենսաբանությամբ հետաքրքրվող աշակերտի՝ ստորև ներկայացված հարցերին, որոնք ունեն ֆիզիկական բովանդակություն, պատասխանում է ֆիզիկայի ուսուցիչը:

Հարց: Ես գիտեմ, որ իդեալական հեղուկի շարժումը խողովակներով նկարագրվում է Բեռնուլիի հավասարմամբ: Բայց արյունն իդեալական հեղուկ անվանել չի կարելի: Իսկ հաճախ հիվանդ օրգանի վիճակը պայմանավորված է այդ օրգանը սնուցող զարկերակով արյան հոսքի նվազմամբ: Այդ դեպքում ճիշտ ախտորոշման համար անհրաժեշտ է չա-

փել այդ զարկերակով շարժվող **արյան** Q_v **ծախսը** (այսինքն՝ միավոր ժամանակում զարկերակի լայնական հատույթով անցնող արյան ծավալը. անվանում են նաև **հեղուկի հոսքի ծավալային արագություն**): Ինձ հետաքրքրում է, թե ի՞նչ բանաձևով է արտահայտվում շարժվող իրական (մածուցիկ) հեղուկի ծախսը:

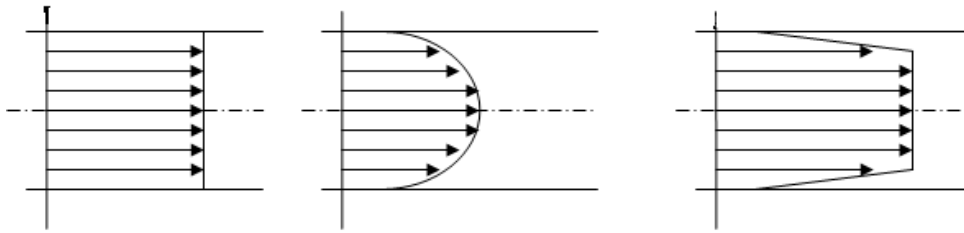
Պատասխան: Այդ հարցը հետաքրքրել է նաև միջնադարյան բժիշկներին: Հարցի պատասխանը տվել է ֆրանսիացի բժիշկ և ֆիզիկոս Ժան-Լուի Պուազեյլը (1799–1869), ով 1840թ. փորձնականորեն ստացել է բարակ գլանաձև խողովակով հեղուկի լամինար հոսքի ծավալային արագության բանաձևը (այսպես կոչված՝ Պուազեյլի բանաձևը)՝

$$Q_v = \frac{\pi R^4}{8\eta l} \Delta p : \quad (1)$$

Այս բանաձևում R -ը խողովակի լայնական հատույթի շառավիղն է (մ), l -ը՝ խողովակի դիտարկվող տեղամասի երկարությունը (մ), Δp -ն՝ այդ տեղամասի սկզբնական և վերջնական հատույթներում p_1 և p_2 միջին ճնշումների տարբերությունն է (Պա), որն անվանում են **ճնշման անկում**՝ $\Delta p = p_1 - p_2$, իսկ η -ն՝ հեղուկի մածուցիկությունը (Պա·վ):

Պուազեյլի (1) բանաձևի տեսական արտածումը կարելի է գտնել լիցեյների (քոլեջների) համար նախատեսված ուսումնական ձեռնարկներում (տե՛ս, օրինակ՝ [1], [2]):

Հարց: Երբ խողովակով հոսող հեղուկն իդեալական է, ապա տրված հատույթի բոլոր կետերում մասնիկներն ունեն միևնույն արագությունը (նկ. 1,ա), որն էլ անվանում են այդ հատույթում հեղուկի հոսքի v արագություն: Չափելով հեղուկի Q_v ծախսը՝ $Q_v = Sv$ բանաձևից կարող ենք որոշել v -ն՝ $v = \frac{Q_v}{S}$: Բայց երբ հեղուկը մածուցիկ է, ապա հեղուկի հոսքի արագությունները հատույթի տարբեր կետերում, բնականաբար, տարբեր են (նկ. 1,բ,գ): Այդ դեպքում ի՞նչ է ցույց տալիս $\frac{Q_v}{S}$ հարաբերությունը:



ա. Արագությունների
բաշխումը, երբ հոսող
հեղուկն իդեալական է:
Պրոֆիլը հարթ է:

բ. Իրական (մածուցիկ)
հեղուկի լամինար հոսքի
դեպքում արագությունների
բաշխումը: Պրոֆիլը
պարաբոլական է:

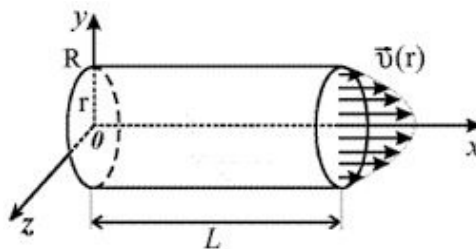
գ. Իրական (մածուցիկ)
հեղուկի մրրկային
(տուրբուլենտ) հոսքի
դեպքում արագությունների
բաշխումը: Պրոֆիլն ունի
հատած կոնի տեսք:

**Նկ. 1. Տրված հատույթի բոլոր կետերում հեղուկի հոսքի
արագությունների պրոֆիլը:**

Պատասխան: $\frac{Q_v}{S}$ հարաբերությունն անվանում են տրված հատույ-
թում հեղուկի հոսքի միջին արագություն՝ $\bar{v} = \frac{Q_v}{S}$:

Վերոնշյալ ձեռնարկներում ստացված է նաև մածուցիկ հեղուկի
շերտերի $v(r)$ արագության կախումը r -ից արտահայտող բանաձևը (r -ը
շերտի հեռավորությունն է խողովակի առանցքից. տե՛ս նկ. 2)

$$v(r) = \frac{\Delta p}{4\eta l} (R^2 - r^2): \quad (2)$$



**Նկ. 2. Գլանաձև խողովակով հեղուկի ծավալային
ծախսը լուսաբանող գծագիր:**

(2) Բանաձևից երևում է, որ արագության փոփոխությունը խողովակի լայնական հատույթի շառավղի երկայնքով տեղի է ունենում պարաբոլական օրենքով: Հեղուկի հոսքի արագությունն առավելագույնն է խողովակի առանցքի վրա, այսինքն՝ երբ $r = 0$: Հետևաբար՝

$$v_{max} = \frac{\Delta p}{4\eta l} R^2 :$$

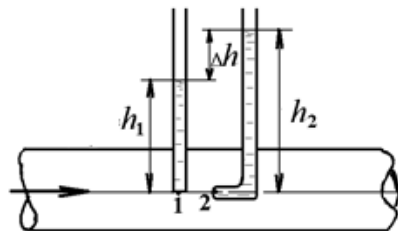
Եթե այժմ որոշենք հեղուկի հոսքի միջին արագությունը, հաշվի առնելով (1) բանաձևը, ապա կստանանք՝

$$\bar{v} = \frac{Q_V}{\pi R^2} = \frac{\Delta p}{8\eta l} R^2 = \frac{v_{max}}{2} :$$

Այսպիսով, միջին արագությունը տրված հատույթում հավասար է հեղուկի առավելագույն արագության կեսին:

Հարց: Դուք ասացիք, որ Պուազեյլն իր անունը կրող (1) բանաձևն ստացել է փորձարարական տվյալների հիման վրա: Բայց ինչպե՞ս կարող էր նա համոզված լինել, որ այդ բանաձևը, իրոք, ճիշտ է: Չէ՞ որ դրա համար, կարծում եմ, Պուազեյլի բանաձևից անկախ անհրաժեշտ էր չափել շարժվող հեղուկի ճնշումը, մածուցիկությունը, ծախսը: Հնարավո՞ր էր, արդյոք, Պուազեյլի ժամանակներում փորձով չափել այդ մեծությունները:

Պատասխան: Շարժվող հեղուկի ճնշումը և արագությունն այն ժամանակներում (նաև՝ ներկայում) կարելի էր չափել մանոմետրական խողովակների օգնությամբ (նկ. 3): Դրանցից մեկը (2), որը ծոված էր 90°-ով, իջեցվում էր հեղուկի մեջ մինչև հորիզոնական խողովակի մեջտեղը՝ բաց ծայրով հոսանքին հակառակ:



Նկ. 3. Շարժվող հեղուկի ճնշումը և արագությունը չափող մանոմետրական խողովակների համակարգ:

Այդպիսի խողովակը, ի պատիվ նրա ստեղծողի՝ ֆրանսիացի ինժեներ և ֆիզիկոս Անրի Պիտոյի (Henri Pitot, 1695-1771), անվանում են Պիտոյի խողովակ: Պիտոյի խողովակում հեղուկի $h_2 = \frac{p_2}{\rho g}$ մակարդակը միշտ ավելի բարձր է, մյուս՝ (1) մանոմետրական խողովակում հեղուկի $h_1 = \frac{p_1}{\rho g}$ մակարդակից: Նշված արտահայտություններում՝ p_1 -ը ճնշումն է շարժվող հեղուկում, իսկ p_2 -ն այն ճնշումն է, որ կունենար հեղուկը, եթե մի պահ դադարեր հոսել: Համաձայն Բեռնուլիի բանաձևի՝

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{\rho v_{\max}^2}{2}, \quad (3)$$

որտեղ $v_{\max}$ -ը հեղուկի հոսքի արագությունն է խողովակի մեջտեղում, այսինքն՝ առավելագույն արագությունը: (3) բանաձևում տեղադրելով

$$\Delta p = \rho g(h_2 - h_1) = \rho g \Delta h$$

և հաշվի առնելով, որ հեղուկի հոսքի միջին արագությունը՝ $\bar{v} = \frac{v_{\max}}{2}$, կստանանք, որ

$$\bar{v} = \sqrt{0,5 g \Delta h} :$$

Իմանալով $\bar{v}$ միջին արագությունը՝ կարելի է որոշել հեղուկի ծախսը՝ $Q_v = \bar{v} S$: Չափելով խողովակի երկարությունը և հատույթի տրամագիծը՝ Պուլազելլը ստանում էր, որ բոլոր հեղուկների համար էլ

$$Q_v \sim \frac{\Delta p}{l} R^4 :$$

Նշենք, որ հեղուկի տեսակով պայմանավորված համեմատականության k գործակիցն առաջինը բացահայտել է անգլիացի ֆիզիկոս և մաթեմատիկոս Ջորջ Ստոքսը (1819–1903)՝ պարզելով, որ $k = \frac{\pi}{8\eta}$. իրա հա-

մար անհրաժեշտ էր պարզապես չափել հեղուկի η մածուցիկությունը, որն էլ կատարել է ինքը՝ Ստոքսը, 1851 թվականին: η -ի չափման Ստոքսի մեթոդի էությունը հետևյալն է: Մածուցիկ հեղուկում (ինչպիսին են, օրինակ՝ արյունը, գլիցերինը) անկում կատարող պինդ գնդիկի վրա ազդում

են երեք ուժեր՝ ծանրության ուժը (F_G), դուրս հրող կամ արքիմեդյան ուժը (F_A) և դիմադրության ուժը (F_v), որը պայմանավորված է հեղուկի շերտերի ներքին (մածուցիկ) շփմամբ: Անհրաժեշտ է ընդգծել, որ այստեղ դեր է խաղում ոչ թե գնդիկի և հեղուկի միջև շփումը, այլ հեղուկի առանձին շերտերի՝ միմյանց հետ շփումը: Հեղուկի՝ գնդիկին հպված շերտը շարժվում է գնդիկի արագությամբ (այսինքն՝ գնդիկի նկատմամբ անշարժ է), իսկ մնացած շերտերը շարժվում են ավելի դանդաղ, ընդ որում՝ գնդիկից հեռանալիս նրանց արագությունները դառնում են ավելի ու ավելի փոքր:

Եթե գնդիկն ընկնում է, օրինակ, փորձանոթում լցված հեղուկում՝ շարժվելով առանց իր հետևից մրրիկներ թողնելու, և, բացի այդ, գնդիկի տրամագիծը բավականաչափ փոքր է փորձանոթի լայնական հատույթի տրամագծից (այսինքն՝ երբ փոքրիկ գնդիկն անկում է կատարում փոքր արագությամբ), ապա, ինչպես ցույց է տվել Ստոքսը, դիմադրության ուժը, որը պայմանավորված է հեղուկի մածուցիկությամբ, որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$F_v = 6\pi\eta r v, \quad (3)$$

որտեղ η -ն հեղուկի մածուցիկությունն է, v -ն՝ գնդիկի արագությունը [1]:

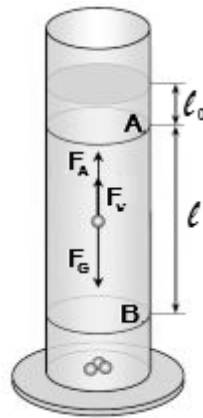
Գնդիկի վրա ազդող երեք ուժերն էլ ուղղված են ուղղաձիգով. Ծանրության ուժը (F_G) դեպի ներքև, իսկ դուրս հրող ուժը (F_A) և դիմադրության ուժը (F_v)՝ դեպի վերև: Դիմադրության ուժը գնդիկի շարժման արագության մեծացմամբ աճում է, և երբ գնդիկը հասնում է մի որոշակի v_0 արագության, այդ երեք ուժերի վեկտորական գումարը դառնում է զրո: Դրանից հետո գնդիկը շարժվում է իներցիայով՝ հաստատուն v_0 արագությամբ: Գնդիկի այդպիսի շարժումն անվանում են **կայունացված**: Նկատի ունենալով, որ $F_G = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{գնդ} g$, իսկ $F_A = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{հեղ} g$, կունենանք՝

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{գնդ} g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{հեղ} g - 6\pi\eta r v_0 = 0,$$

որտեղ $\rho_{q\grave{u}\eta}$ -ը գնդիկի նյութի խտությունն է, $\rho_{h\grave{e}\eta}$ -ը՝ հեղուկի խտությունը, g -ն՝ ազատ անկման արագացումը: Ստացված հավասարումը լուծելով η -ի նկատմամբ՝ կստանանք՝

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{\rho_{q\grave{u}\eta} - \rho_{h\grave{e}\eta}}{v_0} g r^2 : \quad (4)$$

Փորձում օգտագործվող անոթն իրենից ներկայացնում է ապակե գլան՝ լցված հետազոտվող հեղուկով, և ունի երկու հորիզոնական նշագծեր՝ A և B , որոնք իրարից հեռու են l -ով (նկ. 4): Գնդիկը ընկնելիս հեղուկի ազատ մակարդակից մինչև վերին A



Նկ. 4. Հեղուկի մածուցիկության որոշման լաբորատոր սարք:

նշագիծն ընկած l_0 հեռավորությունն անցնում է՝ շարժվելով արագացմամբ: Վերին A նշագծով անցնելու պահից սկսած մինչև ստորին B նշագիծը գնդիկի շարժումն արդեն կայունացված է, ուստի կարող ենք գրել՝

$$v_0 = \frac{l}{t},$$

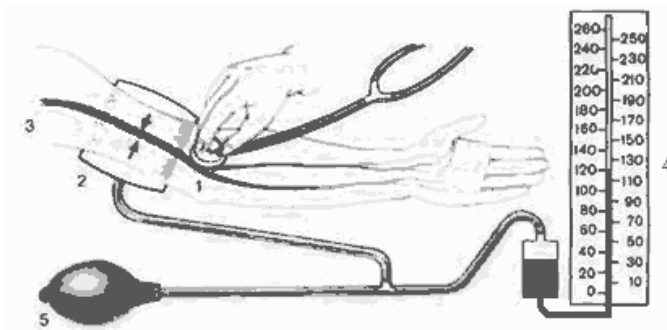
որտեղ t -ն այն ժամանակն է, որի ընթացքում գնդիկն անցնում է նշագծերի միջև l հեռավորությունը: (4) բանաձևում տեղադրելով v_0 , r , g , $\rho_{q\grave{u}\eta}$ և $\rho_{h\grave{e}\eta}$ մեծությունների արժեքները՝ կստանանք հեղուկի մածուցիկությունը:

Հարց: Իսկ կարո՞ղ էր Պուլսադեյլը չափել զարկերակային արյան ճնշումը: Նրան հայտնի՞ էր արյան ճնշումը չափելու որևէ գործնական մեթոդ:

Պատասխան: Հիշենք, որ արյան ճնշումը, այսինքն՝ ճնշումը, որով սիրտն արյունը մղում է անոթների մեջ, առաջինը չափել է անգլիացի հոգևորական Ստեֆան Հեյլզը դեռևս 1733 թվականին: Կաթետերի միջոցով Հեյլզը զարկերակից արյուն էր բաց թողնում ուղղաձիգ դիրքով դրված մոնոմետրական խողովակի մեջ, որի վերին ծայրը բաց էր: Հավասարակշռություն հաստատվելիս խողովակում արյան սյան p_{mano} ճնշումը (մանոմետրի ցուցմունքը) հավասար է լինում զարկերակի ներսում արյան p_{art} ճնշման և մթնոլորտային p_{atm} ճնշման տարբերությանը՝ $p_{mano} = p_{art} - p_{atm}$, որտեղից էլ արյան ճնշումը զարկերակում՝ $p_{art} = p_{mano} + p_{atm}$:

Հեյլզի առաջարկած մեթոդը, սակայն, կապված էր արյան զգալի կորստի հետ և, բնականաբար, այդպիսի մեթոդով, թերևս, կարելի էր չափել միայն կենդանիների, բայց ոչ մարդկանց զարկերակային ճնշումը:

Եվ միայն 1896 թվականին իտալացի բժիշկ Սկիպիոն Ռիվա-Ռոչին (1863-1937) հայտնագործեց սարք, որով կարելի էր չափել մարդու զարկերակային ճնշումը. այդ սարքից, որն անվանում են **տոնոմետր**, օգտվում են մինչև այժմ (նկ. 5), և այն քաջ ծանոթ է յուրաքանչյուրին (տե՛ս, օրինակ՝ [2]):



Նկ. 5. Զարկերակային ճնշման չափումը տոնոմետրով: Թևնցում օդի ճնշումը ցույց է տրված սլաքներով՝ 1. ֆոնենդոսկոպ, 2. թևնոց, 3. ուսի զարկերակ, 4. մանոմետր, 5. ռետինե տանձիկ:

Հարց: Կախված է մածուցիկությունը ջերմաստիճանից, և եթե այո, ապա ինչպիսի՞ն է այդ կախումն արտահայտող բանաձևը:

Պատասխան: Այո, կախված է, և այն էլ՝ շատ ուժեղ կերպով: Կատարված փորձերը ցույց են տվել, որ, օրինակ, հեղուկի ջերմաստիճանը բարձրանալիս մածուցիկությունը նվազում է: Ջերմաստիճանից հեղուկի մածուցիկության կախումն արտահայտող էմպիրիկ բանաձևն ունի հետևյալ տեսքը [1]՝

$$\eta = A \cdot e^{\frac{B}{T}}, \quad (5)$$

որտեղ A -ն և B -ն հեղուկից կախում չունեցող հաստատուններ են, T -ն՝ հեղուկի բացարձակ ջերմաստիճանը՝ արտահայտված կելվինով (Կ):

Հարց: Ինչպե՞ս է կարգավորվում արյան Q_v ծախսը մեր օրգանիզմի արյունատար համակարգում: Կարո՞ղ եք փոքր-ինչ մանրամասնել:

Պատասխան: Համաձայն Պուազեյլի (1) բանաձևի՝ արյան Q_v ծախսը համեմատական է $\frac{\Delta p}{l}$ մեծությանը, որը ճնշման անկումն է արյան հոսքի ուղղությամբ վերցրած միավոր երկարությամբ տեղամասում, և հակադարձ համեմատական է արյան η մածուցիկությանը: Սա շատ բնական է. իրոք, որքան մեծ է ճնշման անկումը, այնքան, բնականաբար, մեծ է արյան հոսքի արագությունը, իսկ որքան արյունը թանձր է, այնքան այդ արագությունն ավելի փոքր է: Չարմանալին այստեղ այն է, որ երբ նշված $\frac{\Delta p}{l}$ և η մեծություններն անփոփոխ են, Q_v -ն համեմատական է արյունատար անոթի շառավղի 4-րդ աստիճանին: Եթե ինչ-ինչ պատճառներով անոթի լայնական հատույթի (լուսանցքի) մակերեսը փոքրանա, ապա արյան նախկին ծախսը պահելու համար անհրաժեշտ է անոթի ծայրերում արյան ճնշման անկումը զգալիորեն մեծացնել: Օրինակ, եթե արթերոսկլերոզի (անոթի պատերի պնդացում) կամ խոլեստերինի կուտակման հետևանքով արյունատար անոթների շառավիղը փոքրանա 2 անգամ, ապա արյան ճնշումը հարկավոր է ավելացնել... 16 անգամ, որի դեպքում, բնականաբար, սիրտը կսկսի աշխատել գերբեռնվածությամբ և

արդեն չի կարողանա ապահովել պահանջվող հոսքը, այսինքն՝ արյան բնականոն շրջանառությունը:

Այսպիսով, օրգանիզմում արյունատար անոթների լուսանցքի նեղացմամբ կամ լայնացմամբ (ինչը կատարվում է անոթը շրջապատող մկանների միջոցով) փոփոխվում է արյան Q_v ծախսը, ինչի հետևանքով կարգավորվում է արյան մատակարարումը հյուսվածքներին, ինչպես նաև ջերմափոխանակումն արտաքին միջավայրի հետ:

Արյան ծախսը կարելի է փոփոխել՝ փոփոխելով նաև արյան մածուցիկությունը: Իսկ վերջինս, ինչպես վերը նշվեց, կախված է ջերմաստիճանից: Օրգանիզմի ջերմաստիճանի բարձրացմամբ արյան η մածուցիկությունը փոքրանում է: Հետևաբար, քանի որ $Q_v \sim \frac{1}{\eta}$, ապա մեծանում է արյան ծախսը:

Հարց: Եվ ուրեմն, ինչի՞ մասին կարող է վկայել արյան բարձր ճնշումը:

Պատասխան: Բարձր զարկերակային ճնշումը ցույց է տալիս, որ սիրտն աշխատում է գերբեռնվածությամբ, ինչը կարող է պայմանավորված լինել մի շարք գործոններով: Մասնավորապես, արյունատար անոթները կարող են կորցրած լինել իրենց առաձգականությունը, ինչի հետևանքով այլևս ունակ չլինել լայնանալու և սեղմվելու սրտի յուրաքանչյուր կծկման ժամանակ: Սիրտն այդ դեպքում ստիպված է մեծ ուժ գործադրել անոթով արյուն մղելու համար: Բարձր զարկերակային ճնշումը կարող է վկայել նաև այն մասին, որ զարկերակով հոսող արյան Q_v ծախսը նորմայից ցածր է:

Հարց: Դպրոցում մեր ֆիզիկայի ուսուցչից ես հաճախ եմ լսել, որ ֆիզիկական շատ երևույթներ համանման են, բայց այնքան էլ լավ չեմ պատկերացնում, թե ինչպե՞ս կարող է հեղուկի հոսքը խողովակներով նման լինել մեկ այլ ֆիզիկական երևույթի: Կարո՞ղ եք ինձ հակիրճ բացատրել՝ ի՞նչ է նշանակում «երևույթների համանմանություն» և ո՞ր ֆիզիկական երևույթին է համանման արյան հոսքը արյունատար անոթներով:

Պատասխան: Երկու միանգամայն տարբեր ֆիզիկական երևույթների անվանում են համանման, եթե այդ երևույթները նկարագրվում են նույնպիսի մաթեմատիկական հավասարումներով: Օրինակ՝ մեխանիկական շարժումը, որը նկարագրվում է սինուս կամ կոսինուս ֆունկցիաների միջոցով, համանման է տատանողական կոնտուրում կոդենսատորի լիցքի կամ կոճով անցնող հոսանքի ուժի՝ դարձյալ սինուսի կամ կոսինուսի օրենքով կատարվող փոփոխությանը: Երևույթները տարբեր են (մեխանիկական և էլեկտրամագնիսական), բայց նկարագրվում են նույնպիսի մաթեմատիկական բանաձևերով:

