

---

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

# ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Физика-математикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



# ВЕСТНИК ПГУ

Физико-математическая серия  
Издается с 1997 года

№ 2 (2018)

---

Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

**Физико-математическая серия**  
выходит 4 раза в год

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на учет, переучет периодического издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 17023-Ж

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

**Тематическая направленность**  
публикация материалов в области физики, математики,  
механики и информатики

**Бас редакторы – главный редактор**

Тлеукенов С. К.

*доктор ф.-м.н., профессор*

Заместитель главного редактора

Испулов Н