Պուազելյի (1) բանաձևից, երբ $\frac{\pi R^2}{8\eta l}$ մեծությունն անփոփոխ է, հետևում է,

որ արյան ծախսը համեմատական է անոթում ճնշման անկմանը՝ $Q_v \sim \Delta p$, այսինքն՝ եթե արյունատար անոթի դիտարկվող տեղամասի ծայրերում կա ճնշումների $\Delta p = p_1 - p_2$ տարբերություն, ապա կա արյան հոսք: Համանման ձևով էլեկտրական շղթայի տեղամասում՝ I հոսանքի ուժը համեմատական է տեղամասի ծայրերի միջև պոտենցիալների տարբերությանը՝ $I \sim (\varphi_1 - \varphi_2)$, այսինքն՝ եթե տեղամասի ծայրերի միջև կա պոտենցիալների $\varphi_1 - \varphi_2$ տարբերություն, ապա տեղամասով հոսում է էլեկտրական հոսանք:

Այստեղից հետևում է, որ արյունատար անոթով հոսող արյան Q_v ծախսը և էլեկտրական շղթայի հաղորդալարով «հոսող» հոսանքի I ուժը համանման ֆիզիկական մեծություններ են. երկուսն էլ նկարագրվում են նույնանման ֆիզիկական օրենքներով. հոսանքի ուժը՝ Օհմի $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{r}$ օրենքով (r -ը շղթայի տեղամասի էլեկտրական դիմադրությունն է), իսկ արյան ծախսը՝

$$Q_v = \frac{p_1 - p_2}{X}, \quad (6)$$

օրենքով:

$$X = \frac{8\eta l}{\pi R^4} \quad (7)$$

մեծությունն անվանում են **հիդրավիկ դիմադրություն**: Որքան մեծ է մածուցիկությունը, արյունատար անոթի դիտարկվող տեղամասի / երկարությունը և փոքր՝ լուսանցքի մակերեսը, այնքան մեծ է արյան X հիդրավիկ դիմադրությունը: Բայց որքան մեծ է հիդրավիկ դիմադրությունը, այնքան փոքր է արյան ծախսը, այսինքն՝ արյունը վատ է մատակարարվում օրգաններին:

Եթե սրտի իշեմիկ հիվանդության ժամանակ սրտին արյուն մատակարարող անոթները (պսակաձև անոթները) խցանվում են (օրինակ՝ արյան մակարդուկով), անոթի լուսանցքը նեղանում է, ինչը հանգեցնում է հիդրավիկ դիմադրության մեծացմանը: Ի հետևանս դրա՝ նվազում է արյան Q_v ծախսը: Խցանված անոթի հիդրավիկ դիմադրությունը փոքրացնելու համար կատարում են **շունտավորում**՝ այդ անոթի խցանված տեղամասին, ինչպես էլեկտրական շղթայի որևէ ռեզիստորի, «գուգահեռաբար» միացնում են երկու այլ՝ չվնասված անոթներ: Այդ դեպքում արյան ծախսն այդ տեղամասով մասնակիորեն վերականգնվում է:

Հարց: (7) բանաձևից երևում է, որ իդեալական հեղուկի հիդրավիկ դիմադրությունը զրո է, քանի որ $\eta = 0$ պայմանից հետևում է, որ $X = 0$, ինչը նշանակում է, որ իդեալական հեղուկն իր մեջ շարժվող մարմնին որևիցե դիմադրություն ցույց չի տալիս: (Համաձայն Գալիլեյի հարաբերականության սկզբունքի՝ նույնն է թե շարժվող հեղուկն իրեն հանդիպած արգելքի վրա դիմադրության ուժով չի ազդում:) Բայց չէ՞ որ իրականում բոլոր հեղուկներն էլ այս կամ այն չափով ազդում են շարժվող մարմինների վրա՝ նրանց շարժմանը հակառակ ուղղությամբ: Պարադոքս չէ՞ սա արդյոք:

Պատասխան: Իհարկե, պարադոքս է: Այս պարադոքսին առաջին անգամ անդրադարձ է կատարել ֆրանսիացի գիտնական Ժան Լը Ռոն դ'Ալամբերը (1717-1783): Պարադոքսը հետևանք է այն բանի, որ հեղուկների շարժումը դիտարկելիս անտեսվել է նրանց մածուցիկությունը, մինչդեռ կամայական հեղուկի հոսքը նկարագրելիս պետք է միշտ նկատի ունենալ, որ հեղուկը մածուցիկ է:

Հարց: Ի՞նչ պարամետրերից է կախված այն ուժը, որով հեղուկը դիմադրում է մարմնի շարժմանը:

Պատասխան: Դիմադրության ուժը, ինչպես վերը տեսանք, կախված է նրանից, թե ինչպես են հեղուկի՝ մարմնին հարող շերտերը շրջիստում այդ մարմինը: Կարելի է համարել, որ դիմադրության ուժը պայմանավորված է երկու գործոնով.

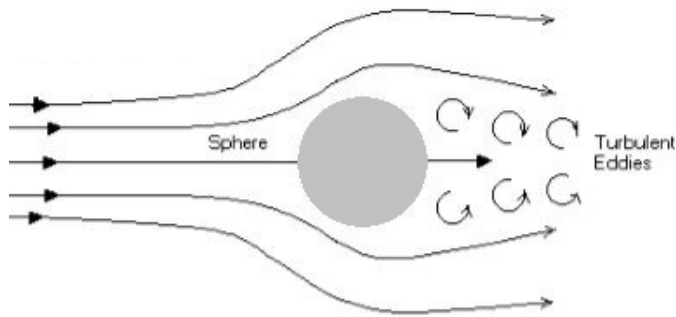
- մարմինը շրջիստող հեղուկի շերտերի միջև ներքին կամ, ինչպես ասում են, մածուցիկ շփմամբ,

- մարմնի առջևի և հետևի տիրույթներում հեղուկի p_1 և p_2 ճնշումների տարբերությամբ:

Առաջին գործոնով պայմանավորված դիմադրության ուժն անվանում են **մածուցիկ շփման ուժ**, իսկ երկրորդով պայմանավորված ուժը՝ **ճնշման դիմադրության ուժ**:

Երբ մարմինը գնդաձև է, ապա մածուցիկ շփման F_v ուժը որոշվում է Ստոքսի (3) բանաձևով, համաձայն որի՝ մածուցիկ շփման ուժը համեմատական է հեղուկի η մածուցիկությանը, գնդի r շառավղին և հեղուկի նկատմամբ v արագությանը: Այս պնդումը, սակայն, ճիշտ է միայն այնպիսի v արագությունների համար, որոնց դեպքում դեռևս պահպանվում է հեղուկի կողմից մարմնի սահուն լամինար շրջիստումը:

Փորձը ցույց է տալիս, որ մարմնի շարժման արագությունը մեծանալիս գալիս է մի պահ, երբ հեղուկի կողմից մարմնի շրջիստման պատկերը կտրուկ փոխվում է: Մարմնի հետևի տիրույթում երևան են գալիս մրրիկներ: Այնուհետև հեղուկի հոսքն այդ մրրիկները հեռացնում է մարմնից՝ առաջացնելով այսպես կոչված **մրրկաշավիղ** (նկ. 6): Երբ մարմինն ունի համաչափ ձև, օրինակ՝ գլան է կամ գունդ, նրա հետևի տիրույթում, սովորաբար, առաջանում են մրրիկների գույգեր, որոնց իմպուլսի մոմենտները, համաձայն մարմին-հեղուկ փակ համակարգի համար իմպուլսի մոմենտի պահպանման օրենքի, մոդուլով հավասար են, ուղղությամբ՝ հակադիր (նկ. 6):



Նկ. 6. Ճնշման դիմադրության ուժի առաջացումը: Գնդի հետևի տիրույթում առաջանում են մրրիկներ, որի պատճառով առջևի և հետևի տիրույթներում ճնշումները տարբեր են:

Առաջացած մրրիկները խախտում են հեղուկի շրջիռման համաչափությունը, որի հետևանքով մարմնի առջևում հեղուկի ճնշումը դառնում է ավելի մեծ, քան հետևում՝ $p_{ahead} > p_{behind}$: Հետևաբար, մարմնի մակերևույթի կետերին կիրառված համագոր ճնշման ուժը զրոյից տարբեր է և ուղղված է հեղուկի հոսանքի ուղղությամբ: Այդ համագոր ուժն էլ հենց F_p ճնշման դիմադրության ուժն է, որն արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով [1]՝

$$F_p = \gamma S \frac{\rho v^2}{2}, \quad (8)$$

որտեղ γ ճնշման դիմադրության չափագուրկ գործակիցը կախված է մարմնի ձևից (օրինակ՝ գնդի համար $\gamma = 0,2 \div 0,4$), իսկ S -ն ամենամեծն է մարմնի այն հատույթների մակերեսներից, որոնք ուղղահայաց են հեղուկի հոսանքին: (8) բանաձևից հետևում է, որ ճնշման դիմադրության ուժը համեմատական է S -ին, հեղուկի ρ խտությանը և հոսքի արագության քառակուսուն:

Հարց: Հեղուկում մարմնի շարժման ժամանակ ե՞րբ են էական դեր խաղում մածուցիկ շփման ուժերը և ե՞րբ՝ ճնշման դիմադրության ուժերը:

Պատասխան: Փոքր արագությունների դեպքում մածուցիկ շփման ուժը, համեմատական լինելով հեղուկի արագության առաջին աստիճա-

նին (տե՛ս (3) բանաձևը), զգալիորեն ավելի մեծ է ճակատային դիմադրության ուժից, որը, ինչպես երևում է (8) բանաձևից, համեմատական է արագության 2-րդ աստիճանին:

Մեծ արագությունների դեպքում տեղի ունի հակառակը:

Քանի որ ձեզ հետաքրքրող հարցին պատասխանելիս էական չեն (3) և (8) բանաձևերում չափագուրկ գործակիցների արժեքները, ապա այդ բանաձևերը կարող ենք ներկայացնել $F_v \approx \eta v \ell$ և $F_p \approx S \rho v^2$ տեսքով: Որպեսզի պատասխանը լինի որոշակի և այդ ուժերը կարողանանք իրար հետ համեմատել, F_p -ն բաժանենք F_v -ի՝ $\frac{F_p}{F_v} \approx \frac{S \rho v}{\eta \ell}$: Այստեղ ρ -ն հեղուկի խտությունն է, η -ն՝ մածուցիկությունը, v -ն՝ հեղուկի շարժման արագությունը, ℓ -ը՝ մարմնի բնութագրական չափն է (օրինակ՝ հեղուկում շարժվող գնդաձև մարմնի համար ℓ -ը՝ գնդի շառավիղն է, խորանարդաձև մարմնի համար՝ խորանարդի կողի երկարությունը և այլն), S -ը՝ մարմնի լայնական հատույթի մակերեսը, որը համեմատական է բնութագրական չափի քառակուսուն՝ $S \sim \ell^2$: Հետևաբար, F_p/F_v հարաբերությունը, չափագուրկ գործակցի ճշտությամբ, կլինի՝

$$\frac{F_p}{F_v} \approx \frac{\rho v \ell}{\eta}:$$

Ստացված մոտավոր հավասարության աջ մասը, սովորաբար, նշանակում են $\tilde{Re}$ սիմվոլով՝

$$\tilde{Re} = \frac{\rho v \ell}{\eta}, \quad (9)$$

և անվանում Ռեյնոլդսի թիվ՝ ի պատիվ անգլիացի ֆիզիկոս Օսթոն Ռեյնոլդսի (1842-1912), ով առաջինը սահմանեց հեղուկների և գազերի հոսքը նկարագրող այդ կարևոր չափագուրկ ֆիզիկական մեծությունը:

(9) բանաձևով որոշվող $\tilde{Re}$ -ը, այսպիսով, ցույց է տալիս ճնշման դիմադրության և մածուցիկ դիմադրության ուժերի հարաբերությունը: Հետևաբար, երբ Ռեյնոլդսի թիվը փոքր է մեկից, ապա հեղուկում շարժվող

մարմնի հետևի տիրույթում մրրիկներ չեն առաջանում (մարմինը շրջ-
 հոսվում է հեղուկի լամինար հոսքով) և մարմնի վրա ազդող դիմադրու-
 թյան ուժը գերազանցապես պայմանավորված է հեղուկի շերտերի միջև
 առկա մածուցիկ շփմամբ: Ռեյնոլդսի թվի մեծ արժեքների համար (սովոր-
 աբար, երբ $1 \leq Re \leq 10$) մարմնի հետևի տիրույթում արդեն առաջ են գա-
 լիս մրրիկներ, ինչի հետևանքով այդ տիրույթում ճնշումն ընկնում է, և
 մարմնի վրա ազդում է գերազանցապես ճնշման դիմադրության ուժը:

Համարելով, որ $20^\circ C$ ջերմաստիճանում ջրի մածուցիկությունը՝
 $\eta = 10^{-3}$ Պա՛վ, իսկ խտությունը՝ $\rho = 10^3$ կգ/մ³, և ենթադրելով, որ ջրում
 $v = 1$ մմ/վ արագությամբ շարժվող մարմնի բնութագրական չափը՝ $\ell =$
 1 մմ, այդ մարմնի համար կստանանք՝ $Re = 1$: Նույնպիսի Ռեյնոլդսի թիվ
 կստանանք այն մարմնի համար, որի բնութագրական չափը՝ $\ell = 2$ մմ, և
 որը $v = 7$ մմ/վ արագությամբ շարժվում է օդում ($\rho = 1,3$ կգ/մ³, $\eta = 18 \cdot 10^{-6}$
 Պա՛վ): Հետևաբար, եթե այդ մարմինները շարժվեն ավելի փոքր արա-
 գություններով, ապա նրանց համար Ռեյնոլդսի թվերը կլինեն մեկից
 փոքր, և այդ դեպքում կարելի է անտեսել ճնշման դիմադրության ուժերը
 և հաշվի առնել միայն մածուցիկ շփման ուժերը: Ընդհակառակը, Ռեյ-
 նոլդսի թվի մեծ արժեքների դեպքում կարելի է հաշվի առնել միայն ճնշ-
 ման դիմադրության ուժերը՝ անտեսելով մածուցիկ շփման ուժերը:

Հարց: Դուք ասացիք, որ Պուազեյլի (1) բանաձևը ճիշտ է, երբ հեղու-
 կի հոսքը խողովակով լամինար է: Այդ դեպքում, ինչպե՞ս կարելի է պար-
 զել՝ խողովակով հեղուկի հոսքը լամինա՞ր է, թե՞ տուրբուլենտ. չե՞ որ Ռեյ-
 նոլդսի թվի որոշման (9) բանաձևից արդեն օգտվել չենք կարող:

Պատասխան: Գլանաձև խողովակով հեղուկի հոսքը նկարագրելիս
 նույնպես կարելի է օգտվել (9) բանաձևով սահմանվող Ռեյնոլդսի թվից,
 միայն թե հարկավոր է նկատի ունենալ, որ v -ն խողովակով հեղուկի
 շարժման միջին արագությունն է, իսկ ℓ -ը՝ խողովակի բնութագրական
 չափը, օրինակ՝ լայնական հատույթի d տրամագիծը: Հետևաբար, (9)
 բանաձևի փոխարեն Ռեյնոլդսի թիվն այս դեպքում կարտահայտվի

$$Re = \frac{\rho \bar{v} d}{\eta} \quad (10)$$

բանաձևով, որտեղ $\bar{v}$ -ը հեղուկի հոսքի միջին արագությունն է:

Հարկավոր է, սակայն, հստակ տարբերել (10) բանաձևով արտահայտվող Ռեյնոլդսի Re թիվը (9) բանաձևով արտահայտվող Ռեյնոլդսի $\tilde{Re}$ թվից: Թեպետ դրանք արտահայտվում են տեսքով իրար նման բանաձևերով, բայց բնութագրում են տարբեր երևույթներ:

Ինչպես ցույց են տվել վերջերս կատարված փորձերը [3], խողովակով հոսող հեղուկի համար Ռեյնոլդսի թվի սահմանային արժեքը մոտ 2000 է: $Re < 2000$ դեպքում հեղուկի հոսքը դեռևս կարելի է համարել լամինար: Այնուհետև առաջ են գալիս փոքրիկ մրրիկներ: $Re > 4000$ դեպքում հեղուկի հոսքն ամբողջությամբ դառնում է մրրկային:

(10) բանաձևից հետևում է, որ Ռեյնոլդսի թիվն էապես կախված է խողովակի չափերից: Լայն խողովակում, նույնիսկ համեմատաբար փոքր արագությամբ հոսելիս, հեղուկի շարժումը կարող է դառնալ մրրկային: Օրինակ, 2մ տրամագծով խողովակում ջրի հոսքը մրրկային է, երբ արագությունը գերազանցում է 2,3 մ/վ արժեքը, իսկ 2 սմ տրամագծով խողովակում՝ արդեն 23 սմ/վ արժեքը: Արյան հոսքն այդպիսի խողովակով ($\eta = 4 \cdot 10^{-3}$ ՊաԷ վ, $\rho = 1050$ կգ/մ³) դառնում է մրրկային մոտավորապես 90 սմ/վ և ավելի փոքր արագությունների դեպքում: Ջարկերակներում արյան հոսքը հիմնականում լամինար է, միայն որոշ հիվանդությունների ժամանակ, երբ արյան մածուցիկությունը նորմայից ցածր է, Ռեյնոլդսի թիվը կարող է գերազանցել սահմանային արժեքը և արյան հոսքը դառնալ մրրկային:

Անցումը լամինար հոսքից մրրկայինի ուղեկցվում է էներգիայի լրացուցիչ ծախսմամբ: Հետևաբար, երբ արյան հոսքն անոթներում դառնում է մրրկային, սիրտն ստիպված է հավելյալ աշխատանք կատարել՝ արյունն անոթները մղելու համար: Արյան մրրկային հոսքի ժամանակ առաջանում է աղմուկ (խշշոց), որն օգտագործվում է հիվանդությունների ախտորոշման համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. *Pascal Bigot, Richard Mauduit, Éric Wenner*. Mécanique des fluids en 20 fiches. Dunod, Paris, 2011.
2. *Douglas C. Giancoli*. General Physics. Prentice-Hall, I
3. *Kavila et al*. The Onset of Turbulence in Pipe Flow, Science 333, № 6039. P. 192 (2011).

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В ТРУБАХ

С.С. Маилян, Г.С. Аветян

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье рассматриваются основные задачи движения вязкой жидкости в трубах, которые являются частными следствиями уравнения Пуазейля. В частности, подробно обсуждается ряд вопросов, касающихся кровотока в кровеносных сосудах, о которых должен знать каждый учащийся: как школьник, так и студент.

Ключевые слова: вязкость, расход жидкости, трубка Пито, кровяное давление, гидравлическое сопротивление.

THE MAJOR TASKS OF THE MOVEMENT OF THE MECHANICS OF VISCOUS LIQUID THROUGH THE TUBE

S. Mayilyan, G. Avetyan

ABSTRACT

The Major tasks of the movement of viscous liquid are observed in the article, which are the private consequences of Pauzello's equation. In particular various matters concerning blood flow through the blood vessels are discussed in detail. It is essential that both the students and schoolchildren should know about them.

Keywords: viscosity, expenditure of liquid, Pito's tube, blood pressure, hydraulic resistance.

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ОРГАНИЗАЦИОННО ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ ИНТЕРНЕТА

О.А. Овакимян¹, Г.М. Погосян¹

¹Российско-Армянский университет

hovakimyanhh@mail.ru, gevs91.p@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье обсуждаются вопросы типового решения создания организационно программной системы обеспечения безопасности отдельных сегментов Интернета, известное в западной литературе под названием CSIRT (Computer Security Incident Response Teams). На основе анализа работы таких систем показаны структурные компоненты и реализующие их функции. Программная реализация этих компонентов в виде отдельных модулей позволит собрать систему CSIRT безопасности для отдельно взятого сегмента глобальной сети.

Ключевые слова: глобальная сеть, информационная безопасность, сегмент сети, программный модуль.

Уже на заре развития сетевых технологии было осознано, что проблемы информационной безопасности требуют комплексного решения, включающего технические, программные и организационные компоненты [1, 2]. Вслед за первой крупной вспышкой компьютерного червя «Моррис», по инициативе Агентства передовых исследовательских проектов DARPA Carnegie Mellon в Питсбурге (Пенсильвания), была организована

первая CSIRT (Computer Security Incident Response Teams) – Группа Реагирования на инциденты компьютерной безопасности, которая как модель была распространена в европейских странах [2, 3]. В ходе распространения CSIRT – групп реагирования выяснилось, что традиционные системы безопасности (антивирусные программы, межсетевые экраны) удовлетворительно действуют при простых моделях хакерских атак (когда один компьютер подвергается атаке одного компьютера), но при сложных скоординированных атаках эффективность этих средств резко снижается, и тогда организация системы обнаружения компьютерных атак в рамках CSIRT становится основным способом обеспечения сетевой безопасности [4]. Реализация функции CSIRT обычно выполняется способом разработки WEB приложений, реализующий информационное обеспечение служб CSIRT [3, 4]. В статье приводятся результаты изучения архитектуры соответствующих WEB приложений и реализующего на этой основе информационного обеспечения служб местного CSIRT, для корпоративной сети – сегмента Интернет.

Материал, методы и результаты

В задачи служб CSIRT входят обеспечение нейтрализации атак на участки общесетевой инфраструктуры, серверные ресурсы (DoS (Denial of Service) и DDoS) и конфиденциальности данных. Кроме того, важным является противостояние распространению вредоносных программ (спам), исключение возможных фактов взламывания систем защиты информационных серверов, внедрение в них разного рода вредоносных программ (сниффер, rootkit, keylogger и т.д.). В зависимости от сферы применения CSIRT (академическая, коммерческая, оборонная) эти проблемы получают конкретные проявления. В соответствии с приведенной в [5, 6] модели глобальной сети, она представляется иерархической композицией локальных сетей, где каждая локальная сеть в вышестоящей сети представляется через своего «сервер представителя» и отождествляется с ней. Более того, локальная сеть в вышестоящей сети выступает единым IP адресом. И поскольку связь локальной сети с внешней глобальной сетью осуществляется набором отдельных программных фрагментов (пакетов), проходящих через «сервер-представитель», то вопросы безопасности ло-

кальной сети сводятся к обеспечению безопасной работы «сервер представителя», и, соответственно, проблема безопасности целого сегмента, например, корпоративной сети, сводится к обеспечению безопасной работы нескольких «серверов представителей». Организация системы безопасности отдельных «серверов-представителей» реализуется набором правил, определяющих условия прохождения пакетов через «сервер-представитель», при этом, для каждого проходящего пакета принимается решение «пропустить его или отбросить». Эти решения применяются на основе набора защитных механизмов, которые реализуются специальными модулями: 1) фильтров пакетов (packet filter); 2) прокси-серверов, соединявшие локальные сети с внешними серверами (circuit gateways); 3) шлюзов приложений-серверов прикладного уровня (application gateways). Фильтры пакетов проверяют отдельно взятый пакет на соответствие правилам безопасности, прямо перед ее отправкой в сеть. Для этого просматриваются IP адрес, номера портов в заголовках пакета. Отметим, что раздробленность отдельных пакетов затрудняет слежение за функционированием полного приложения, что является основной причиной уязвимости информационной сети, этим и пользуются разного рода хакеры.

Узлы прокси серверов – это серверы с двумя сетевыми картами (Network Interface Card, NIC), они либо передают пакет дальше, либо его уничтожают. Прокси-сервера действуют от имени одного или более серверов, обычно в качестве экрана. В компаниях и предприятиях они используются для сбора всех запросов в Интернет, пересылки их интернет-серверам, получения от них ответов и, наконец, для пересылки ответов исходным адресатам внутри локальных сетей компании. Шлюзы приложений или серверы прикладного уровня специально инсталлированные в узловых компах содержат встроенные модули, которые проверяют все запросы и ответы, предусмотренные для внешних пользователей. Вследствие этого, шлюзы приложений обеспечивают защиту любого из приложений, которые они поддерживают. Таким образом, использование серверов прикладного уровня позволяет скрыть от внешних пользователей структуру локальной сети, включая информацию в заголовках почтовых пакетов и службы доменных имен (DNS). Благодаря этому такие серверы позволяют обеспечить наиболее высокий уровень защиты, т.к. взаи-

модействие с внешним миром реализуется через небольшое число прикладных программ, полностью контролирующих весь входящий и исходящий трафик.

На основе анализа поведения организационной системы «Реагирования на инциденты компьютерной безопасности» и изучения возможных внутренних механизмов ее работы нами была предложена структура приложения CSIRT, состоящая из следующих трех компонентов:

- клиентскую часть Web приложения – интерфейс (обеспечивающий вид на экране и взаимодействие с Web-приложением через браузер);
- серверную часть – это Php-программа на сервере, реализующая запросы пользователей (точнее, запросы браузеров);
- систему управления базой данных (СУБД), работающей на сервере, которая хранит и выдает данные в нужный момент. Обращаясь к БД, приложение получает необходимые данные, формирует страницы, запрошенные пользователем.

Функционально, в составе Web приложения удобно представить подсистемами:

1. Безопасности – для создание списков и групп пользователей и управляющая их правами.

2. СУБД для хранения информации (данные о пользователях, о новостной части сайта, о регистрации, обработке и анализе инцидентов, а также результатах сбора статистики об инцидентах).

3. Подсистему отображения информации (должен содержать механизмы отображения информации для конечного пользователя, обеспечивать автоматизированное создание просматриваемых пользователем страниц и набор элементов перехода массивами информации).

4. Подсистему управления содержанием сайта – позволит администратору системы изменить информационное наполнение портала (новостные и информационные сообщения, пользовательские страницы).

5. Подсистему рассылки сообщений – обеспечит возможность подписки на рассылки пользователям информации, об изменениях в регламенте функционирования системы и обновления информационного наполнения.

В результате проведенного функционально структурного анализа был выделен конечный набор небольших программных модулей (в нашем случае – 24), которые, в основном, покрывают потребности создания ПО CSIRT, локального сегмента среднего размера (до 10000 конечных пользователей Интернета).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Романец Ю.В., Тимофеев П.А., Шаньгин В.Ф.* Защита информации в компьютерных системах и сетях / Под ред. В.Ф. Шаньгина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 2001. 376 с.
2. *Галатенко В.А.* Основы информационной безопасности. М.: Интернет-университет информационных технологий // www.INTUIT.ru, 2008. 208 с
3. *Killcrece Georgia, Klaus-Peter Kossakowski, Robin Ruefle and Mark Zajicek.* “State of Practice of Computer Security Incident Response Teams (CSIRTs)”. Carnegie Mellon Software Engineering Institute. Oct. 2003. P. 11.
4. *West-Brown et al.* Refer to this type of CSIRTs as “incident response providers” or “managed security service providers.” See: West-Brown, Moira J., Don Stikvoort, Klaus-Peter Kossakowski, Georgia Killcrece, Robin Ruefle, and Mark Zajicek. “Handbook for Computer Security Incident Response Teams”. Carnegie Mellon Software Engineering Institute. Apr. 2003. P. 15.
5. *Овакимян О.А.* О некоторых вопросах создания компьютерных сетей. Сборник материалов конференции Ереванского филиала РГУТИС. Ер., 2008. 387 с.
6. *Овакимян О.А.* Об одной задаче одноранговых сетей на основе технологии Microsoft // Современные технологии коммуникации и системы. Ер.: ЕрФилиал МЭСИ. 2010. 294 с.

ON THE ISSUE OF DEVELOPING AN ORGANIZATIONAL SOFTWARE SYSTEM TO ENSURE THE SECURITY OF INDIVIDUAL INTERNET SEGMENTS

H. Hovakimyan, G. Pogosyan

ABSTRACT

The article discusses typical solution of the CSIRT security system. Based on the system analysis, its built-in components and their implementing functions are shown. The software implementation of the latter will enable individual modules to collect the CSIRT security system for the front of the global network.

Keywords: a global network, information security, a network segment, a software module.

ԻՆՏԵՐՆԵՏԻ ԱՌԱՆՁԻՆ ՀԱՏՎԱԾՆԵՐԻ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ
ԱՊԱՀՈՎՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊԱ-ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ
ՄՇԱԿՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐԸ ՄԱՍԻՆ

Հ.Ա. Հովակիմյան, Գ.Մ. Պոգոսյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Հոդվածում քննարկվում է CSIRT անվտանգության համակարգի ստեղծման տիպային լուծման հարցը. Համակարգի աշխատանքի վերլուծման հիման վրա ցույց է տրված նրա կառուցվածքային բաղադրիչները և նրանց իրականացնող ֆունկցիաները. Վերջիններիս ծրագրային իրականացումը առանձին մոդուլների տեսքով հնարավորություն կտա գլոբալ ցանցի առանձին հատվածի համար հավաքել անվտանգության CSIRT համակարգ:

Հիմնաբառեր՝ գլոբալ ցանց, տեղեկատվական անվտանգություն, ցանցային հատված, ծրագրային մոդուլ:

ЛИНЕЙНОСТЬ КООРДИНАТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИК ФОТОПРИЕМНИКА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА

С.Г. Петросян^{1,2}, Г.А. Халатян¹

¹Российско-Армянский университет

²Институт Радиофизики и Электроники НАН РА

stepan.petrosyan@rau.am, georgi.khalatyan@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В данной работе были теоретически исследованы координато-чувствительные фотопремники с подушкообразными границами фото-чувствительной области на основе гетероперехода (p)InSb–(n)CdTe. Решая уравнение Луковского методом конечных элементов (МКЭ), было найдено распределение электрического потенциала и электрического поля в тонком слое (n)-CdTe. Далее, были найдены значения токов, протекающих через омические контакты, расположенные на краях фото-чувствительной пленки по осям X–Y. На основе полученных результатов была проанализирована линейность зависимости фотитооткликов от положения светового пятна, и была показана, что в случае добавления по краям активной области дополнительного слоя, имеющего более низкое сопротивление, чем сопротивление активной области, линейность возрастает до 80% общей площади фотоприемника.

Ключевые слова: координатно-чувствительные фотоприемники, КЧФ, гетеропереход, МКЭ.

Введение

В оптоэлектронных устройствах измерения координат, углов поворота, геометрического положения и перемещения различных объектов

широко применяются как полупроводниковые датчики в виде дискретных координатно-чувствительных приборов, например, ПЗС матриц или интегральных линеек фотодиодов, так и аналоговые приборы с протяженной фоточувствительной поверхностью [1, 2].

К последним можно отнести полупроводниковые фотодиоды с продольным фотоэффектом, которые уже нашли широкое применение в таких областях науки и техники, как ядерная физика, геология, астрономия, физика элементарных частиц, спектроскопия, медицина и военное дело [3–7].

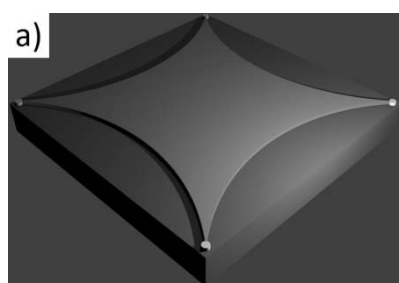


Рис. 1. КЧФ с подушкообразными границами фоточувствительной области:
а) вид с боку, б) вид сверху.

Принцип работы координато-чувствительных фотопремников (КЧФ) обычно основан на продольном фотоэффекте. Суть продольного фотоэффекта заключается в том, что при локальном облучении полупроводникового р-п-перехода световым пятном, дополнительно к обычному фотоэффекту, возникающую между р- и п-сторонами перехода (обычная поперечная фото-ЭДС), параллельно к плоскости перехода также возникает фото-ЭДС, величина и знак которого меняется при перемещении светового пятна вдоль активной области перехода. В случае локального освещения р-п-перехода с помощью светового зонда возникновение разности потенциалов в п- и р-слоях в направлении, параллельном плоскости р-п-перехода, обусловлено явлением реинжекции, обнаруженном в 1957 году [8]. Созданные светом неавнобесные электроны и дырки разделяются электрическим полем р-п-перехода, и в локальной области освещения разделенные носители заряда, компенсируя часть области объемного заряда,

создают не только локальное поперечное фото-ЭДС, но и одновременно разность потенциалов в слоях в продольном направлении, так как потенциал на границе раздела области объемного заряда и квазинейтральной области в точке освещения отличается от потенциала точек вне области освещения. Под воздействием такого продольного электрического поля возникают дрейфовые потоки основных носителей от области освещения в неосвещенные области n - и p - областей, которые, являясь избыточными в этих областях, вызывают их реинжекцию в n - и p -области и последующую их рекомбинацию как неравновесные неосновные носители. Продольные дрейфовые токи создают падение потенциала в слоях перехода в направлении, параллельном переходу, что может регистрироваться как возникновение фотонапряжения между омическими контактами, созданными на поверхности этих слоев. Теоретическое описание продольного фотоэффекта в обычном гомопереходе было дано Луковским [9], который и вывел основное уравнение для продольного фотоэффекта.

На сегодняшний день на основе этого эффекта были созданы КЧФ разного типа, имеющие разную геометрию и материальный состав. В зависимости от геометрии и материального состава линейность характеристик КЧФ меняется. Существуют как одномерные, так и двумерные координатно-чувствительные фотоприемники. Такие КЧФ отличаются простотой изготовления, высокой разрешающей способностью, высокой чувствительностью. А главное – для своего функционирования не требуют внешних источников питания, так как выходным сигналом таких фотоприемников является фото-ЭДС или фототок, величина и знак которых зависит от координат светового пятна на поверхности фотоприемника. Среди двумерных КЧФ наибольший интерес представляет КЧФ с подушкообразными границами фоточувствительной области (Рис. 1). Такой тип приемника представляет собой улучшенную конфигурацию прямоугольного прибора и обладает большой областью линейной характеристики.

Известно, что крутизна координатных характеристик определяется продольным сопротивлением слоев, образующих p - n -переход [10]. Использование гетеропереходов открывает новые возможности для создания оптимальных структур для КЧФ, так как здесь можно отдельно уп-

равлять проводимость и толщину слоев, образующих переход и сохранить, при этом, полное разделение неравновесных носителей за счет эффекта «окна».

В данной работе была теоретически исследована КЧФ с подушкообразными границами фоточувствительной области на основе гетероперехода (p)InSb–(n)CdTe, способного регистрировать ИК излучение в диапазоне 3–5 мкм. Решая уравнение Луковского методом конечных элементов (МКЭ), было найдено распределение электрического потенциала и электрического поля в тонком высокоомном слое n-CdTe. Далее были найдены значения токов, протекающих через омические контакты, сделанные на краях фоточувствительной пленки по осям X–Y. На основе полученных результатов была проанализирована линейность положения светового пятна.

Метод решения и постановка задачи

Задача была решена методом конечных элементов (МКЭ). Для решения задачи была построена треугольная сетка примерно из 500 точек. На первом шагу мы нашли распределение электрического потенциала. Для нахождения распределения электрического потенциала $U(x, y)$ в слое n-CdTe мы решили уравнение Луковского (1) для продольного фотоэффекта. В общем случае это уравнение имеет вид [9]:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\rho_n I_s}{\omega_n} \left(e^{\frac{eU(x,y)}{mkT}} - 1 \right) = -\frac{\rho_n I_s}{\omega_n} F(x, y), \quad (1)$$

где w_n – эффективная толщина, а ρ_n – удельное сопротивление слоя n-CdTe, I_s – обратный ток, kT – тепловая энергия, m – коэффициент неидеальности гетероперехода, а $F(x, y)$ – функция генерации. В случае слабого сигнала $eU(x, y) \ll mkT$, когда можно линеаризовать вольт-амперную характеристику гетероперехода, это уравнение принимает следующий вид:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\rho_n I_s e}{\omega_n mkT} U(x, y) = -\frac{\rho_n I_s}{\omega_n} F(x, y) \quad (2)$$

Для того чтобы избежать особых точек, мы заменили острые концы пересечения дугообразных границ фоточувствительной поверхности прямыми линиями конечной длины: AB, CD, EF и GH, представляющие

контактные области. Выбранная нами такая фотоприемная область задается следующими уравнениями:

$$(AB) \quad y + x - 2L + \varepsilon = 0$$

$$(CD) \quad y - x - 2L + \varepsilon = 0$$

$$(EF) \quad y + x + 2L - \varepsilon = 0$$

$$(GK) \quad y - x + 2L - \varepsilon = 0$$

$$(BC) \quad x^2 + (y-a)^2 - R^2 = 0$$

$$(DE) \quad (x+a)^2 + y^2 - R^2 = 0$$

$$(FG) \quad x^2 + (y+a)^2 - R^2 = 0$$

$$(KA) \quad (x-a)^2 + y^2 - R^2 = 0$$

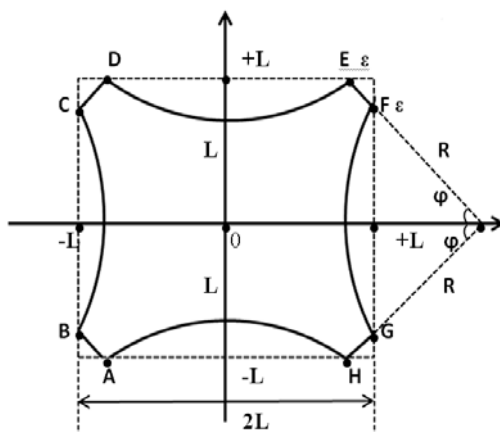


Рис. 3. Геометрическое представление границ освещаемой области.

Здесь форма приведенной поверхности задается параметрами $\square$, L , R . Поскольку ток может течь только через заземленные контактные линии, то на них нужно поставить граничные условия типа Дирихле, т.е. считать, что омические контакты обладают нулевым сопротивлением, и потребовать, чтобы потенциал всех токоотводящих контактов был равен нулю. На других границах области, соприкасающихся с непроводящими областями, граничные условия должны отражать тот факт, что ток на них

может иметь лишь тангенциальную составляющую, т.е. граничные условия типа Неймана. Таким образом, граничные условия задачи будут иметь следующий вид:

$$\begin{cases} U(x, y)|_{AB} = U(x, y)|_{CD} = U(x, y)|_{EF} = U(x, y)|_{GH} = 0 \\ \frac{\partial U}{\partial \vec{n}}|_{BC} = \frac{\partial U}{\partial \vec{n}}|_{DE} = \frac{\partial U}{\partial \vec{n}}|_{FG} = \frac{\partial U}{\partial \vec{n}}|_{HA} = 0 \end{cases} \quad (3),$$

где $\vec{n}$ — есть нормаль к границам области.

После нахождения распределения потенциала фототок через каждый контакт находится простым интегрированием

$$I_i = \int \frac{dU}{dn} dl_i \quad (4),$$

где интегрирование проводится по длине каждого AB, CD, EF и GH электродов.

Результаты

Поскольку в уравнении (2) со сложными границами переменные x, y не разделяются, то задача была решена численно, методом конечных элементов (МКЭ). Для решения задачи была построена треугольная сетка примерно из 500 точек. Характерные значения для параметров, входящих в уравнение (2), взяты из экспериментов по ИК фотоприемникам на основе гетероперехода (p)InSb–(n)CdTe [11]. Считается, что световое пятно имеет вид маленькой квадратной области на поверхности фотоприемника (практически точечная генерация неравновесных носителей заряда). На первом шагу мы нашли распределение электрического потенциала.

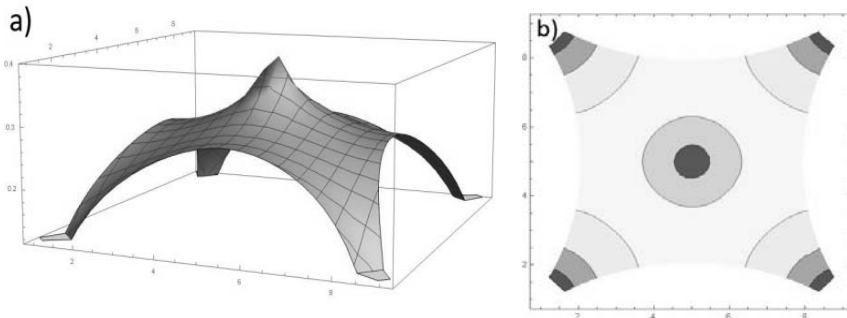


Рис. 4. Распределение электрического потенциала для случая, когда свет падает в центр области (а–б).

На Рис. 4 показано распределение электрического потенциала, когда световое пятно в виде малого квадрата падает в центр образца (верхние рисунки) и при смещении от центра (нижние рисунки). Видно, что картина распределения потенциала претерпевает существенное изменение при сдвиге точки освещения от центра структуры.

После этого мы можем вычислить распределение напряженности электрического поля, найти линии тока в любой точке образца и значение компонент фототока через контакты. Случай распределения поля при освещении в центре структуры представлен на Рис. 5.

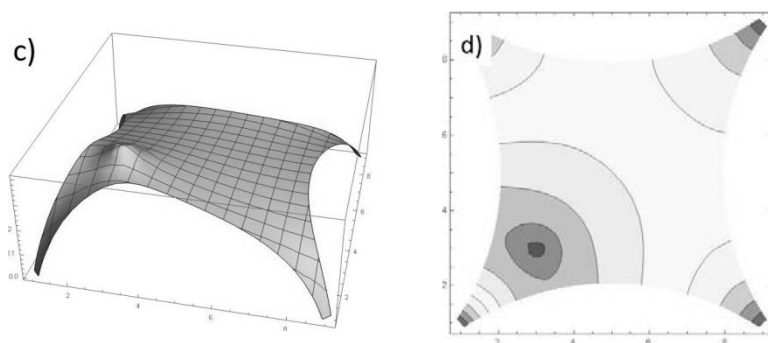


Рис. 4. Распределение электрического потенциала для случая, когда свет падает в точку, смещенного от центра (с–d).

После нахождения компонентов фототока мы можем определить X и Y координаты падающего светового пятна по формулам и выполнить анализ линейности положения светового пятна.

$$X_0 = ((I_{GK} + I_{AB}) - (I_{CD} + I_{EF})) / (I_{GK} + I_{AB} + I_{CD} + I_{EF}) \quad (4)$$

$$Y_0 = ((I_{CD} + I_{AB}) - (I_{GK} + I_{EF})) / (I_{GK} + I_{AB} + I_{CD} + I_{EF}) \quad (5)$$

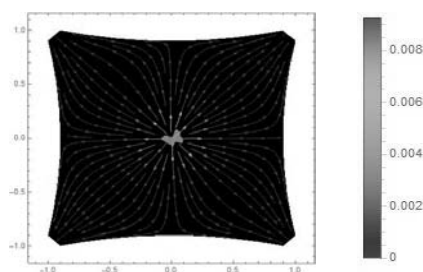


Рис. 5. Распределение электрического поля.

Для анализа линейности мы взяли сетку шагом 0.1 и предположили, что свет падает в узлах квадратной решетки. Из Рис. 6 видно, что линейным является только $\approx 10\%$ фоточувствительной области приемника.

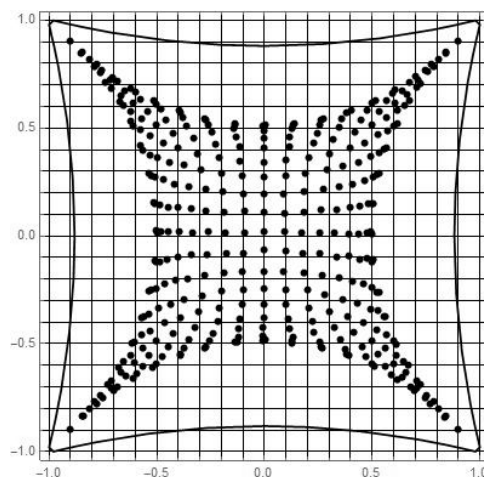


Рис. 6. Анализ линейности. Линейным является только $\approx 10\%$ области.

Для улучшения линейности, исходя из известной теоремы Гира [12], согласно которой влияние дугообразных границ однородного слоя на неоднородность линий тока исчезает, если границы этого слоя окружить тонким резистивным слоем с линейным сопротивлением

$$\rho_l = \frac{R}{\rho_{\square}}, \quad (6)$$

где R – радиус кривизны, а $\rho_{\square}$ – удельное сопротивление слоя CdTe(n). По этой причине мы предположили, что по краям слоя CdTe(n) необходимо добавить дополнительный слой с большей толщиной (Рис. 7) для того, чтобы уменьшить сопротивление этого узкого слоя.

Проведенные вычисления показывали, что в случае такой конфигурации $\approx 80\%$ поверхности фотоприемника уже является областью линейной координатной фоточувствительности.

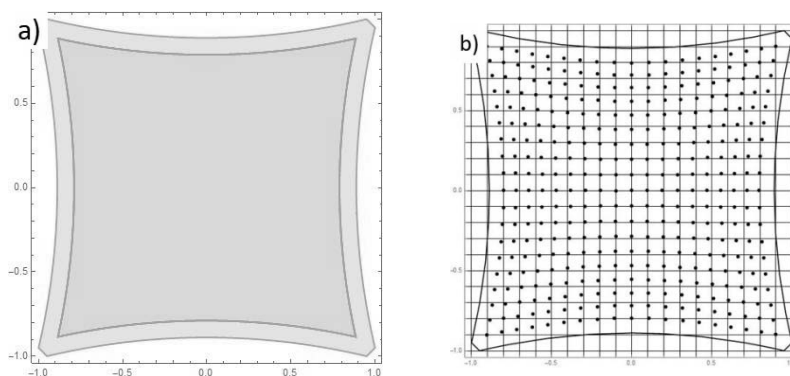


Рис. 7 а) Слой CdTe(n), границы которого (оранжевая область) имеют сопротивление, меньшее, чем центральная часть (голубая область). б) Анализ линейности улучшенной конфигурации. Линейным является $\approx 80\%$ области.

Таким образом, в работе была теоретически исследована КЧФ с подушкообразными границами фоточувствительной области на основе гетероперехода (p)InSb–(n)CdTe. Было найдено распределения электрического потенциала и электрического поля в тонком слое CdTe(n), имеющем форму «подушки». Были вычислены компоненты фототоков, протекающих через омические контакты, и на основе полученных результатов была проанализирована возможность получения линейной связи между компонентами фототока и положением светового пятна. В частности, была показана, что в случае оптимальной структуры, когда по краям активной области добавлены тонкие, имеющие более низкое сопротивление, чем сопротивление активной области, область линейной координатной характеристики возрастает до 80% от всей фоточувствительной площади фотоприемника

ЛИТЕРАТУРА

1. Виглеб Г. Датчики. М.: Мир, 1989, 196 с.
2. Andersson H. Position Sensitive Detectors-Device Technology and Applications in Spectroscopy, Sundsvall, Sweden, 2008, 76 p.

3. *Muehllehner G., Karp J.* A positron camera using position-sensitive detectors: PENN-PET // Journal of nuclear medicine. 1986. V. 27. №. 1. PP. 90–98.
4. *Stöhlker T.* et al. Applications of position sensitive germanium detectors for X-ray spectroscopy of highly charged heavy ions // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2003. V. 205. PP. 210–214.
5. *Niu H.* et al. Application of Lateral Photovoltaic Effect to the Measurement of the Physical Quantities of PN Junctions—Sheet Resistivity and Junction Conductance of N²⁺ Implanted Si // Japanese Journal of Applied Physics. 1976. V. 15. № 4. P. 601.
6. *Del Guerra A.* et al. Advances in position-sensitive photodetectors for PET applications // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2009. V. 604. № 1. PP. 319–322.
7. *Allen D.* An analysis of the radiation tracking transducer // IRE Transactions on Electron Devices. 1962. V. 9. №. 5. PP. 411–416.
8. *Wallmark J.* A new semiconductor photocell using lateral photoeffect // Proceedings of the IRE. 1957. V. 45. № 4. PP. 474–483.
9. *Lucovsky G.* Photoeffects in Nonuniformly Irradiated p-n Junctions // Journal of Applied Physics. 1960. V. 31. № 6. PP. 1088–1095.
10. *Таубкин И.И., Фример А.И., Лисейкин В.П.* и др. Продольный фотоэффект в областях кремниевых фотодиодов, ОМП, 1983, № 5. С.16.
11. *Матевосян Л., Авджян К., Петросян С., Маргарян А.* Фотоэлектрические свойства гетероперехода p-InSb- n-CdTe, Успехи прикладной физики. Т. 2. № 4. 2014. СС. 403–406.
12. *Gear C.* Graphics in a time sharing environment // Proc. for the Skytop Conf. on Computer System in Experimental Nuclear Phys., USAEC Conf-67031. 1969. PP. 552– 565.

COORDINATE CHARACTERISTICS LINEARITY OF HETEROJUNCTION BASED IR PHOTODETECTOR

S. Petrosyan, G. Khalatyan

ABSTRACT

In the present work theoretical investigation of (p)InSb-(n)CdTe heterojunction based pincushion-type PSD was made. The solution of Lucovsky's equation using the finite element method (FEM), it was found out a distribution of electrical potential and electrical field in thin layer CdTe(n). Next, the current's values passing through ohmic contacts made on borders photosensitive area along the axes X-Y were determined. The linearity of position of the light spot (position linearity) was analyzed based on results, and it was shown that in the case of adding additional layer on the border of active area, which has less resistance than the resistance of active area, the positional linearity increase up to 80%.

Keywords: PSD, heterojunction, photodetector, finite element method.

ՀԵՏԵՐՈՍՆՑՄԱՆ ՎՐԱ ՀԻՄՆՎԱԾ ԻՎ ՖՈՏՈՐՆԴՈՒՆԻՉԻ ԿՈՈՐԴԻՆԱՏԱՅԻՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԻ ԳԾԱՅՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ս.Ս. Պետրոսյան, Գ.Ա. Խալատյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Այս աշխատանքում կատարվել է (p)InSb-(n)CdTe հետերոանցման վրա հիմնված ֆոտոզգայուն տիրույթի բարձիկաձև սահմաններով կոորդինատազգայուն ֆոտոռնդունիչների տեսական ուսումնասիրություն: Լուծելով Լուկովսկու հավասարումը վերջավոր տարրերի մեթոդով, գտնվել են էլեկտրական պոտենցիալի և էլեկտրական դաշտի բաշխվածությունը (n)CdTe բարակ շերտում: Այնուհետև գտնվել են ֆոտոզգայուն տիրույթի ծայրերում արված օհմական կոնտակտներով հոսող հոսանքների արժեքները: Ստացված արդյունքների հիման վրա կատարվել է գծայնության ուսումնասիրություն և ցույց է տրվել, որ եթե ակտիվ տիրույթի սահմաններում ավելացվի ավելի փոքր դիմադրությամբ շերտ, ապա գծայնությունը աճում է մինչև 80%:

Հիմնաբառեր՝ կոորդինատազգայուն ֆոտոռնդունիչ, հետերոանցում, ֆոտոռնդունիչ, վերջավոր տարրերի մեթոդ:

БИОЛОГИЯ

GENETIC RECONSTRUCTION OF AVIAN AND MAMMALIAN DIVERSITY OF AVANA KARAN AND KRAK KARAN CAVES, ARTSAKH

M. Antonosyan¹, L. Harutyunyan², N. Aspaturyan³, L. Yepiskoposyan^{1,4}

¹Institute of Molecular Biology NAS RA

²Scientific Center of Zoology and Hydroecology

³Yerevan State University

⁴Russian-Armenian University

*mantonosyan@gmail.com, leharutyunyan@gmail.com,
narek.aspaturyan@gmail.com, lepiskop@gmail.com*

ABSTRACT

In this paper, the results of novel bulk bone methabarcoding screening of fossil bones encountered from two caves located in Artsakh are presented. The genetic analysis revealed 12 mammalian and 2 bird species inhabiting the region since at least early Holocene. The recovered diversity consists of taxa currently common in the area thus suggesting that no significant turnover happened with faunal diversity during the Holocene.

Keywords: Artsakh, Lesser Caucasus, paleofauna, bulk bone method, genetic reconstruction.

Introduction

Artsakh is a geographically small region located at the eastern end of the Armenian Plateau, in the southeastern part of the Lesser Caucasus mountain

range. The area consists of three mountain ranges: Artsakh, stretching from north to east; Mrav, in the east-western, and Eastern Sevan, in the north-western direction. An average elevation of the region is 1100 m above the sea level. The largest water body is the Sarsang reservoir, and the major rivers are Terter and Khachen.

Series of complex tectonic shifts during Mesozoic have resulted in formation of big number of karst cave systems in Artsakh. Caves act as natural shelters for animals and have been similarly exploited for thousands of years by humans. Studies of cave-fill sediments can increase our understanding of the environmental conditions existed during the formation and evolution of a cave system [1]. In addition, cave sediment deposits are frequently associated with fossil preservation and have proven to be important sites for the reconstruction of past environments [2–6].

During the Late Pliocene and Pleistocene the successive glaciations affected the existing ecosystems, causing reductions in primary subtropical forests thus creating a temperate environment [7]. The geographical position, complex geological structure and big variety of Artsakh landscapes foster the development of highly diverse ecosystems and microclimates, ranging from steppe on the Kura lowland, through dense forests of oak, pine, hornbeam and beech on the lower mountain slopes, to birch and alpine meadows higher up [7]. Although the region has not been thoroughly investigated, the aforementioned environmental conditions significantly favore the biodiversity richness of the region [8], however, there is a little known on the ancient and contemporary mammalian and avian diversity in Artsakh.

The Paleolithic of Artsakh was thoroughly studied and described during ongoing exploration of the Azokh cave. The site yielded three species of *Homo*: *Homo heidelbergensis* [9, 10], *Homo neanderthalensis* [11, 12] and early *Homo sapiens* [10] along with stone artifacts [13] and faunal and botanical remains that provide detailed information on the past ecosystems and environments [7, 14–16]. Azokh cave contains mainly Middle to Late Pleistocene stratified sediment infill [1] whereas the early Holocene of Artsakh stays almost unexamined.

In 2011 the Avana Karan and Krak Karan caves were explored in order to fill the gap in our understanding of early Holocene of the Artsakh region.

Number of bones were observed on the surface of both caves indicating that they acted as shelters for humans and animals at least since Early Holocene.

Bones found in the caves were highly fragmented and futile in morphological identification. In this context, aDNA study of fossils serves as the only effective alternative for mapping faunal diversity [17, 18]. Novel bulk bone metabarcoding method allows distinguishing aDNA extracted from morphologically unidentifiable bone fragments thus providing records of past species diversity [17, 19]. The application of this innovative method excludes the loss of significant data presented in highly fragmented bone remains, which are usually considered as a “scrapheap”. Thus the bulk bone approach reaffirms the results of previous non genetic taxonomy and reveals additional species not identified using morphological traits only [19]. Moreover, even in case of sufficient morphological data the identification of closely related bird species is often impossible [20] and thus requires genetic-based approach.

In current study, for the first time in the region, the bulk bone methabarcoding method was applied to the genetic screening of fossil bones found in Avana Karan and Krak Karan caves. Here we present the results of aDNA analysis of fossil bones and reconstruct the faunal diversity of Artsakh region during Holocene.

Materials and methods

Two cave systems in Shushi region were explored: Avana Karan located on the western side of Shushi Gorge and Krak Karan situated near Karintak village. These two undisturbed sites lie within the Middle to Early Jurassic (Callovian, Oxfordian stages) limestone in the Lesser Caucasus mountain ridge. Avana Karan and Krak Karan were first explored and tested in 2011 and 2014, respectively.

The studied fossil material was collected from the surface of the caves' floor. About 100 bones were encountered from both sites. Radiocarbon dating of acquired bones, conducted by DirectAMS, USA, suggests an age from modern times to about 2,000 years ago. The fossils were highly fragmented and lacked taxonomically significant diagnostic features hampering their morphological identification. In this context, aDNA study of indistinct fossils serves as the only effective tool for the reconstruction of paleofauna.

In this study novel Bulk bone methabarcoding method was applied to fossils in order to reconstruct faunal species diversity [17]. Genetic screening was conducted in Trace and Environmental DNA laboratory, Curtin University, Australia. The detailed description of the method used is described by Murray [19].

Results and discussion

Excellent preservation of aDNA extracted from acquired fossils provides unique information about Holocene biodiversity in Artsakh. Species determination based on ancient DNA profiling has uncovered contemporary mammal and bird taxa. The acquired diversity includes 12 families (10 mammalian, 2 bird) for Krak Karan cave and 3 families (2 mammalian, 1 bird) for Avana Karan cave (Table1). Big number of species recovered from Krak Karan may indicate that the cave was regularly occupied by animals in contrast to Avana Karan which almost continuously hosted humans thus creating strong barrier for animals access.

Table 1

Taxa identified from Krak Karan and Avana Karan caves.

Famaly	Genus	Species	Krak Karan	Avana Karan
Hystricidae	Hystrix	Hystrix indica	✓	
Mustelidae	Meles	Meles meles	✓	
Hyaenidae	Hyaena	Hyaena hyaena	✓	
Canidae	Canis	Canis lupus	✓	
Canidae	Vulpes	Vulpes vulpes	✓	
Felidae	Felis	Felis catus	✓	
Bovidae	Bos		✓	
Bovidae	Capra	Capra hircus	✓	
Bovidae	Ovis	Ovis aries	✓	
Bovidae	Ovis	Ovis orientalis		✓
Cervidae			✓	
Equidae	Equus	Equus asinus	✓	
Leporidae	Lepus	Lepus europeus	✓	
Rhinolophidae	Rhinolophus		✓	
Miniopteridae	Miniopterus	Miniopterus schreibersii		✓
Accipitridae			✓	
Phasianidae			✓	✓

Majority of the obtained sequences was assigned to a species level, however in some cases, as for *Cervidae*, *Accipitridae*, *Phasianidae*, *Equus* and *Rhinolophus*, the identification restricted till family or genus taxa.

The identified assemblage predominantly consists of wild taxa: *Lepus europeus*, *Meles meles*, *Hystrix indica*, *Vulpes vulpes*, *Canis lupus*, *Hyaena hyaena*, *Felis catus*, *Ovis orientalis*, *Miniopterus schreibersii*, *Rhinolophus* and *Cervidae* which are currently inhabiting the Lesser Caucasus region. Domesticated animals *Capra hircus*, *Ovis aries*, *Equus asinus* and *Bos* were also identified.

The reconstructed ornithofauna is represented by the following taxa: *Phasianidae* and *Accipitridae*. The members of these families are also currently inhabiting the area [21].

The majority of the identified species is widely spread in the region, however, population density of some taxa is currently contracted. The quantities of *Hyaena hyaena* (near threatened), *Ovis orientalis* (vulnerable) *Hystrix indica* (least concern) and *Miniopterus schreibersii* (near threatened) are currently strongly declined in Artsakh and Armenia, therefore, these species have been registered in the "Red Book of Armenia".

In whole, the animal species recovered in the caves are mainly typical for woodland and mountainous ecosystems, while the specimens distinctive for rocky, steppe and arid conditions are comparatively less common. Thus the identified diversity of reconstructed fauna allows suggesting that no major climatic shift occurred during Holocene in Artsakh, and animal composition stayed almost untouched across several millennia.

REFERENCES

1. Murray J., Lynch E., Domínguez-Alonso P., & Barham M. Stratigraphy and Sedimentology of Azokh Caves, South Caucasus. In Y. Fernández-Jalvo, T. King, L. Yepiskoposyan & P. Andrews (Eds.), *Azokh Cave and the Transcaucasian Corridor*, Dordrecht: Springer. 2016. PP. 27–54.
2. Jelinek A. The Tabun Cave and Paleolithic Man in the Levant. *Science*, 216. 1982. PP. 1369–1375.

3. *Torres T., Ortiz J.E. & Cobo R.* Features of Deep Cave Sediments: Their Influence on Fossil Preservation. *Estudios Geológicos*, 59, 2003. PP. 195–204.
4. *Dirks P., Kibii J., Kuhn B., Steininger C., Churchill S., Kramers J. et al.* Geological Setting and Age of *Australopithecus sediba* from Southern Africa. *Science*, 328. 2010. PP. 205–208.
5. *Moldovan O., Mihevc A., Mikó L., Constantin S., Meleg I., Petculescu A. et al.* Invertebrate fossils from cave sediments: A new proxy for pre-Quaternary paleoenvironments. *Biogeosciences*, 8. 2011. PP. 1825–1837.
6. *Pickering R., Kramers J., de Hancox P., Ruitere D., & Woodhead J.* Contemporary flowstone development links early hominin bearing cave deposits in South Africa. *Earth and Planetary Science Letters*, 306. 2011. PP. 23–32.
7. *Blain H.* Amphibians and squamate reptiles from Azokh 1. In Y. Fernández-Jalvo, T. King, L. Yepiskoposyan & P. Andrews (Eds.), *Azokh Cave and the Transcaucasian Corridor* Dordrecht: Springer. 2016. PP. 91–210.
8. *Scali S., Arakelyan M., Danielyan F., Corti C., Sindaco R., Leviton A.* Herpetofauna of Armenia and Nagorno-Karabakh. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles //Acta Herpetologica*. 2012. V. 7. № 2. 2011. 355 p.
9. *Fernández-Jalvo Y., King T., Andrews P., & Yepiskoposyan L.* Introduction: Azokh Cave and the Transcaucasian Corridor. In Y. Fernández-Jalvo, T. King, L. Yepiskoposyan & P. Andrews (Eds.), *Azokh Cave and the Transcaucasian Corridor*. Dordrecht: Springer. 2016. PP. 1–26.
10. *King T., Compton T., Rosas A., Andrews P., Yepiskoyan L., & Asryan L.* *Azokh Caves Hominin Remains*. In Y. Fernández-Jalvo, T. King, L. Yepiskoposyan & P. Andrews (Eds.). *Azokh Cave and the Transcaucasian Corridor* Dordrecht: Springer. 2016. PP. 103–106.
11. *Huseinov M., Aliev S., Velichko A., Gadziev D., Djafarov A., Mamedov A. et al.* Main results of the complex research works of the Early Palaeolithic cave site of Azykh (Glavnie itogi kompleksnikh issledovaniy drevnepaleoliticheskoi peshernoj stoiarki Azykh). In *Achievements of Soviet anthropologists*. Baku, 1985.
12. *Kasimova R.* Anthropological research of Azykh Man osseous remains. *Human Evolution*, 16. 2001. PP. 37–44.

13. *Asryan L., Moloney N., & Ollé A.* Lithic assemblages recovered from Azokh Cave 1. In Y. Fernández-Jalvo, T. King, L. Yepiskoposyan & P. Andrews (Eds.), *Azokh Cave and the Transcaucasian Corridor* Dordrecht: Springer. 2016. PP. 85–101.
14. *Van der Made J., Torres T., Ortiz J., Moreno-Pérez L., & Fernández-Jalvo Y.* The new Material of Large Mammals from Azokh and Comments on the Older Collections. In Y. Fernández-Jalvo, T. King, L. Yepiskoposyan & P. Andrews (Eds.), *Azokh Cave and the Transcaucasian Corridor* Dordrecht: Springer. 2016. PP. 117–159.
15. *Parfitt S.* Rodents, Lagomorphs and Insectivores from Azokh Cave. In Y. Fernández-Jalvo, T. King, L. Yepiskoposyan & P. Andrews (Eds.), *Azokh Cave and the Transcaucasian Corridor* Dordrecht: Springer. 2016. PP. 117–159.
16. *Sevilla P.* Bats from Azokh Caves. In Y. Fernández-Jalvo, T. King, L. Yepiskoposyan & P. Andrews (Eds.), *Azokh Cave and the Transcaucasian Corridor* Dordrecht: Springer. 2016. PP. 177–189.
17. *Grealy A., McDowell M., Scofield P., Murray D., Fusco D., Haile J., & Bunce M.* A critical evaluation of how ancient DNA bulk bone metabarcoding complements traditional morphological analysis of fossil assemblages. *Quaternary Science Reviews*, 128. 2015. PP. 37–47.
18. *Haouchar D., Haile J., McDowell M., Murray D., White N., Allcock R. & Bunce M.* Thorough assessment of DNA preservation from fossil bone and sediments excavated from a late Pleistocene–Holocene cave deposit on Kangaroo Island, South Australia // *Quaternary Science Reviews*. 2014. V. 84. PP. 56–64.
19. *Murray D., Haile J., Dortch J., White N., Haouchar D., Bellgard M., Allcock R., Prideaux G. & Bunce M.* (2013). Scrapheap Challenge: A novel bulk-bone metabarcoding method to investigate ancient DNA in faunal assemblages. *Scientific reports*, 3, 3371.
20. *Cohen A. & Serjeantson D.* (1996). *A manual for the identification of bird bones from archaeological sites*, revised edn., London, Archetype Publications.
21. *Adamian M., Klem D.* *A field guide to the birds of Armenia*. American University of Armenia Press, Yerevan, 1997.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ РАЗНООБРАЗИЯ ПТИЦ И МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ ПЕЩЕР АВАНА КАРАН И КРАК КАРАН, АРЦАХ

М. Антоносян, Л. Арутюнян, Н. Аспатуриян, Л. Епископосян

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье представлены результаты нового “bulk bone methabarcoding” метода, использованного при исследовании ископаемых костных останков животных из двух пещер Арцаха. Генетический анализ выявил 12 видов млекопитающих и 2 вида птиц, обитающих в этом регионе, по меньшей мере, начиная с раннего Голоцена. Восстановленное разнообразие включает таксоны, которые в настоящее время обитают на данной территории, что свидетельствует об отсутствии заметных изменений в фауне региона на протяжении Голоцена.

Ключевые слова: Арцах, Малый Кавказ, палеофауна, метод bulk bone, генетическая реконструкция.

ԱՐՑԱԽԻ ԱՎԱՆԱ ԿԱՐԱՆ ԵՎ ԿՐԱԿ ԿԱՐԱՆ ՔԱՐԱՆՁԱՎՆԵՐԻ ԹՈՂՈՒՆՆԵՐԻ և ԿԱԹՆԱՍՈՒՆՆԵՐԻ ԲԱԶՄԱԶԱՆՈՒԹՅԱՆ ԳԵՆԵՏԻԿԱԿԱՆ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՈՒՄԸ

Մ. Անտոնոսյան, Լ. Հարությունյան, Ն. Ասպատուրյան, Լ. Եպիսկոպոսյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Տվյալ աշխատանքում ներկայացված են Արցախի երկու քարանձավներից հայտնաբերված բրածո ոսկորների նորարարական «bulk bone methabarcoding» մեթոդով վերլուծության արդյունքները: Կատարված գենետիկական հետազոտության շնորհիվ հայտնաբերվել են տարածաշրջանը առնվազն վաղ Հոլոցենից բնակեցնող կաթնասունների 12 և թռչունների 2 տեսակներ: Վերականգնված բազմազանությունը ներկայացված է ժամանակակից տաքսոններով, ինչը հնարավորություն է տալիս ենթադրել, որ Հոլոցենի ընթացքում տարածաշրջանի կենդանական աշխարհը նշանակալի փոփոխությունների չի ենթարկվել:

Հիմնաբառեր՝ Արցախ, Փոքր Կովկաս, պալեոֆաունա, bulk bone մեթոդ, գենետիկական վերականգնում:

ОСЛАБЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ЯДА ГЮРЗЫ КАВКАЗСКОЙ (MACROVIPERA LEBETINA OBTUSA) ПРИ ИНГИБИРОВАНИИ ЭНЗИМАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФОСФОЛИПАЗЫ A₂

А.А. Дарбинян, А.Р. Кошаташян, М.В. Антонян, А.В. Восканян

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

*anul85@rambler.ru, koshatashyan.hasmik@gmail.com, antonyan-54@inbox.ru,
arminvosking@gmail.com*

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье определена токсичность ЛД₅₀ яда гюрзы кавказской с ингибированной фосфолипазой A₂ (MLO-ФЛА₂) для мышей при внутрибрюшинном введении. Проведено сравнительное гистохимическое исследование повреждений микроциркуляторного русла мозга крыс при введении MLO-ФЛА₂. Токсичность MLO-ФЛА₂ составила 3.39 мг/кг массы мышей против 1,74 мг/кг при действии интактного яда. Хотя содержание ФЛА₂ в яде гюрзы составляет 14.6%, полученные данные говорят о том, что этот фермент имеет значительный вклад в токсичность яда гюрзы. Ингибирование ФЛА₂ яда кардинально не влияет на вазодеструктивное действие металлопротеиназ, однако замечено некоторое изменение активности микроглии на микрофотографиях капиллярного русла мозга крыс.

Ключевые слова: токсичность яда гюрзы (ЛД₅₀), фосфолипаза A₂, микроглия, геморрагия, капиллярное русло мозга крыс.

Введение

Известно, что яды большинства активоядовитых животных и членистоногих содержат фосфолипазу A₂ (ФЛА₂) [1]. ФЛА₂ ядов по проис-

хождению относятся к секреторным и обычно являются белком с ферментативным свойством. ФЛА₂ – тип фосфолипазы, гидролизующей ацильную цепь фосфолипида в sn-2 положении. При действии на фосфолипид образуется 2-лизофосфолипид и жирная кислота. В sn-2 положении фосфолипида могут находиться различные жирные кислоты, включая арахидоновую и эйкозапентаеновую кислоты. Как правило, активность этих фосфолипаз требует наличия кальция [2]. Хотя для некоторых фосфолипаз замечено, что присутствие ионов Ca²⁺ может быть заменено на Mg²⁺, Sr²⁺ или Ba²⁺ (яды шершней или пчел), но не для яда кобр – здесь показана незаменимость ионов Ca²⁺ [3].

Спектр действия ядовитых ФЛА₂ очень широк – гемолиз эритроцитов, разрушение клеточных мембран, ингибирование слипания тромбоцитов, повреждение сурфактанта легких с ателектазом альвеол и многое другое [4]. ФЛА₂ гюрзы ингибирует агрегацию тромбоцитов, индуцированную АДФ и коллагеном. Такое ингибирование снимается полностью инактивацией каталитического центра ФЛА₂ в случае коллагена и частично, в случае АДФ [5]. В последнее время показано, что нейротоксины змей с фосфолипазной активностью могут проходить внутрь нейронов, специфически связываться с митохондриями и нарушать их функционирование [5].

Целью нашего исследования явилось определение токсичности яда кавказской гюрзы (*Macrovipera lebetina obtusa*, MLO) при необратимом ингибировании ферментативной активности ФЛА₂ яда бромфенацил бромидом (БФБ) и выявление действия такого ингибирования на геморрагические свойства яда.

Материалы и методы

Для ингибирования ферментативной активности ФЛА₂ яда гюрзы использовался БФБ (2,4'-Dibromoacetophenone, MW 277.94, ≥98% SIGMA-ALDRICH). Было взято количество БФБ в соотношении: яд/БФБ, как 10/1. Инкубация проводилась в течение 2 часов при комнатной температуре в растворе фосфатного буфера при pH 7.4. Эксперименты по определению токсичности при внутрибрюшинном введении яда (в/б) были

проведены на 60 половозрелых самцах белых мышей по методу Тейнтера-Мюллера [6]. При гистохимических исследованиях было использовано 11 половозрелых самцов белых крыс линии Wistar. Животным вводился яд гюрзы в дозе 5 мг/кг массы в/б, что соответствует дозе немногим большей 2.5 ЛД₅₀ для яда MLO [7]. Через час после введения препаратов в глубоком наркотическом сне (нембутал в дозе 40 мг/кг веса) мозг извлекался и далее проводилась обработка по гистохимической методике исследований с использованием свежемороженых срезов, зафиксированных 5–10% раствором формальдегида и инкубированных в Са-аденозин-трифосфатной среде [8]. Микрофотографии срезов мозга производились при помощи цифрового окуляра FMA050 AmScope UCMOS09000KPB с использованием объективов х6, х9, х20 и х40.

Результаты

Токсикологические исследования

Данные по определению токсичности яда MLO с ингибированной ФЛА₂ были сравнены с данными по токсичности интактного яда. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно значимом ослаблении токсичности яда, у которого была ингибирована активность ФЛА₂. Токсичность яда гюрзы с ингибированной ФЛА₂ была равна (LD₅₀ ±SE) 3.39±0.13 мг/кг массы мышей, в то время как токсичность интактного яда была равна (LD₅₀ ±SE) 1.74±0.2 мг/кг

Гистохимические исследования

Исследование микроциркуляторного русла мозга крыс были проведены после в/б введения дозы яда теоретически равной летальной дозе 95–100% (5мг/кг массы, в/б). Через 1 час (6 особей) и через 2 часа (4 особи) после введения яда гюрзы, мозг крыс брался на гистохимическое исследование. Исследование показало хорошо выраженную картину разрушенных капилляров микроциркуляторного русла сосудов различных отделов мозга и обилие пятен, образованных мигрирующей микроглией. Более выраженное повреждение сосудов наблюдается в глубоких структурах мозга – продолговатом мозге и базальных ганглиях. Повреждения

сосудов в коре мозжечка, коре гиппокампа и коре больших полушарий выражены относительно слабее (Рис.1).

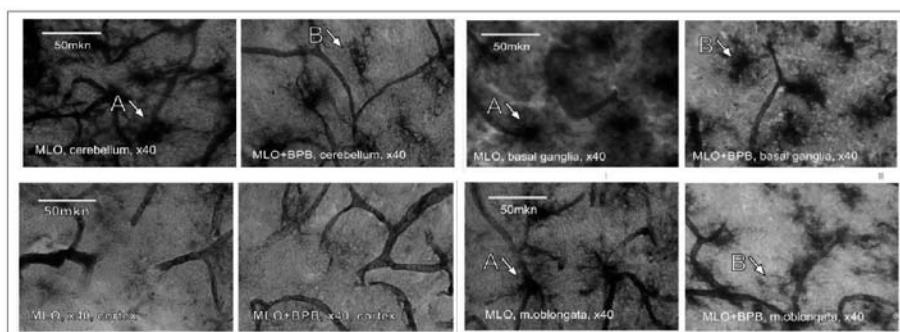


Рис. 1. Состояние микроциркуляторного русла в различных областях мозга крыс при действии интактного яда гюрзы (MLO) и яда с ингибированной ФЛА₂ (MLO+BPB). А и В со стрелками указывают на расположение микроглиальных клеток относительно капилляров. Микрофотографии нормы не приведены.

Анализ гистохимической картины повреждений капиллярного русла показал, что при действии интактного яда наблюдается накопление микроглиальных клеток у сосудов. При действии яда с ингибированной ФЛА₂ степень повреждений сосудов несколько уменьшается. Микроглиальные клетки активированы и выглядят не как массивные цельные затемненные поля (микроглия в стадии макрофагов, [9]), а как звездчатые образования. Очевидным объяснением является более поздняя активация клеток микроглии в отсутствии дополнительного разрушающего воздействия фосфалипазы А₂ яда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов В.Н., Вальцева И.А. Яды змей. М.: УзССР, Ташкент, 252 с. 1977.
2. Dennis E. In: The enzymes. 3 ed., M. 16, N. Y.-L. PP. 307–353, 1983.

3. Мирошников А.И., Грицук В.И., Мещерякова Е.А., Оханов В.В., Туйчибаев М.У., Таимухамедов Б.А. Выделение и характеристика фосфолипазы А₂ из яда шершня *Vespa orientalis* // Биоорг. химия V. 7. № 4. СС. 494–501, 1981.
4. Touqui L., Wu Y.Z. Interaction of secreted phospholipase A₂ and pulmonary surfactant and its pathophysiological relevance in acute respiratory distress syndrome // Acta Pharmacol. Sin. V. 24. № 12. PP. 1292–1296, 2003.
5. Vija H., Samel M., Siigur E., Aaspollu A., Trummal K., Tonismagi K., Subbi J., Siigur J. Purification, characterization, and cDNA cloning of acidic platelet aggregation inhibiting phospholipases A(2) from the snake venom of *Vipera lebetina* (Levantine viper) // Toxicon. V. 54. PP. 429–439, 2009.
6. Randhawa M. Calculation of LD₅₀ values from the method of Miller and Tainter // Ayub. Med. Coll. Abbottabad. V. 21. № 3. PP. 184–185, 2009.
7. Восканян А.В., Антонян М.В., Геворгян С.С. Сравнительное исследование токсического действия ядов Левантийской (*Macrovipera lebetina obtusa*) и Армянской (*Montivipera raddei raddei*) гадюк // Биолог. журн. Армении. Т. 4. № 62. СС. 26–30, 2010.
8. Чилингарян Г.М. Новый Са-аденозинтрифосфатный метод для определения внутриорганного микроциркуляторного русла у кошек // ДАН Арм.ССР. Т. XXXII. СС. 66–71, 1986.
9. Kettenmann H., Verkhratsky A. Neuroglia living nerve glue // Fortschr. Neurol. Psychiatr. V. 79. PP. 588–97, 2011.

**WEAKENING OF LEVANTINE VIPER (*MACROVIPERA LEBETINA*
OBTUSA) VENOM TOXICITY WITH INHIBITED ENZYMATIC
ACTIVITY OF PHOSPHOLIPASE A₂**

A. Darbinyan, H. Koshatashyan, M. Antonyan, A. Voskanyan

ABSTRACT

The toxicity of Levantine viper venom (vMLO, LD₅₀) with inhibited phospholipase A₂ by bromphenacyl bromide (vMLO-PLA₂) in mice via intra peritoneal injections was determined. Comparative histochemical investigation of rat

brain microcirculatory bed damaging injected with vMLO-PLA₂ was investigated. vMLO-PLA₂ toxicity in mice was 3.39 mg/kg versus 1,74 mg/kg for intact vMLO. Although PLA₂ content in vMLO is about 14.6%, it has a significant tribute in venom toxicity. PLA₂ inhibition had no significant influence on hemorrhagic action of vMLO, but some changes in microglial cells activation in microphotographs have been shown.

Keywords: Macrovipera lebetina obtusa venom toxicity LD₅₀, phospholipase A₂, microglia, hemorrhage, rat brain microcirculatory bed.

**ԿՈՎԿԱՍՅԱՆ ԳՅՈՒՐՉԱՅԻ (MACROVIPERA LEBETINA OBTUSA) ԹՈՒՅՆԻ
ՏՈՔՍԻԿՈՒԹՅԱՆ ԹՈՒԼԱՅՈՒՄԸ ՖՈՍՖՈԼԻՊԱԶԱ A₂-Ի ԷՆԶԻՄԱՏԻԿ
ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՃՆՇՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ**

Ա.Ա. Դարբինյան, Հ.Ռ. Քոչատաշյան, Մ.Վ. Անտոնյան, Ա.Վ. Ոսկանյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Որոշվել է կովկասյան գյուրգայի՝ ֆոսֆոլիպազա A₂-ով ճնշված թույնի (MLO-ՖLA₂) ՄԶ₅₀-ի տոքսիկությունը մկների մոտ ներորոպային ներարկման դեպքում: Անցկացվել է MLO-ՖLA₂ ներարկված առնետների գլխուղեղի միկրոշրջանառության վնասվածքների համեմատական հիստոքիմիական հետազոտություն: MLO-ՖLA₂ տոքսիկությունը մկների համար կազմել է 3.39 մգ/կգ՝ ինտակտ թույնի ազդեցության 1.74 մգ/կգ-ի դիմաց: Չնայած գյուրգայի թույնում ՖLA₂-ի պարունակությունը կազմում է 14.6%, ստացված տվյալները փաստում են, որ այս ֆերմենտը նշանակալի ներդրում ունի գյուրգայի թույնի տոքսիկության մեջ: Թույնի ՖLA₂-ի ճնշումը էապես չի ազդում մետալոպրոտեինազների անոթաքայքայիչ ազդեցության վրա, սակայն առնետների գլխուղեղի մազանոթային ցանցի միկրոնկարների վրա նկատվել է միկրոզիայի ակտիվության որոշակի փոփոխություն:

Հիմնաբաներ՝ գյուրգայի թույնի տոքսիկություն (ՄԶ₅₀), ֆոսֆոլիպազա A₂, միկրոզիա, հեմոռագիա, առնետների գլխուղեղի մազանոթային ցանց:

АССОЦИАЦИЯ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА CYP1A2 С ШИЗОФРЕНИЕЙ

*Л.В. Карапетян¹, И.Э. Багдасарян¹, В.О. Айрапетян²,
Р. В. Захарян^{1,2}, А.А. Аракелян^{1,2}*

¹ Российско-Армянский университет

² Институт молекулярной биологии НАН РА

*lizik12345678@mail.ru, inessa-bagdasaryan@rambler.ru, haivard@mail.ru,
roksana.zakharyan@rau.am, arsen.arakelian@rau.am*

АННОТАЦИЯ

Шизофрения относится к эндогенным заболеваниям, которое начинается преимущественно в молодом возрасте, но может проявиться также у детей и в зрелом возрасте. Согласно генетической теории, роль наследственных факторов в развитие заболевания не вызывает сомнений. В клинической практике показано, что эффективность лечения антипсихотиков зависит от индивидуальных полиморфизмов генов, кодирующих молекулярные мишени и метаболизирующие ферменты лекарственных препаратов. В данной работе исследована возможная ассоциация шизофрении с однонуклеотидным полиморфизмом rs762551 гена *CYP1A2*, кодирующего один из ферментов семейства цитохрома P450. В исследование было вовлечено 210 армян (109 больных шизофренией и 101 здоровых лиц), для которых было проведено генотипирование методом полимеразной цепной реакции с аллель-специфичными праймерами (PCR-SSP). Распределения генотипов в группах больных шизофренией и здоровых лиц соответствовало закону Харди-Вайнберга. Согласно полученным данным, частота встречаемости минорной аллели rs762551*С гена *CYP1A2* была выше у больных шизофренией, по сравнению со здоровыми лицами ($p=0.009$, $OR=1.88$, $95\%CI: 1.16-3.05$). Подобная тенденция была получена и для числа носителей минорной аллели.

ли rs762551*С ($p=0.03$, $OR=1.86$, $95\%CI: 1.05-3.29$). Эти данные указывают на то, что исследованный генетический вариант rs762551*С гена *CYP1A2* может служить фактором риска ШФ, по крайней мере, для армянской популяции. Дальнейшие исследования в области фармакогенетики позволят выявить новые варианты, ассоциированные с эффективностью антипсихотических препаратов.

Ключевые слова: CYP1A2, однонуклеотидный полиморфизм, полимеразная цепная реакция с аллель-специфичными праймерами, шизофрения

Шизофрения – хроническое заболевание, имеющее прогрессирующее течение в виде приступов или протекающее непрерывно. Это – тяжелое психическое расстройство, при котором эмоции человека, его мышление, восприятие реальности, память, интеллект, способность критически оценивать собственное состояние и поведение оказывается существенно нарушенным. При этом, со временем все больше утрачивается контакт с окружающей действительностью. Появляется отгороженность от внешнего мира, уединение и замкнутость [1]. Шизофрения относится к эндогенным заболеваниям, начинающимся преимущественно в юном возрасте (17–25 лет), тем не менее, как показывает клиническая практика, данная патология может проявляться как у детей, так и в зрелом возрасте.

Актуальность проведенного исследования заключается в перспективных исследованиях комплексного взаимодействия разных генетических маркеров и их роли в действии антипсихотиков, т.к. данные, относительно фармакогенетики антипсихотиков, ограничены и частично противоречивы.

Согласно генетической теории, которая основана на клинко-статистическом изучении наследственности больных шизофренией, роль наследственных факторов не вызывает сомнений [2]. При рассмотрении индивидуальных полиморфизмов генов, связанных с действием лекарственных препаратов, было выявлено различное действие антипсихотиков, а именно: вариабельность в эффективности и проявлении побочных эффектов. Индивидуальные различия в фармакокинетике психофармакологических препаратов являются следствием вариаций генетического материала, отвечающего за синтез ферментов, которые принимают участие в

обмене соответствующих субстанций. Поскольку уровень психофармакологически активных веществ не коррелирует с терапевтической эффективностью, то появляется необходимость в привлечении фармакодинамических данных [3].

Как известно, основной мишенью действия антипсихотиков является дофаминовая система, главным образом-дофаминовые рецепторы (DR). Это класс трансмембранных метаботропных G-белок-связанных клеточных рецепторов, основным эндогенным лигандом-агонистом которых является дофамин. Дофаминовые рецепторы участвуют в процессах мотивации, обучения, тонкой моторной координации, модулировании нейроэндокринных сигналов. При исследовании действия антипсихотиков на компоненты дофаминовой нейротрансмиссии были обнаружены генетические маркеры, обуславливающие их эффективность. Например, выяснилось, что реакция пациентов на галоперидол, вводимый им на протяжении четырех недель, зависит от их наличия генетического варианта DRD2. Аналогичные исследования были проведены с рисперидоном, обладающим высоким сродством к DRD2, а также с рядом типичных нейролептиков.

Серотониновые рецепторы также взаимодействуют с множеством лекарственных препаратов и их активация запускает внутриклеточные процессы, влияющие на активность других медиаторных систем, таких, как: глутаматной, дофаминовой и ГАМК.

Принимая во внимание тот факт, что метаболизм лекарственных препаратов осуществляется ферментами системы цитохрома P450 (CYP450), в настоящей работе была исследована возможная ассоциация шизофрении с генетическим полиморфизмом одного из членов CYP450, гена, кодирующего полипептид 2 семейства 1, подсемейства A, CYP1A2. Следует отметить, что данный полиморфизм при шизофрении ранее не был исследован.

Данное исследование было проведено в Лаборатории геномики и иммуномики человека Института молекулярной биологии Национальной академии наук Армении (НАН РА). В исследовании было вовлечено 101 больных шизофренией и 109 здоровых лиц. Сбор клинического материала (венозной крови) был проведен из клиник психиатрического медицинского центра Министерства здравоохранения Республики Армения (МЗ РА).

Все пациенты были диагностированы как параноидальные шизофреники двумя независимыми психиатрами и хронически принимали лечение (типичные и/или атипичные антипсихотики). Здоровые субъекты, которые составили контрольную группу, являлись донорами Центра гематологии МЗ РА, не имели семейной истории психических расстройств и не подвергались медицинскому лечению, влияющему на мозг. Субъекты с какими-либо серьезными неврологическими, эндокринными, онкологическими, воспалительными, аутоиммунными, сердечно-сосудистыми, метаболическими или другие расстройства были исключены. Все субъекты исследования были независимыми лицами армянской национальности и дали согласие на участие в исследовании, которое было одобрено Этическим комитетом Института молекулярной биологии Национальной академии наук РА (IRB # 00004079).

У каждого пациента и здорового субъекта собирали десять мл венозной крови. В качестве антикоагулянта использовали ЭДТА. Геномную ДНК выделяли в соответствии со стандартным методом и хранили при -30°C до дальнейшего использования.

Анализ выбранного полиморфизма проводили генотипированием образцов ДНК больных шизофренией и здоровых лиц при использовании полимеразной цепной реакции с аллель-специфичными праймерами (polymerase chain reaction with allele specific primers, PCR-SSP), согласно нижеописанным условиям [4]. Дизайн праймеров проводили в соответствии с последовательностью GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/) для исследованного гена.

Использовали следующие праймеры: 5'-CCA TCT ACC ATG CGT CCT GT-3' для стандартной аллели *CYP1A2* rs762551A, 5'-CCA TCT ACC ATG CGT CCT GG-3' для минорной аллели *CYP1A2* rs762551*C, 5'-GGA GTG GTC ACT TGC CTC TAC T-3' в качестве константного праймера для прекращения реакции амплификации. Присутствие/отсутствие аллель-специфичных ампликонов визуализировалось электрофорезом в 2% агарозном геле в 0.045 М трис-боратном буфере, pH 8.0, содержащем 0.001 М ЭДТА и 0.7 мкг/мл бромистого этидия (флуоресцентный краситель), при использовании прибора для горизонтального электрофореза.

Распределения генотипов в группах больных шизофренией и здоровых лиц соответствовало закону Харди-Вайнберга [5]. Чтобы выявить потенциальную связь этого полиморфизма с шизофренией, были сопоставлены его генотипы, аллели (гены) и частоты фенотипа (процент носительства) у пациентов и контролей. Значение различий между частотами аллелей и фенотипов в исследовательских группах определяли с использованием теста Хи-квадрата Пирсона. Рассчитаны отношение шансов (OR), доверительный интервал 95% (CI) и р-значение Пирсона.

Согласно полученным данным, частота встречаемости минорной аллели rs762551*С гена *CYP1A2* была выше у больных шизофренией, по сравнению со здоровыми лицами ($p=0.009$, $OR=1.88$, $95\%CI: 1.16-3.05$). Подобная тенденция была получена и для числа носителей минорной аллели rs762551*С ($p=0.03$, $OR=1.86$, $95\%CI: 1.05-3.29$). Эти данные указывают на то, что исследованный генетический вариант rs762551*С гена *CYP1A2* может повышать риск шизофрении наряду с другими ранее описанными факторами риска. В дальнейшем планируется исследовать возможные корреляции с клиническими характеристиками больных. Поскольку исследования данного полиморфизма в других популяциях при шизофрении ранее не проводились, необходимы дополнительные данные в области фармакогенетики, позволяющие пояснить роль генетических вариантов *CYP1A2* при данной патологии и описать молекулярные механизмы вовлечения соответствующего белка в шизофрению.

ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization. http://www.who.int/mental_health/en/
2. Психиатрия. Учебное пособие под редакцией А.Э. Мелик-Пашаяна. Ер., Изд-во ЕГМУ. 2011.
3. Балашов А.М. Фармакогенетика в психофармакологии. Соц. и клин. психиатр. Т.18 (1). СС. 89–98, 2008.
4. Bunce M., O'Neill C., Barnardo M., Krausa P., Browning M., Morris P., Welsh K. Phototyping: comprehensive DNA typing for HLA-A, B, C, DRB3, DRB4, DRB5&DQB1 by PCR with 144 primer mixes utilizing

sequence-specific primers (PCR-SSP) // Tissue Antigens. V. 46, N 5. PP. 355–367. 1995.

5. *Salanti G., Amountza G., Ntzani E., Ioannidis J.* Hardy-Weinberg equilibrium in genetic association studies: an empirical evaluation of reporting, deviations, and power // Eur. J. Hum. Genet. V.13, N 7. PP. 840–848. 2005.

ASSOCIATION OF CYP1A2 GENE POLYMORPHISM WITH SCHIZOPHRENIA

L. Karapetyan, I. Baghdasaryan, V. Hayrapetyan, R. Zakharyan, A. Arakelyan

ABSTRACT

Schizophrenia refers to endogenous diseases, which begins mainly at a young age, but can also occur in childhood and adulthood. According to the genetic theory, the role of hereditary factors in the development of this disease is beyond any doubt. In clinical practice it has been shown that the effectiveness of antipsychotics treatment depends on individual polymorphisms of genes encoding molecular targets and metabolizing enzymes of drugs. In this study, a possible association of schizophrenia with the rs762551 single nucleotide polymorphism of the *CYP1A2* gene, encoding one of the cytochrome P450 family enzymes was explored. In total, 210 Armenians (109 patients with schizophrenia and 101 healthy subjects) were involved in this study and were genotyped by polymerase chain reaction with allele-specific primers (PCR-SSP). The distribution of genotypes in the groups of patients with schizophrenia and healthy individuals was in concordance with Hardy-Weinberg equilibrium. According to the data obtained, the rs762551*C minor allele of the *CYP1A2* gene was higher in schizophrenia patients compared to healthy individuals ($p=0.009$, OR=1.88, 95%CI: 1.16-3.05). A similar tendency was obtained for the number of carriers of the rs762551*C minor allele ($p=0.03$, OR=1.86, 95%CI: 1.05-3.29). These data indicate that the studied genetic variant rs762551*C of the *CYP1A2* gene can serve as a risk factor for the schizophrenia, at least for Armenian population. Further studies in the field of pharmacogenetics make it possible to identify new variants associated with the efficacy of antipsychotics.

Keywords: CYP1A2, single nucleotide polymorphism, polymerase chain reaction with allele-specific primers, schizophrenia.

CYP1A2 ԳԵՆԻ ՊՈԼԻՄՈՐՖԻԶՄԻ ԱՍՈՑԻԱՑԻԱՆ ՇԻՉՈՖՐԵՆԻԱՅԻ ՀԵՏ

*Լ.Վ. Կարապետյան, Ի.Է. Բաղդասարյան, Վ.Հ. Հայրապետյան,
Ռ.Վ. Զախարյան, Ա.Ա. Առաքելյան*

ԱՍՓՈՓՈՒՄ

Շիզոֆրենիան պատկանում է էնդոգեն հիվանդությունների շարքին, որոնք հիմնականում սկսվում են երիտասարդ տարիքում, սակայն կարող են հանդիպել նաև երեխաների ու մեծահասակների շրջանում: Գենետիկական տեսության համաձայն, հիվանդության զարգացման գործում ժառանգական գործոնների դերը կասկած չի հարուցում: Կլինիկական պրակտիկան ցույց է տալիս, որ հակափսիխոտիկներով բուժման արդյունավետությունը կախված է գեների այնպիսի պոլիմորֆիզմներից, որոնք կոդավորում են մոլեկուլային թիրախները և դեղերի մետոբոլիկ ֆերմենտները: Այս աշխատանքում ուսումնասիրվել է ցիտոքրոմ P450 ֆերմենտների ընտանիքին պատկանող CYP1A2 ֆերմենտ կոդավորող գենի՝ *CYP1A2*-ի rs762551 եզակի նուկլեոտիդային պոլիմորֆիզմի հնարավոր կապը շիզոֆրենիայի հետ: Ուսումնասիրության մեջ ներգրավված էին 210 հայեր (109 շիզոֆրենիայով հիվանդ և 101 առողջ անձ), որոնց համար իրականացվել է ալել-յուրատիպ պրայմերներով պոլիմերազային շղթայական ռեակցիայի (PCR-SSP) միջոցով գենոտիպավորում: Գենոտիպերի բաշխումը շիզոֆրենիայի և առողջ մարդկանց խմբերում համապատասխանում էր Հարդի-Վայնբերգի օրենքին: Ստացված տվյալների համաձայն, *CYP1A2* գենի rs762551*С միևնույնիստ ալելի հաճախությունը ավելի բարձր էր շիզոֆրենիայով հիվանդների մոտ առողջ անձանց համեմատ ($p=0.009$, $OR=1.88$, $95\%CI: 1.16-3.05$): Նմանատիպ հակում է նկատվել նաև rs762551*С միևնույնիստ ալելների կրողների համար ($p=0.03$, $OR=1.86$, $95\%CI: 1.05-3.29$): Այս տվյալները ցույց են տալիս, որ *CYP1A2* գենի հետազոտված գենետիկական տարբերակը՝ rs762551*С-ը, կարող է հանդիսանալ շիզոֆրենիայի ռիսկի գործոն, առնվազն հայերի համար: Ֆարմակոգենետիկայի բնագավառի հետազոտումն ուսումնասիրությունները թույլ կտան բացահայտել անտիփսիխոտիկ դեղերի արդյունավետության հետ կապված նոր գենետիկական տարբերակներ:

Հիմնաբառեր՝ CYP1A2, եզակի նուկլեոտիդային պոլիմորֆիզմ, պոլիմերազային շղթայական ռեակցիա ալել-յուրատիպ պրայմերներով, շիզոֆրենիա:

ԿԱՐՈՏԻՆՈՒԴՆԵՐԻ ՄԻՆԹԵԶԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ԿԱՆԱԶ ՄԻԿՐՈԶՐԻՍՈՒՌՆԵՐԻ ԿՈՂՄԻՑ

Լ.Հ. Սադաթեյյան¹, Վ.Բ. Գոգինյան¹

¹ՀՀ ԳԱԱ «Հայկենսատեխնոլոգիա» գիտաարտադրական կենտրոն

sn.lusi91@gmail.com, goginyan@mail.ru

ԱՍՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքը նվիրված է տարբեր սթրեսի ֆակտորների ազդեցությանը Հայաստանի ջրերից անջատված միաբջիջ կանաչ միկրոօրգանիզմներից կարոտինոիդների սինթեզի ուսումնասիրմանը: Աշխատանքի արդյունքում որոշվել է միկրոօրգանիզմների կողմից սինթեզվող կարոտինոիդների քանակական և որակական կազմը: Ցույց է տրվել, որ կուլտուրաների աճեցման պայմանների՝ լուսավորության ինտենսիվության փոփոխման դեպքում բոլոր կուլտուրաների մոտ նկատվում են ինչպես ընդհանուր կարոտինոիդների, այնպես էլ քլորոֆիլ *a* և *b*-ի առավել բարձր քանակներ՝ համեմատած մյուս պայմաններով աճեցնելու դեպքում:

Հիմնաբառեր՝ միկրոօրգանիզմներ, կարոտինոիդներ:

Միկրոօրգանիզմները կենսոլորտի գրեթե բոլոր շերտերում տարածված միաբջիջ օրգանիզմներ են: Նրանք հանդիսանում են մի շարք արժեքավոր նյութերի՝ ճարպաթթուների, սպիտակուցների, կարոտինոիդների

¹ Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՆ Գիտության պետական կոմիտեի տրամադրած ֆինանսավորմամբ՝ 16YR-2I029 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

և այլ կենսաբանորեն ակտիվ նյութերի (ԿԱՄ) արտադրիչներ: ԿԱՄ-երի շարքում կարոտինոիդներն արժեքավոր բնական միացություններ են, որոնք մարդու և կենդանիների օրգանիզմում կարևոր դեր են խաղում և անհրաժեշտ են օրգանիզմի բնականոն գործունեության համար, քանի որ հանդիսանում են որպես հակաօքսիդանտներ, ֆոտոպրոտեկտորներ, իմունոխթանիչներ, նախավիտամիններ՝ պաշտպանելով նյարդային, տեսողական, սիրտ-անոթային և մի շարք այլ համակարգերը [1]: Սակայն դրանք մարդու և կենդանիների օրգանիզմում չեն արտադրվում, և դրանց անհրաժեշտ պաշարը օրգանիզմը լրացնում է սննդի միջոցով (որոշ բանջարեղեններ, մրգեր, ձկան միս և այլն) [2]:

Ներկայումս, կենսատեխնոլոգիական եղանակով ստացմանը զուգահեռ կարոտինոիդներ սինթեզում են նաև քիմիական ճանապարհով, սակայն կառուցվածքի բարդության և բազմազանության պատճառով արտադրական պայմաններում դրանց ստացումը մեծ դժվարություններ է ներկայացնում և բերում է շուկայական գնի բարձրացմանը: Ուստի, արդիական է որոնել բնական կարոտինոիդների արդյունավետ արտադրիչներ, որոնք շուկայական արժեքի տեսանկյունից կլինեն մատչելի [3]:

Հայտնի է, որ անբարենպաստ պայմանների՝ աղայնության, pH-ի և լուսավորության կտրուկ փոփոխության դեպքում միկրոօրգանիզմների որոշ տեսակներ, որպես բջջի պաշտպանողական ռեակցիա, սկսում են արտադրել կարոտինոիդներ [4]:

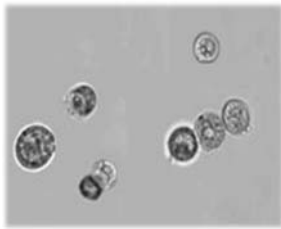
Աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել Հայաստանի ջրերում առավել տարածված որոշ միկրոօրգանիզմների կարոտինոիդներ սինթեզելու ունակությունն ու կարոտինոիդների կազմը առավել լավ արտադրիչ գտնելու նպատակով, ինչպես նաև մշակել կարոտինոիդների առավել բարձր ելք ապահովող պայմաններ:

Նյութեր և մեթոդներ

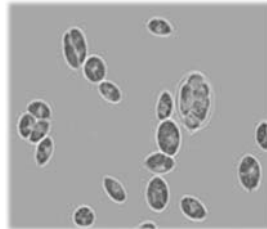
Հետազոտության առարկա

Աշխատանքի համար ընտրվել են Հայաստանի քաղցրահամ ջրերից անջատված որոշ միկրոօրգանիզմներ՝ *Chlorella emersonii*, *Acutodesmus*

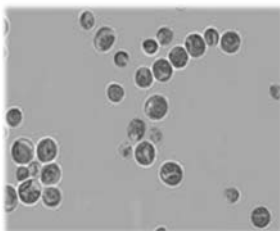
obliquus, *Chlorococcum* sp., *Coelastrella terrestris*, որոնք ընդգրկված են այլընտրանքային էներգիայի աղբյուրների լաբորատորիայի հավաքածուում և կարող են հանդիսանալ կարոտինոիդների պոտենցիալ արտադրիչներ (Նկար 1):



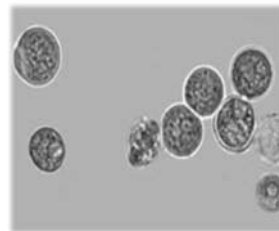
Chlorococcum emersonii



Acutodesmus obliquus



Chlorococcum sp.



Coelastrella terrestris

Նկ. 1. Աշխատանքում ընդգրկված կանաչ միաբջջի միկրոօրգանիզմների տեսակներ:

Կուլտիվացում

Հայաստանի ջրերից միկրոօրգանիզմների անջատման, մաքրման և պահպանման համար օգտագործվել է Տամիայի սննդամիջավայրը (հիմնական լուծույթ(գ/լ)՝ KNO_3 -2,0; KH_2PO_4 -0,3; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -0,3; միկրոտարրերի լուծույթ(գ/լ)՝ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -5,0; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -10,0; $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -0,02; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -0,01; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -0,04; MnSO_4 -1,0; H_3BO_3 -0,6; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ -1,0; ՅՃՏԱ-5,0-10,0: pH-ը -8,5-9):

Միկրոջրիմուռների կողմից կարոտինոիդների սինթեզի համար կուլտուրաներն աճեցվել են երկփուլանի համակարգով՝ տարբեր պայմաններում [4]: Առաջին (կանաչ) փուլում միկրոջրիմուռները կուլտիվացվել են 2 լիտրանոց կոնաձև փորձանոթներում՝ 1 լ ծավալով Տամիայի սննդամիջավայրի վրա, մշտական 1000 լյուքս լուսավորությամբ (Phywe Luxmeter), $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանում համակարգում միկրոօդամղիչների օգնությամբ (ASH-3) սիլիկոնե խողովակներով օդի շուրջօրյա հագեցվածությամբ:

Աճի էքսպոնենցիալ փուլ հասնելուց հետո կուլտուրաները ցենտրիֆուգվել և կուլտիվացվել են այլ պայմաններում (երկրորդ (կարմիր) փուլ)՝ կարոտինոիդների սինթեզը խթանելու նպատակով [5]: Երկրորդ փուլում կուլտուրաներն աճեցվել են չորս տարբեր սթրեսի պայմաններում (Աղյուսակ 1):

Աղյուսակ 1

**Երկրորդ փուլում միկրոջրիմուռների կուլտիվացման պայմանները
Տամիայի սննդամիջավայրում:**

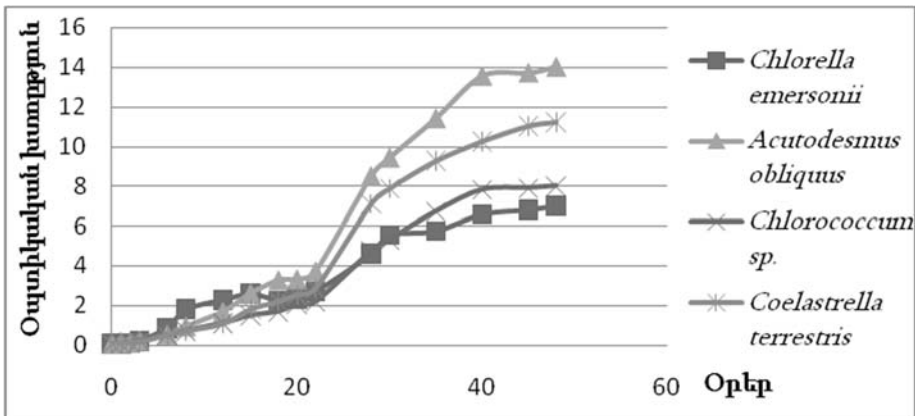
Տամիայի սննդամիջավայր*			
1	2	3	4
Լուսավորության ինտենսիվության փոփոխում՝ միջավայրում կուլտուրայի նոսրացմամբ (53 անգամ)	Առանց ազոտի(N_2) որևէ աղբյուրի	10գ/լ կոնցենտրացի այով նատրիումի քլորիդի (NaCl) ավելացմամբ	1, 2, 3 սյունակներում ներկայացված պայմանների համադրությամբ

Կուլտիվացման մյուս պայմաններն ապահովվել են առաջին փուլին համապատասխան:

Արդյունքներ և քննարկում

Կուլտուրաների աճը գնահատելու համար 540 նմ ալիքի երկարության տակ որոշվել է օպտիկական խտության ($\text{OD}_{\lambda 0} 540 \text{ nm}$, Hitachi U-

2000) և չոր կենսազանգվածի հարաբերությունը: Ապակյա թաղանթային ֆիլտրերով կենսազանգվածը ֆիլտրելուց հետո այն պահվել է 80°C ջերմաստիճանում 24 ժամ (GF/C, 47 mm, Whatman): Միկրոօրգանիզմների օպտիկական խտությունը կուլտիվացման ընթացքում ներկայացված են նկար 2-ում:



Նկ. 2. Միկրոօրգանիզմների աճի դինամիկական կուլտիվացման ընթացքում:

Ընդհանուր կարոտինոիդների, քլորոֆիլ *a*-ի (C_a) և քլորոֆիլ *b*-ի (C_b) քանակները որոշելու համար կատարվել է կարոտինոիդների էքստրակցիա ացետոնով (99.5%, Sigma-Aldrich)՝ 2 մլ կուլտուրալ հեղուկը ցենտրիֆուգվել է (Heraeus, Multifuge 3SR+, 3900 պտ/ր, 12 րոպե), նստվածքի վրա ավելացվել 2 մլ ացետոն և 2 րոպե տևողությամբ հաջորդաբար թափահարվել ու պահվել է սառույցի մեջ: Գործողությունը 3 անգամ կրկնելուց հետո խառնուրդը ցենտրիֆուգվել է (3900 պտ/ր, 20 րոպե) և վերնստվածքային հեղուկը հավաքվել: Գործընթացը կրկնվել է մինչև նստվածքի գունազրկվելը: Այնուհետև ընդհանուր կարոտինոիդների և քլորոֆիլ *a*, *b*-ի քանակները որոշվել են Բեր-Լամբերտի օրենքով՝ սպեկտրոֆոտոմետրի օգնությամբ կլանումը (A) չափելով 470, 630, 647, 664 և 691 նմ ալիքների երկարության տակ: Արդյունքներն ամփոփված են աղյուսակ 2-ում [6,7]:

Միկրոօրյանոսների կազմից սինթեզված քլորոֆիլ *a*-ի, *b*-ի և ընդհանուր կարոտինոիդների քանակները՝ կուլտիվացման տարբեր փուլերում:

Միկրոօրյանոսներ / կարոտինոիդներ	Աճի պայմանները տարբեր փուլերում					
	Աճի էքսպո- նենցիալ փուլ (48-րդ օր)	Երկրորդ փուլի սկիզբ (56-րդ օր)	Լուսավորության ինտենսիվության փոփոխում (նույնացում 53 անգամ)	Կուլտիվացում առանց ազոտի (N ₂) աղբյուրի սննդամիջա- վայրում	Միջավայրում նատրիումի քլորիդի (NaCl) ավելացմամբ (10գ/լ)	Բոլոր պայման- ների համա- դրությամբ
<i>Chlorella emersonii</i>			I	II	III	IV
Քլորոֆիլ <i>a</i>	0,18222	0,13224	0,00249	0,00082	0,00054	7,06082
Քլորոֆիլ <i>b</i>	0,11331	0,28596	0,00149	0,00062	0,00100	9,55282
Կարոտինոիդներ	9,49294	17,7140	0,14873	0,06820	0,01800	0,01977
<i>Chlorococcum</i> sp.						
Քլորոֆիլ <i>a</i>	0,19910	0,10432	0,00266	0,00086	0,00207	0,00331
Քլորոֆիլ <i>b</i>	0,10063	0,21637	0,00332	0,00115	0,00238	0,00672
Կարոտինոիդներ	9,56098	12,2948	0,27859	0,00936	0,05377	0,20867
<i>Coelastrella terrestris</i>						
Քլորոֆիլ <i>a</i>	0,16368	0,11891	0,00535	0,00129	0,00331	0,00043
Քլորոֆիլ <i>b</i>	0,10325	0,27593	0,00759	0,00173	0,00268	0,00049
Կարոտինոիդներ	6,27413	2,98408	0,35418	0,00089	0,10868	0,02822

Ինչպես երևում է աղյուսակ 2-ից, աճի կանաչ փուլից կարմիր փուլի անցման ընթացքում *Chlorella emersonii* և *Chlorococcum* sp. կուլտուրաների մոտ քլորոֆիլ *a*-ի քանակը նվազել է, իսկ ընդհանուր կարոտինոիդների և քլորոֆիլ *b*-ի քանակություններն՝ ավելացել: *Coelastrella terrestris* կուլտուրայի մոտ ընդհանուր կարոտինոիդների և քլորոֆիլ *a*-ի քանակությունը նվազել է, իսկ քլորոֆիլ *b*-ինն՝ աճել:

Ընդհանուր կարոտինոիդների, քլորոֆիլ *a*, *b*-ի քանակության առավել բարձր արդյունք *Chlorococcum* sp. կուլտուրայի մոտ նկատվում է I և IV պայմաններում կուլտիվացման ժամանակ, *Coelastrella terrestris* կուլտուրայի մոտ՝ I և III-րդ պայմաններում, իսկ *Chlorella emersonii* կուլտուրայի մոտ՝ I պայմանում կուլտիվացման ժամանակ: Ընդհանուր կարոտինոիդների առավել բարձր արդյունք նկատվում է II, իսկ քլորոֆիլ *a*, *b*-ի՝ IV պայմանում կուլտիվացման դեպքում:

Կարոտինոիդների կազմը որոշելու համար կատարվել է նրբաշերտային քրոմատոգրաֆիա (ՆՇՔ): Որպես թիթեղ օգտագործվել է ապակյա հիմքով սիլիկազել (Silicagel 60 (Merck) 20*20 սմ կամ 10*20 սմ), իսկ որպես ՆՇՔ լուծիչ-համակարգ՝ պետրոլային եթեր (եռման միջակայքը 65°C-95°C) – ացետոն - պիրիդին 10:4:2.5 ծավալային հարաբերությամբ խառնուրդը: Կարոտինոիդների կազմը որոշվել է ըստ գունանյութի և լուծիչ համակարգի բարձրության հարաբերության (R_f)՝ համեմատելով գրականության տվյալների հետ [8]: Արդյունքներն ամփոփված են աղյուսակ 3-ում:

Ինչպես երևում է աղյուսակ 3-ից, Echinenon չի հայտնաբերվել ոչ մի տեսակի միկրոջրիմուռի մոտ, իսկ *Chlorella emersonii* և *Coelastrella terrestris* տեսակի միկրոջրիմուռների մոտ՝ lutein և astaxantin տեսակի կարոտինոիդներ: Աղյուսակում նշված մնացած բոլոր կարոտինոիդները հայտնաբերվել են վերոհիշյալ միկրոջրիմուռների կուլտուրաների մոտ:

Տարբեր պայմաններում աճեցված կուլտուրաների ՆՇՔ-ների Rf-ը:

Միկրոջրիմուռներ	Կարոտինոիդների կազմը								
Աղյուսակի շարունակություն									
	Astaxanthin (ազատ ձև)	Lutein	Astaxanthin monoester	Chlorophyll <i>b</i>	Chlorophyll <i>a</i>	Astaxanthin	Cantaxanthin	Echinenone	β-carotene
Rf	4-8	38-40	42-43	48	55-56	59-60	63-68	83-86	98-99
<i>Coelastrella terrestris</i>	6,66	-	42,5	48,8	55,9	-	64,44	-	97,77
<i>Chlorella emersonii</i>	5,9	-	42,22	-	55,5	-	64,44	-	97,53
<i>Acutodesmus obliquus</i>	8	38,6	42,4	47,7	54,5	59	64,39	-	98
<i>Chlorococcum</i> sp.	-	37,6	-	47,9	54,4	59	64,39	-	97,96

Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ կուլտուրաների երկփուլանի աճեցման համակարգով կուլտիվացման ժամանակ պայմանների փոփոխման դեպքում I պայմանում (լուսավորության ինտենսիվության փոփոխում՝ սննդամիջավայրում կուլտուրայի նոսրացման միջոցով, աղյուսակ 2) կուլտիվացման ժամանակ բոլոր կուլտուրաների մոտ նկատվում են ընդհանուր կարոտինոիդների, քլորոֆիլ *a* և *b*-ի առավել բարձր քանակներ՝ համեմատած մյուս պայմաններում աճեցնելու դեպքում: Հետևաբար, ելնելով վերը նշվածից, կարելի է եզրակացնել, որ կուլտիվացման I պայմանը խթանում է միկրոջրիմուռների մոտ ընդհանուր կարոտինոիդների սինթեզը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Hussein et al., 2006; Park et al., 2010.
2. Цоглин Л.Н., Пронина Н.А. Биотехнология микроводорослей. М.: Научный Мир, 182 с. ISBN 978-5-91522-325-6, 2012.
3. Кургян А.Г., Печинский С.В., Зилфикаров И.Н. Способы получения каротиноидов, лекарственных препаратов и биологически активных добавок к пище на их основе. Пятигорский медико-фармацевтический институт, 357532, № 6. 2014.
4. Челебеева Э.С. Особенности вторичного каротиногенеза у зеленых микроводорослей. Институт Биологии Южных Морей им. А.О. Ковалевского, Севастополь. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. 2014. 157 с.
5. Fábregas J., Otero A., Maseda A., Domínguez A. Two-stage cultures for the production of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*, Biotechnol, ; 89 (1): 65–71, 2001.
6. Ritchie R. Universal chlorophyll equations for estimating chlorophylls a, b, c, and d and total chlorophylls in natural assemblages of photosynthetic organisms using acetone, methanol, or ethanol solvents. Photosynthetica, 46. PP. 115–126, 2008.
7. Кахнович Л.В. Фотосинтез: Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов, БГУ, 2003. 88 с.
8. Reis A. Laboratorio nacional de energenharia tecnologia industrial, Departamento de energies renovaveis, LNETI/DER-0092/82, Lisboa, 1992.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА КАРОТИНОИДОВ ЗЕЛеныМИ МИКРОВОДОРОСЛЯМИ

Л.О. Сагателян, В.Б. Гогинян

АННОТАЦИЯ

Данная научная статья посвящена изучению синтеза каротиноидных пигментов новыми штаммами культур зеленых одноклеточных микроводорослей,

выделенных из вод Армении в условиях воздействия различных внешних стресс-факторов. Определены качественный и количественный составы синтезированных каротиноидов. Установлено, что при культивировании микроводорослей в условиях интенсивного освещения наблюдается наиболее высокий уровень синтеза как общего количества пигментов, так и хлорофилла *a* и *b*.

Ключевые слова: микроводоросли, каротиноиды.

INVESTIGATION OF SYNTHESIS OF CAROTHINOIDS BY GREEN MICROALGAE

L. Saghatelyan, V. Goginyan

ABSTRACT

The investigation is aimed at the study of the synthesis of carotenoid pigments by new strains of cultures of green unicellular microalgae isolated from Armenian aquatic habitats under the influence of various external stress factors. Qualitative and quantitative compositions of synthesized carotenoids were determined. The highest level of synthesis of the total amount of pigments and chlorophyll *a* and *b* was observed in the cultivation of microalgae under intensive illumination conditions.

Keywords: microalgae, carotenoids.

ХИМИЯ

НОВЫЕ СТИРИЛПРОИЗВОДНЫЕ ПИРИМИДИНОВ И БИЦИКЛИЧЕСКИХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ПИРИМИДИНОВ С УЗЛОВЫМ АТОМОМ АЗОТА

Г.Т. Гукасян¹, А.А. Арутюнян^{1,2}, Г.Г. Данагулян^{1,2}

¹Российско-Армянский университет,

*²Научно-технологический центр органической и фармацевтической
химии Национальной академии наук Республики Армения*

gh.gohar89@mail.ru, harutyunyan.arthur@yahoo.com, gdanag@email.com

АННОТАЦИЯ

Стирилпроизводные пиримидинов и конденсированных пиримидинов, являющиеся гетероциклическими аналогами стильбенов, привлекают внимание исследователей ввиду проявляемой ими биологической активности. Представленная работа описывает исследования по синтезу и биологическому изучению производных пиримидинов и пиридо[1,2-а]пиримидинов с ненасыщенной боковой цепью, сопряженной с гетероциклическим кольцом.

Ключевые слова: аналоги стильбенов, стирилпроизводные пиримидина, бициклические конденсированные пиримидины, узловой атом азота, биологические свойства.

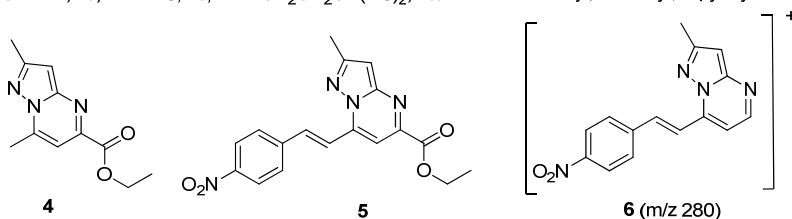
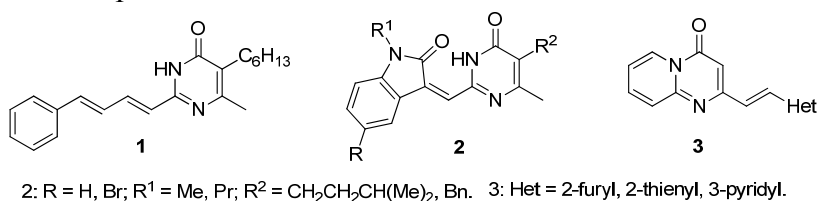
Исследование частично выполнено в Российско-Армянском университете за счет средств, выделенных в рамках субсидии МОН РФ на финансирование научно-исследовательской деятельности РАУ.

Введение

Ранее, взаимодействием 5-замещенных-4-метил-1,6-дигидро-6-пиримидинов с рядом ароматических и гетероциклических альдегидов, нами были синтезированы и изучены 2-[(*E*)-2-гетерил-1-этенил]- и 2-[(1*E*,3*E*)-4-арил-1,3-бутадиенил]-5-замещенные-4-метил-1,6-дигидро-6-пиримидиноны и 2-[(*E*)-2-арил-1-этенил-4Н-пиридо[1,2-а]пиримидин-4-оны, точное строение которых как 2-региоизомеров было доказано РСА [1–3].

Проявляемая рядом синтезированных соединений биологическая активность создала предпосылки для синтеза новых замещенных в положении 2 кольца пиримидинов **1**, **2** и ранее неописанных стирил-производных пиридо[1,2-а]пиримидина **3**, являющегося бициклическим представителем класса конденсированных пиримидинов с узловым атомом азота.

Важно отметить, что в соединениях **2** два гетероциклических фармакофорных фрагмента – пиримидин и изатин, связаны в единую молекулу кратной связью, в результате чего образуется единая цепь сопряжения. Такие гибридные молекулы, сочетающие в структуре различные гетероциклы, могут проявлять спектр биологической активности, не присущий исходным гетероциклам.



Синтез соединений **1,2** осуществлен взаимодействием исходных 5-замещенных 2,4-диметил-1,6-дигидро-6-пиримидинов с коричным альдегидом и 1-замещенными-2,3-индолиндионами в условиях совместного нагревания в присутствии ZnCl₂.

Синтез 2-стирилпроизводных пиридо[1,2-а]пиримидина **3** осуществлен взаимодействием исходного гетероцикла с ароматическими альдегидами в метаноле, в присутствии метилата натрия.

Для подобных структур с протяженной цепью π -сопряжения не менее интересным и неожиданным может оказаться также изучение фотolumинисцентных, эмиссионных, фотовольтаических свойств.

В настоящем исследовании нами изучена возможность получения ранее не известных стирилпроизводных другого класса конденсированных пиримидинов с узло-вым атомом азота – гетероциклической системы пиразоло[1,5-а]пиримидина, исходным соединением для которой явился этиловый эфир 2,7-диметилпиразоло[1,5-а]пиримидин-5-карбоновой кислоты (4).

Материалы и методы

ИК-спектры сняты на приборе “NicoletAvatar 330” в вазелиновом масле. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C получены на приборе Varian “Mercury-300 VX” с частотой 300.8 МГц и 75,46 МГц, в растворе ДМСО- d_6 / CCl_4 : 1/3, внутренний стандарт – ТМС. ТСХ проведена на пластинах марки “Silufol UV-254” в системе бензол – ацетон (2-1), проявитель – пары йода.

Антимонаминооксидазные свойства соединений изучались по их влиянию на деза-минирование серотонина (5-ОТ) моноаминоксидазой (МАО) мозга *in vitro* по описан-ному методу. Антибактериальную активность соединений изучали методами диф-фузии в агар по описанному методу. В экспериментах использовали стандартные эта-лонные штаммы микроорганизмов (Государственный контрольный институт медицинских биологических препаратов им. Л.А. Тарасевича, Россия), отличающиеся по чувстви-тельности к антибактериальным препаратам: два штамма грамположительных стафилококков (*Staphylococcus aureus* 209p и *S. aureus*1) и грамотрицательные палочки (*Shigella flexneri* 6858, *Escherichiacoli* 0-55).

Экспериментальная часть

Общая методика получения соединений 1,2. Смесь 0.01 моля 5-замещенных-2,4-диметил-1,6-дигидро-6-пиримидинонов, 0.01 моля ароматического альдегида и 0.01 моля (1.36 мг) безводного ZnCl_2 нагревают при 170-180 °С на бане Вуда 2 ч. Реакционную смесь охлаждают, остаток обрабатывают водой, выпавший осадок отфильтровывают и перекристаллизуют из ДМФА.

Общая методика получения 2-стирилпроизводных пиридо[1,2-а]пиримидина 3. К раствору 0.01 моля натрия в 30 мл безводного метанола прибавляют 0.01 моля 2-метил-4Н-пиридо[1,2-а]пиримидин-4-она, 0.01 моля соответствующего альдегида и смесь кипятят 5 ч с обратным холодильником. Отгоняют растворитель, остаток обрабатывают водой, выпавший осадок отфильтровывают и перекристаллизовывают из спирта.

5-Гексил-6-метил-2-[(1E,3E)-4-фенил-1,3-бутадиенил]-1,6-дигидро-6-пиримидинон (1). Выход 74,8 %, т.пл. 160-162°C., R_f 0.61. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6 -CCl $_4$), δ , м.д., Γ ц: 0.88-0.93 (м, 3Н, CH $_3$ CH $_2$); 1.25-1.47 (м, 8Н, 4-CH $_2$); 2.23 (с, 3Н, CH $_3$); 2,36-2,42 (м, 2Н, CH $_2$ C $_5$ H $_{11}$); 6.30 (д, 1Н, J 15.2, =CH); 6.85 (д, 1Н, J 15.6, =CH); 6.97 (дд, 1Н, J 15.6, 10.5 =CH); 7.20-7.34 (м, 3Н, 3,3',4-Н Ph); 7.45-7.49 (м, 2Н, 2,2'-Н Ph); 7.59 (дд, 1Н, J 15.2, 10.5 =CH); 12.09 (с, уш. 1Н, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 13.6 (CH $_3$); 20.8 (CH $_3$); 22.0 (CH $_2$); 25.2 (CH $_2$); 27.7 (CH $_2$); 28.9 (CH $_2$); 31.1 (CH $_2$); 122.1, 123.8 (=CH); 126.4 (2-CH $_2$, Ph); 127.2 (=CH); 127.8 (CH, Ph); 128.1 (2-CH, Ph); 136.0, 137.3 (=CH); 137.8 (=CH); 151.7; 158.4; 162.1. Найдено, %: С 78.0, Н 8.18, N 8.48 C $_{21}$ H $_{26}$ N $_2$ O. Вычислено: С 78.22, Н 8.13, N 8.69.

1-Метил-3-[4-метил-5-(3-метил-бутил)-6-оксо-1,6-дигидро-пиримидин-2-илмети-лен]-1,3-дигидроиндол-2-он (2). Выход 60.5 %, т.пл. 240-242°C., R_f 0.62. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6 -CCl $_4$), δ , м.д., Γ ц: 0.98 (д, 6Н, J 6.6, CH $_3$ *izo*-Am); 1.29-1.37 (м, 2Н, CH $_2$ CH); 1.64 (н, 1Н, J 6.6, CH CH $_2$); 2.30 (с, 3Н, CH $_3$); 2.42-2.49 (м, 2Н, CH $_2$ CH $_2$ CH); 3.35 (с, 3Н, NCH $_3$); 7.01 (д, уш. 1Н, J 7.8, C $_6$ H $_4$); 7.10 (тд, 1Н, J 7.8, 0.9, C $_6$ H $_4$); 7.24 (с, 1Н, =CH); 7.37 (тд, 1Н, J 7.8, 1.1, C $_6$ H $_4$); 7.71 (д, уш. 1Н, J 7.6, C $_6$ H $_4$); 14.14 (с, уш. 1Н, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 20.4 (CH $_3$); 22.1 (2-CH $_3$); 23.4 (CH $_2$); 25.9 (NCH $_3$); 27.7 (CH); 36.4 (CH $_2$); 108.7 (CH); 120.5 (CH); 121.8; 122.6 (CH); 126.6; 129.1 (CH); 130.7 (CH); 131.7; 142.4; 149.9; 158.0; 160.3; 166.3. Найдено, %: С 71.35, Н 6.99, N 12.41. C $_{20}$ H $_{23}$ N $_3$ O $_2$. Вычислено: С 71.19, Н 6.87, N 12.45.

2-[(E)]-2-(2-Фурил-2)-1-этенил]пиридо[1,2-а]пиримидин-4-он (3). Выход 38.0 %, т.пл. 188-190°C, R_f 0.63 (ацетон – бензол), 1:2. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 1694 (CO), 1638 (C=C-C=N). Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6 / CCl $_4$: 1/3), δ , м. д., Γ ц: 6.31 (с, 1Н, =CHCO); 6.49 (д.д, 1Н, J 3.3, 1.8, H 4 -фуран); 6.63 (уш.д, 1Н, J 3.3, H 3 -фуран); 6.86 (д, 1Н, J 15.5, =CH); 7.15 (д.д.д, 1Н, J 7.1,

6.6, 1.3, H⁷); 7.55 (д.д.д, 1H, *J* 9.0, 1.3, 0.8, H⁹); 7.57 (уш.д, 1H, *J* 1.8, H⁵-фуран); 7.66 (д, 1H, *J* 15.5, =CH); 7.79 (д.д.д, 1H, *J* 9.0, 6.6, 1.6, H⁸); 8.89 (д.д.д, 1H, *J* 7.1, 1.6, 0.8, H⁶). Найдено, %: С 69.75, Н 5.17, N 11.84. C₁₄H₁₂N₂O₂. Вычислено: С 69.99, Н 5.09, N 11.66.

3-(5-Бензил-4-метил-6-оксо-1,6-дегидро-пиримидин-2-илметилен)-5-бром-1-пропил-1,3-дегидро-индол-2-он. Выход 38.7 %, т.пл. 278-280°C., *R_f* 0.66. ИК-спектр, ν , см⁻¹: Спектр ЯМР ¹H (ДМСО-d₆-CCl₄), δ , м.д., *Гц*: 0.96 (т, 3H, *J* 7.3, CH₃); 1.69 (ск, 2H, *J* 7.3, CH₂CH₃); 2.46 (с, 3H, CH₃); 3.69 (т, 2H, *J* 7.3, CH₂C₂H₅); 3.88 (с, 2H, CH₂ Ph); 6.87 (д, 1H, *J* 8.3, C₆H₅); 7.09-7.15 (м, 1H) и 7.18-7.24 (м, 4H, C₆H₅); 7.36 (с, уш. 1H); 7.43 (дд, 1H, *J* 8.3, 2.1, C₆H₅); 9.50 (д, 1H, *J* 2.1, C₆H₅); 12.80 (с, уш. 1H, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 10.8 (CH₃); 20.2 (CH₃); 20.8 (CH₂); 30.4 (CH₂); 40.9 (NCH₂); 109.4 (CH); 113.5; 121.9; 124.0; 125.4 (CH); 126.7; 127.7 (2-CH); 127.8 (2-CH); 131.8; 132.3 (CH); 133.3 (CH); 138.9; 143.6; 150.5; 161.8; 166.3. Найдено, %: С 62.18, Н 4.55, N 9.13. C₂₄H₂₂BrN₃O₂. Вычислено: С 62.08, Н 4.78, N 9.05.

2-(2-Тиофен-2-ил-этил)-пиридо[1,2-а]пиримидин-4-он. Выход 48.5 %, т.пл. 162-164°C., *R_f* 0.65. ИК-спектр, ν , см⁻¹: Спектр ЯМР ¹H (ДМСО-d₆-CCl₄), δ , м.д., *Гц*: 6.33 (с, 1H, =CH); 6.31 (д, 1H, *J* 15.4, =CH); 7.06 (д.д, 1H, *J* 5.0, 3.6, =CH); 7.15 (д.д.д, 1H, *J* 7.0, 6.7, 1.4, =CH); 7.29 (д.д.д, 1H, *J* 3.6, 1.0, 0.5); 7.39 (д.т, 1H, *J* 5.0, 1.0, =CH); 7.56 (д.д.д, 1H, *J* 9.0, 1.4, 0.8, =CH); 7.80 (д.д.д, 1H, *J* 9.0, 6.7, 1.6, =CH); 7.99 (д, 1H, *J* 15.4, =CH); 8.89 (д.д.д, 1H, *J* 7.0, 1.4, 0.8, =CH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 101.2 (CH); 114.1 (CH); 125.1 (CH); 125.5 (CH); 126.4 (CH); 126.6 (CH); 127.4 (CH); 128.5 (CH); 129.1 (CH); 136.0 (CH); 140.8 (C*); 140.8 (C*); 150.2 (C*); 156.8 (C*); 158.5 (C*). Найдено, %: С 65.47, Н 4.67, N 10.85. C₁₄H₁₂N₂OS. Вычислено: С 65.60, Н 4.72, N 10.93.

Результаты и обсуждение

Установлено, что в условиях реакции, конденсация 5-гексилпроизводного пиримидина с (2*E*,4*E*)-5-фенил-2,4-пентадиеналем протекает регио- и стереоселективно с образованием только одного 1(*E*), 3(*E*)-изомера **1**, а 1-замещенные-3-[1-(5-алкил-4-метил-6-оксо-1,6-дигидро-2-пиримидинил)метилен]-2-индолиноны **2** получаются в виде смеси (*E*)- и (*Z*)-стереоизомеров практически в равном количестве.

Взаимодействие 2-метил-4Н-пиридо[1,2-а]пиримидин-4-она с ароматическими аль-дегидами в вышеописанных условиях протекает гладко с образованием целевых соединений **3**. Такой результат вполне предсказуем, поскольку важной структурной особенностью класса пиридо[1,2-а]пиримидина является наличие в молекуле двух аннелированных π -дефицитных гетероциклов – пиридина и пиримидина, следствием чего можно ожидать повышенной кислотности метильной группы в положении 2-кольца.

Иная ситуация складывается в реакции конденсации этилового эфира 2,7-диметилпиразоло[1,5-а]пиримидин-5-карбоновой кислоты (**4**) с ароматическими альдегидами.

Важной структурной особенностью указанной конденсированной системы является аннелирование π -избыточного пятичленного пиразольного кольца с π -дефицитным пиримидиновым, в связи с чем образуется единая цепь сопряжения, определяющая электронное строение пиразоло[1,5-а]пиримидина и его реакционную способность.

Следует отметить, что в проведенных ранее ЯМР-спектральных исследованиях замещенных пиразоло[1,5-а]пиримидинов было показано, что протоны метильной группы пиримидинового кольца, в отличие от метильной группы цикла пиразола, легко вступают в дейтерообмен с молекулами растворителя, что указывает на их достаточную кислотность. Однако с другой стороны, аннелирование π -дефицитного пиримидинового цикла хоть и со слабым π -избыточным пиразольным кольцом может в определенной степени восполнить электронодефицитность общего цикла и затруднить конденсацию Клайзена за счет метильной группы пиримидинового кольца. Кроме того, немаловажно отметить, что в исследуемом пиразоло[1,5-а]пиримидине, электроноотрицательная этоксикарбонильная группа находится не в *орто*-положении к метильной группе, и, в принципе, не может оказать активирующий эффект на метильную группу.

В этой связи изучены реакции конденсации этилового эфира **4**, в котором имеются две неравноценные метильные группы, с ароматическими альдегидами в различных экспериментальных условиях, применяемых в синтезах стирилпроизводных гетероциклов: нагреванием исходных соединений без катализатора и в присутствии ZnCl_2 при температурах 170–220 °С, в смеси $\text{MeOH} / \text{MeONa}$, $\text{EtOH} / \text{EtONa}$, кипячением в уксусном

ангидриде. Показано, что в результате конденсации этилового эфира 2,7-диметил-пиразоло[1,5-а]пиримидин-5-карбоновой кислоты (**4**) с рядом ароматических альдегидов (4-хлор-, 2,4-дихлор-, 4-бром-, 4-диметиламином, 4-нитробензальдегид) во всех случаях образуются окрашенные в желтый цвет соединения с высокими температурами плавления и плохо растворимые в обычных органических растворителях, что делает невозможным изучение их ЯМР-спектров. В связи с этим, нами предприняты попытки установления строения производного, полученного взаимодействием исходного пиразоло[1,5-а]пиримидина **4** с 4-нитробензальдегидом в смеси MeOH / MeONa.

Предполагаемое строение продукта конденсации **5** предложено нами с учетом имеющихся данных о малой реакционной способности метильной группы пиразольного кольца и на сопоставлении данных элементного анализа и хромато-масс-спектрометрии (GS-MS, прибор Bruker 450-GC-MS, USA). Содержание азота в 4-нитропроизводном **5**, очищенном путем повторного горячего фильтрования суспензии вещества в метаноле, близко к вычисленному. В масс-спектре соединения **5** максимальным является пик с m/z 280, соответствующий соединению **6** и обусловленный, по-видимому, перегруппировкой Мак-Лафферти, протекающей под электронным ударом и характерной для этиловых эфиров кислот.

Изучение антибактериальных и антимоноаминооксидазных свойств синтезированных соединений показало, что они обладают слабой антибактериальной активностью в отношении четырех штаммов грамположительных и грамотрицательных микробов, тормозя рост бактерий в пределах 10-15мм. Вместе с тем отдельные стирилпроизводные в ряду пиримидинов и пиридо[1,2-а]пиримидин-4-она обнаружили некоторые антимоноаминооксидазные свойства.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что 5-замещенные 2,4-диметил-1,6-дигидро-6-пиримидиноны гладко вступают в конденсацию с рядом ароматических альдегидов и 1-замещенными изатинами совместным нагреванием в присутствии $ZnCl_2$ с образованием 2-замещенных пиримидинов с *E*-конфигурацией двойной связи. Аналогичная конденсация 2-метил-4Н-пиридо[1,2-а]пиримидин-4-она с ароматическими альдегидами реализуется в метаноле в присутствии метилата натрия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арутюнян А.А., Паносян Г.А., Галстян М.В., Пароникян Р.В., Степанян Г.М., Сукасян Р.С., Григорян А.С.* (2015). Синтез новых пиримидинов и поликонденсированных азатетрациклов // Сб. трудов «Некоторые успехи органической фармацевтической химии». Ер., НАН РА, вып. 2. СС. 299 –310.
2. *Harutyunyan A., Ghukasyan G., Grigoryan A., Danagulyan G.* (2017). Synthesis of styryl derivatives of pyrimidines and of pyrido[1,2-a]pyrimidine. *Org.Med. Chem. IJ*, v.3(1), 1.
3. *Harutyunyan A.* (2017). Studies in the field of the pyrimidines and polycyclic azaheterocycles synthesis. The dissertation abstract of the doctor of chemical sciences. Republic of Armenia, Yerevan.

NEW STYRYL DERIVATIVES OF PYRIMIDINES AND BICYCLIC CONDENSED PYRIMIDINES WITH A NODAL NITROGEN ATOM

G. Ghukasyan, A. Harutyunyan, G. Danagulyan

ABSTRACT

Styryl derivatives of pyrimidines and condensed pyrimidines, which are heterocyclic analogs of stilbenes, attract attention of researchers due to the biological activity they exhibit. The presented work describes studies on the synthesis and biological investigation of derivatives of pyrimidine and pyrido[1,2-a]pyrimidines with an unsaturated side chain conjugated to a heterocyclic ring.

Keywords: stilbene analogs, styryl derivatives of pyrimidine, bicyclic condensed pyrimidines, nodal nitrogen atom, biological properties.

**ՊԻՐԻՄԻՏԻՆՆԵՐԻ ԵՎ ԿԱՍՐՁԱԿԱՑԻՆ ԱԶՈՏԻ ԱՏՈՄ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ
ԲԻՑԻԿԼԻԿ ՀԱՄԱԿՑՎԱԾ ՊԻՐԻՄԻՏԻՆՆԵՐԻ ՆՈՐ ՍՏԻՐԻԼԱԾԱՆՑՅԱԼՆԵՐ**

Գ.Տ. Ղուկասյան, Ա.Ա. Հարությունյան, Գ.Հ. Դանազուլյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Պիրիմիդինների և համակցված պիրիմիդինների ստիրիլ-ածանցյալները, որոնք հանդիսանում են ստիլբենների հետերոցիկլային նմանակներ, գրավում են հետազոտողների ուշադրությունը՝ ցուցաբերած կենսաբանական ակտիվության պատճառով: Ներկայացված աշխատանքը նկարագրում է կողային, չհագեցած շղթայով պիրիմիդինների և պիրիդո[1,2-a]պիրիմիդինների սինթեզը և կենսաբանական հետազոտությունների արդյունքները:

Հիմնաբառեր՝ ստիլբենների նմանակներ, պիրիմիդինների ստիրիլածանցյալներ, բիցիկլիկ համակցված պիրիմիդիններ, կամրջակային ազոտի ատոմ, կենսաբանական հատկություններ:

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ПИРИМИДИНА И ТЕТРАЗОЛА – ОЖИДАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Г.Г. Данагулян¹, В.А. Островский²

¹Российско-Армянский университет

*²Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)*

gdanag@email.com, va_ostrovskii@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Соединения, сочетающие фрагменты двух гетероароматических систем, – пиримидина и тетразола – представляют интерес в качестве потенциальных биологически активных веществ. Данная научная статья посвящена синтезу гибридных систем на базе отмеченных гетероциклов. Исходные фрагменты синтезированы в двух различных лабораториях – в Ереване и Санкт-Петербурге.

Ключевые слова: тетразол, пиримидин, гибридные системы, конденсация, биологическая активность.

Введение

Представленная работа посвящена совместным исследованиям армянских и российских ученых по синтезу и последующему изучению биологической активности гибридных систем, содержащих пиримидиновое и тетразольное кольца.

Известно, что одним из магистральных направлений в современной химии биологически активных веществ является синтез соединений, со-

держащих фрагменты двух и более фармакофорных групп, которые способны соединяться с рецепторами активных центров живых систем. К числу наиболее востребованных гетероциклических систем, нашедших применение в фармации, несомненно, относится пиримидин, который не только входит в состав многих природных веществ, играющих важную роль в живых организмах, но и оказался основным фрагментом в молекулах многих классов лекарств, таких, как: противоопухолевые препараты фторурацил, фторафур и метотрексат, антибактериальные сульфаниламидные препараты сульфадимезин, сульфадиазин, сульфадиметоксин, снотворные и психотропные фенобарбитал и веронал и многие другие.

Тетразол, впервые полученный Бладином относительно недавно, в 1985г., обладает уникальными свойствами. В его молекуле содержится 80% связанного азота. Это соединение отличается высоким значением запасенной химической энергии – значение энтальпии образования $\Delta H_f = 3370$ кДж/кг, поэтому входит в состав многих взрывчатых веществ. По содержанию азота и значению энтальпии образования тетразол несколько уступает азиду водорода, но в отличие от последнего является стабильным, малотоксичным и безопасным в обращении веществом. Уникальность этой гетероциклической системы состоит и в том, что она не будучи природным веществом (в отличие от пиримидина) оказалась весьма активной биологически и за короткое время вошла в состав многих лекарств. Известно, что в настоящее время в медицине применяются десятки лекарств, активные компоненты которых – субстанции, содержат тетразольный цикл. Кроме антибиотиков цефалоспоринового ряда (Cefazolin, Ceftezol), применение нашли тетразолсодержащие лекарства, которые отличаются высокой эффективностью и селективностью действия. Из этого ряда можно отметить препараты с антиаллергенным действием (Pranlucast, Tazanoplast, Pemiropast), гипотензивные средства (Losartan, Valsartan, Candesartan, Irbesartan), антикоагулянты (Cilostazol), диуретики (Azosemid). Поэтому ожидаемо, что сочетание двух биоактивных систем – пиримидина и тетразола, может привести к получению перспективных биоактивных препаратов.

Пиримидины и тетразолы являются уникальными представителями класса гетероциклов, поскольку одни из них признаны важнейшими составляющими биогенных и фармакофорных компонентов, а другие в

последние годы активно и успешно применяются при создании лекарств, «умных» полимерных материалов и сенсорных систем для электроники и экологии. Сочетание в создаваемых «гибридных системах» пиримидинов и тетразолов позволит в полной мере реализовать потенциал обеих систем, гарантирует взаимодополняемость целевых параметров и обеспечит, в ряде случаев, синергизм полезных свойств.

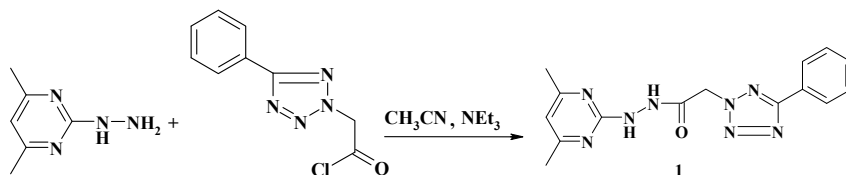
Информация о соединениях, сочетающих в молекуле изолированные пиримидиновый и тетразольный циклы, достаточно ограничена. Значительно больше информации о конденсированных тетразолопиримидинах, в том числе и в работах армянских химиков [1]. Однако, как правило, подобные системы находятся в равновесии с соответствующими ациклическими азидопроизводными и поэтому достаточно проблематично и маловероятно их применение в качестве лекарств не только сегодня, но и в будущем.

Материалы и методы

На основе 2-гидразино-4,6-диметилпиримидина, его конденсацией с некоторыми соединениями, содержащими тетразольный цикл, осуществлены разведочные опыты, позволяющие уверенно предсказать возможность синтеза различных типов соединений, сочетающих пиримидиновое и тетразольное кольцо. Так, осуществлено взаимодействие хлорангидрида 5-фенилтетразол-2-уксусной кислоты с 2-гидразино-4,6-диметилпиримидином. В результате конденсации с выходом 78% получен N-(4,6-диметилпиримидин-2-ил)-2-гидразид 5-фенил-2*H*-тетразол-2-ил)уксусной кислоты. В спектре ЯМР ^1H присутствуют сигналы протонов обоих фрагментов молекулы. По данным ЯМР ^1H , данное соединение в ДМСО существует в виде двух ротамеров, поскольку присутствуют дублирующие сигналы отдельных групп. Ниже приведен спектр соединения:

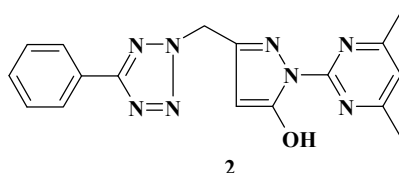
Спектр ЯМР ^1H (DMSO), δ , м.д.: 2.26 с [6H, 4,6-(CH₃)₂, *E*], 2.33 с [6H, 4,6-(CH₃)₂, *Z*], 5.62 с (2H, CH₂), 6.58 с (1H, NHC₄N₂H, *E*), 6.71 с (1H, NHC₄N₂H, *Z*), 7.57–7.60 м (3H, C₆H₅), 8.06–8.09 м (2H, C₆H₅), 8.90 с [1H, NHC(O), *E*], 9.09 с [1H, NHC(O), *Z*], 9.79 с (1H, C₄N₂H, *Z*), 10.40 с (1H, C₄N₂H, *E*). Однако, по данным рентгеноструктурного анализа в кристаллическом состоянии, из-за фиксации структурных фрагментов межмолеку-

кулярной водородной связью возможность образования ротомеров отсутствует.



Взаимодействием тетразолильного производного ацетоуксусного эфира с 2-гидразино-4,6-диметилпиримидином отмечено образование пиразольного кольца за счет циклизации трехатомного C-C-C-фрагмента дикарбонильного соединения с гидразиновым фрагментом. В результате с выходом 66% получен 1-(4,6-диметилпиримидин-2-ил)-3-[(5-фенил-2H-тетразол-2-ил)метил]-1H-5-гидроксипиразол. Это еще одно перспективное направление развития исследований в данном направлении.

Строение обоих веществ подтверждено спектрами ЯМР, ИК, масс-спектрометрически, а также в случае соединения 1 также РСА.



По данным прогноза (PASS, 3D QSAR), соединения 1 и 2 могут обладать различными видами биологической активности. Описанные конденсации указывают на возможность проведения более развернутых синтетических исследований по получению различных классов полигетероциклических соединений, сочетающих пиримидиновое и тетразольное кольцо.

Перспективы

Научная программа последующих совместных исследований включает выполнение следующих этапов:

1. Прогнозирование свойств целевых соединений и систем с применением современных компьютерных технологий и специализированного программного обеспечения для отбора наиболее перспективных соединений-лидеров в конкретных направлениях.

2. Направленный синтез «гибридных» соединений-лидеров, исследование их молекулярного строения, физико-химических и специальных свойств (биологическая активность, ион-селективность, биodeградируемость, сорбционная емкость и т.д.).

3. Создание полимерных матриц на основе ненасыщенных «гибридных» гетероциклических систем для получения материалов с заданными эксплуатационными характеристиками.

4. Разработка многокомпонентных модельных составов и материалов на основе полученных «гибридных» соединений-лидеров.

Начаты работы по биологическому исследованию синтезированных и планируемых к получению веществ в различных научных центрах РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Sirakanyan S., Spinelli D., Geronikaki A., Kartsev V., Panosyan H., Ayvazyan A., Tamazyan R., Frenna V., Hovakimyan A.* // Tetrahedron. 2016, 72, 1919.

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF SOME HYBRID SYSTEMS ON THE BASIS OF PYRIMIDINE AND TETRAZOLE – EXPECTATIONS AND PROSPECTS

G. Danagulyan, V. Ostrovskii

ABSTRACT

Compounds that combine fragments of two heteroaromatic systems – pyrimidine and tetrazole are of interest as potentially biologically active compounds. The work is devoted to the synthesis of hybrid systems based on the afore-mentioned heterocycles. The initial fragments were synthesized in two different laboratories – in Yerevan and St. Petersburg.

Keywords: tetrazole, pyrimidine, hybrid systems, condensation, biological activity.

**ՊԻՐԻՄԻՏԻՆԻ ԵՎ ՏԵՏՐԱԶՈԼԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ ՈՐՈՇ ՀԻՔՐԻԴԱՅԻՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶ ԵՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔ՝ ՍՊԱՍՈՒՄՆԵՐ ԵՎ
ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐ**

Գ.Հ. Դանագույան, Վ.Ա. Օստրովսկի

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Երկու հետերոարոմատիկ համակարգերի՝ պիրիմիդինի և տետրազոլի հատվածներ համատեղող միացությունները, հետաքրքրություն են ներկայացնում որպես պոտենցիալ կենսաբանորեն ակտիվ միացություններ: Աշխատանքը նվիրված է նշված հետերոցիկլերի հիման վրա հիբրիդային համակարգերի սինթեզին: Ելային հատվածները սինթեզվել են երկու տարբեր լաբորատորիաներում՝ Երևանում և Մանկտ-Պետերբուրգում:

Հիմնաբառեր՝ տետրազոլ, պիրիմիդին, հիբրիդային համակարգեր, կոնդենսում, կենսաբանական ակտիվություն:

РЕЦИКЛИЗАЦИИ ЙОДМЕТИЛАТОВ АМИДА И НИТРИЛА 4,6-ДИМЕТИЛПИРИМИДИНИЛУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ В ПРОИЗВОДНЫЕ НИКОТИНОВОЙ КИСЛОТЫ

*Г.Г. Данагулян^{1,2}, Л.С. Хачатрян^{1,2}, А.Г. Данагулян²,
М.Р. Аракелян²*

¹Российско-Армянский университет,

²Институт органической химии Научно-технологического центра органической и фармацевтической химии Национальной академии наук Республики Армения

*gdanag@email.com, xachatryan.lusene@mail.ru, adanag@email.com,
meline.arakelyan1993@mail.ru*

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье изучено взаимодействие иодметилатов амида и нитрила 4,6-диметилпиримидинилуксусной кислоты, с некоторыми биоактивными аминами – триптамином и замещенными в пиразольном кольце N-пиразолилэтиламинами. Показано, что в результате взаимодействия образуются соответствующие производные никотинамида и нитрила никотиновой кислоты, содержащие в положении 2 пиридинового кольца замещенную аминную группу введенного в реакцию аминного реагента.

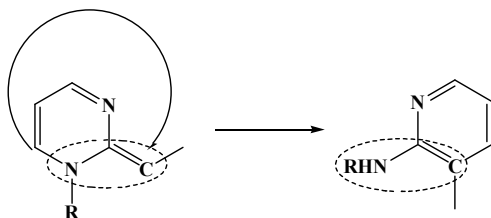
Ключевые слова: пиримидин, рециклизация, перегруппировка, никотиновая кислота, амин.

Исследование частично выполнено в Российско-Армянском университете за счет средств, выделенных в рамках субсидии МОН РФ на финансирование научно-исследовательской деятельности РАУ.

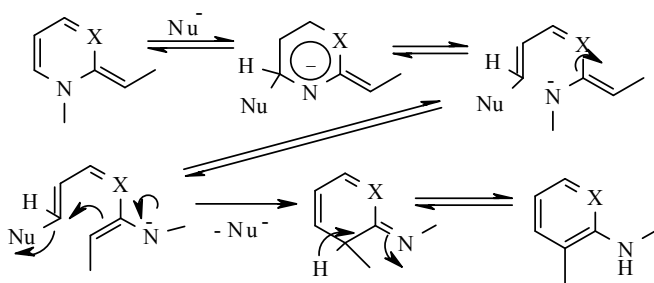
Введение

Межклассовые превращения (рециклизации) гетероароматических систем представляют не только теоретический, но и практический интерес, поскольку позволяют в одну стадию получать соединения, часто недоступные иными синтетическими путями. Это в полной мере относится и к енаминовым рециклизациям пиримидинов, пиридинов и других азидов, в том числе и конденсированных.

Ранее изомеризационные перегруппировки пиримидинов в производные пиридина осуществлены в ряду пириимидиниевых солей и конденсированных пиримидинов с узловым атомом азота [1–4]. Подобные реакции в ряду солей замещенных 2-алкилпиримидинов протекают при действии первичных аминов, приводя к получению производных пиридина. Формально, реакция протекает с выходом одного из атомов азота из пириимидинового кольца и его замещением атомом углерода, расположенного в положении 2 исходной молекулы.

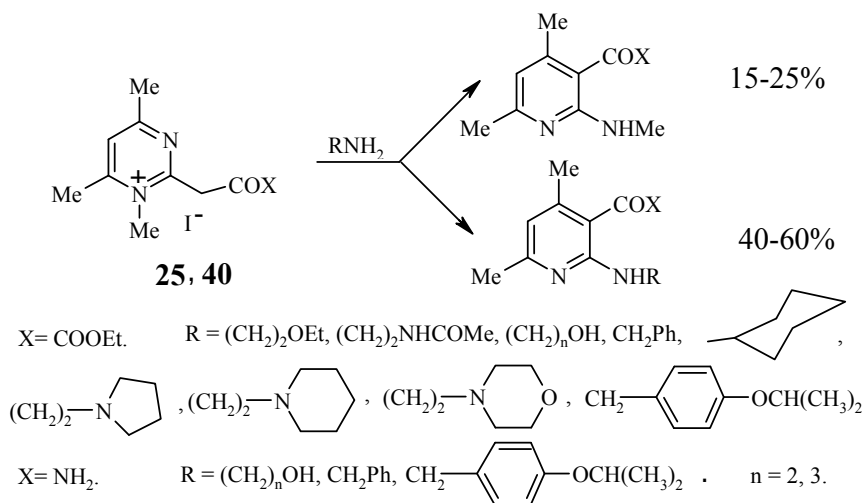


Однако было доказано, что реакция идет через внутримолекулярную рециклизацию, проходя 3 последовательно протекающие стадии, – атаку нуклеофильного реагента (в данном случае первичного амина, раскрытие кольца и последующую повторную циклизацию, с вовлечением во вновь образующееся пиридиновое кольцо внециклического атома углерода).



X = CH; N.

Позднее были обнаружены и осуществлены рециклизации различных солей 1,2-диалкилпиримидиния, протекающие под действием алкиламинов, при которых реакция сопровождается включением аминного фрагмента реагента в продукт перегруппировки (енаминовая перегруппировка Коста-Сагитуллина с включением фрагмента реагента) [5–8].

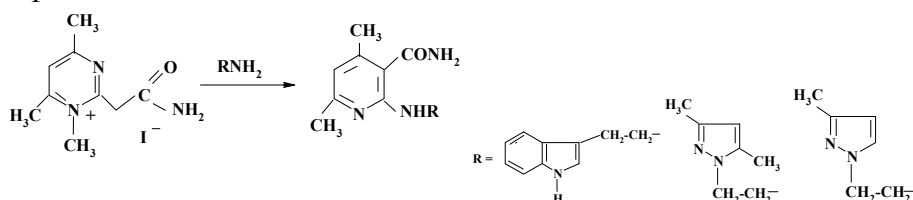


Подобные реакции были осуществлены с участием и различных аминов, включая биогенные амины и биологически активные вещества, содержащие первичные аминные группы, что позволяло в одну стадию получать потенциально биоактивные соединения, содержащие фрагменты биоактивной аминной группы и производного биогенной никотиновой кислоты. Интерес к таким превращениям связан еще и с возможностью осуществления подобных реакций в самом организме, поскольку многие лекарства пиримидинового ряда содержат в своей молекуле структурные фрагменты, необходимые для реализации описанных трансформаций.

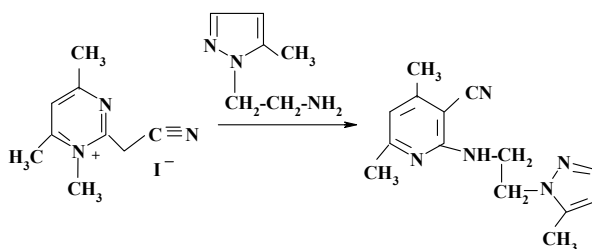
Результаты и обсуждение

Продолжая цикл работ в этом направлении, мы попытались использовать обнаруженное превращение с внедрением аминного фрагмента реагента для введения остатков различных биогенных групп, в том числе и содержащих биоактивные гетероциклы, в иные производные замещенной никотиновой кислоты амиды и нитрилы.

Нами изучено взаимодействие иодметилатов амида и нитрила 4,6-диметил-пиридин-2-уксусной кислоты с триптамином и некоторыми замещенными в пиразольном кольце β-(N-пиразолил)этиламинами. Показано, что как и в ранее опубликованных работах, трансформация протекает в нескольких направлениях и ее результат зависит от условий проведения реакций. Основным продуктом превращений, как правило, является продукт перегруппировки с включением фрагмента соответствующего аминного реагента. Однако частично реакция протекает и по классической схеме изомеризационных рециклизаций, с получением амида или нитрила 2-метиламино-4,6-диметилникотиновой кислоты, а также продукта деметилирования исходной соли.



Как показали наши опыты, более избирательно протекает реакция с циан-производным. В этом случае, в основном, получается продукт перегруппировки с обменом аминного фрагмента. По-видимому, введение более электроноакцепторной группы способствует реализации перегруппировки с обменом, за счет увеличения скорости реакции на завершающей стадии превращения – циклизации, что предотвращает протекание реакций в конкурирующих направлениях.



Характерным для спектров всех соединений никотинового ряда является проявляющийся в относительно сильном поле (5,9–6,2 м.д.) сигнал 5-Н пиридина, тогда как в исходных пиридиниевых солях соответствующий протон 5-Н проявляется в области 8–8,5 м.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Sagitullin R., Kost A., Danagulyan G.* // Tetrahedron Lett. 1978, № 43. P. 4135.
2. *Кост А.Н., Сагитуллин Р.С., Данагулян Г.Г.* // ХГС, 1978, № 10. С. 1400.
3. *Кост А.Н., Сагитуллин Р.С., Данагулян Г.Г.* // ХГС, 1977, № 4. С. 558.
4. *Данагулян Г.Г., Бояхчян А.П., Сафарян А.А.* // ХГС, 1995, № 11. С. 1577.
5. *Данагулян Г.Г., Саакян Л.Г., Тадевосян Д.А.* // ХГС, 2004, № 4. С. 560.
6. *Danagulyan G., Sahakyan L., Katrytzky A., Denisenko S.* // Heterocycles, 2000. V. 53, № 2. P. 419.
7. *Данагулян Г.Г., Саакян Л.Г., Катрицкий А.Р., Денисенко С.Н.* // ХГС, 1999, № 11. С. 1572.
8. *Данагулян Г.Г., Саакян Л.Г., Паносян Г.А.* // ХГС, 2001, № 3. С. 351.

RECYCLIZATIONS OF AMIDE AND NITRILE IODOMETHYLATES OF 4,6-DIMETHYLPYRIMIDINYLACETIC ACID INTO DERIVATIVES OF NICOTINIC ACID

G. Danagulyan, L. Khachatryan, A. Danagulyan, M. Araqelyan

ABSTRACT

The interaction of amide and nitrile iodomethylates of 4,6-dimethylpyrimidinylacetic acid with certain bioactive amines – tryptamine and N-pyrazolethylamines substituted in the pyrazole ring was studied. It is shown that the interaction results in the corresponding derivatives of nicotinamide and nicotinic acid nitrile, containing in position 2 of the pyridine ring the substituted amine group of the amine reagent introduced into the reaction.

Keywords: pyrimidine, recyclization, rearrangement, nicotinic acid, amine.

**4,6-ԴԻՄԵԹԻԼՊԻՐԻՄԻԴԻՆԻԼՔԱՑԱԽԱԹԹՎԻ ԱՄԻՂԻ ԵՎ ՆԻՏՐԻԼԻ
ՅՈՂՄԵԹԻԼԱՏՆԵՐԻ ՌԵՑԻԿԼԱՑՈՒՄՆԵՐԸ՝ ՆԻԿՈՏԻՆԱԹԹՎԻ
ԱԾԱՆՑՑԱԼՆԵՐԻ**

Գ.Հ. Դանագուլյան, Լ.Ս. Խաչատրյան, Ա.Գ. Դանագուլյան, Մ.Ռ. Առաքելյան

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Հետազոտվել է 4,6-դիմեթիլպիրիմիդինիլքացախաթթվի ամիդի և նիտրիլի յոդմեթիլատների փոխազդեցությունը որոշ կենսաակտիվ ամինների հետ՝ տրիպտամինի և պիրազոլային օդակում տեղակալիչներ պարունակող N-պիրազոլիլեթիլամինների հետ: Ցույց է տրվել, որ փոխազդեցության արդյունքում առաջանում են նիկոտինամիդի և նիկոտինաթթվի նիտրիլի համապատասխան ածանցյալներ, որոնք պիրիդինի օդակի 2-րդ դիրքում պարունակում են ռեակցիայի մեջ ներգրավված ամինային ազդակի տեղակալված ամինային խումբը:

Հիմնաբառեր՝ պիրիմիդին, ռեցիկլացում, վերախմբավորում, նիկոտինաթթու, ամին:

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

МАТЕМАТИКА

Абрамян Л.Р. Характеризация сверхтождеств, определенных по равенству	5
Ավագյան Ա.Հ., Դավթյան Գ.Վ. Երեք խորանարդների գումարի խնդրի մասին	11
Берберян С.Л. О некоторых граничных особенностях непрерывных функций класса	23
Дарбинян А.А., Туманян А.Г. О нетеровости и индексе полуэллиптических операторов со специальными коэффициентами	29
Карапетян Г.А., Петросян Г.А. Построение приближенных решений задачи Дирихле в полупространстве для регулярных уравнений	34
Маргарян В.Н. Гиперболические с весом многочлены	40

ИНФОРМАТИКА

Ափօյան Թ.Փ., Վաղրայան Վ.Գ. Новый подход к разработке spellchecker-ов (на примере восточно-армянского литературного языка)	44
Արությունյան Գ.Ա., Նախատյան Ս.Ս., Մելքումյան Լ.Գ., Գասարյան Ա.Վ. Имитационная система тестирования и диагностики для территориально-распределенных сетевых систем	50
Մելքոնյան Ա.Ա. Фрактальная размерность как индикатор степени озлокачивания клетки	62
Օրսանյան Ա.Ս., Տարսիսյան Ս.Գ., Իսիրյան Ն.Գ. Реализация запросов к онтологиям учебных ресурсов	68
Տարսիսյան Կ.Ր. Построение модели знаний системы поддержки принятия решений для диагностики реализуемости ИКТ-проектов	78

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ФИЗИКА

Ավետիսյան Վ.Գ., Բաղդասարյան Ա.Ա., Դավթյան Բ.Ա. Сканер автоматического комплекса для определения параметров антенн миллиметрового диапазона по измерениям их ближнего поля	86
Դարյան Ա.Վ., Դադոսյան Ս.Ր. Оценка спектральной эффективности ортогональной многочастотной модуляции	94
Մայիլյան Ս.Ս., Ավետիսյան Գ.Ս. Խողովակով՝ մածուցիկ հեղուկի շարժման մեխանիկայի հիմնական խնդիրները	102

Овакимян О.А., Погосян Г.М. К вопросу разработки организационно-программной системы обеспечения безопасности отдельных сегментов интернета	121
Петросян С.Г., Халатян Г.А. Линейность координатной характеристики ик фотоприемника на основе гетероперехода	127

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

БИОЛОГИЯ

Antonosyan M., Harutyunyan L., Aspaturyan N., Yepiskoposyan L. Genetic reconstruction of avian and mammalian diversity of Avana Karan and Krak Karan caves, Artsakh	138
Дарбинян А.А., Кошаташян А.Р., Антонян М.В., Восканян А.В. Ослабление токсичности яда гюрзы кавказской (<i>Macrovipera Lebetina Obtusa</i>) при ингибировании энзиматической активности фосфолипазы А2	146
Карапетян Л.В., Багдасарян И.Э., Айрапетян В.О., Захарян Р.В., Аракелян А.А. Ассоциация полиморфизма гена CYP1A2 с шизофренией	152
Մաղաբեյան Լ.Հ., Փոփինյան Վ.Բ. Կարոտինոիդների սինթեզի ուսումնասիրումը կանաչ միկրոօրգանիզմների կողմից	159

ХИМИЯ

Гукасян Г.Т., Арутюнян А.А., Данагулян Г.Г. Новые стирилпроизводные пиримидинов и бициклических конденсированных пиримидинов с узловым атомом азота	169
Данагулян Г.Г., Островский В.А. Синтез и строение некоторых гибридных систем на базе пиримидина и тетразола – ожидания и перспективы	178
Данагулян Г.Г., Хачатрян Л.С., Данагулян А.Г., Аракелян М.Р. Рециклизации йодметилатов амида и нитрила 4,6-диметилпиримидинилуксусной кислоты в производные никотиновой кислоты	184

Главный редактор – М.Э. Авакян
Редактор – Э.А Рухкян
Корректор – М.Р. Тадевосян
Компьютерная верстка – А.Г. Антонян

Адрес Редакции научных изданий
Российско-Армянского
университета:

0051, г. Ереван, ул. Овсена Эмина, 123
тел./факс: (+374 10) 27-70-52 (внутр. 42-02)
e-mail: redaction.rau@gmail.com

Заказ № 26
Подписано к печати 12.06.2018г.
Формат 70х100¹/₁₆. Бумага офсетная № 1.
Объем 12 усл. п.л. Тираж 200 экз.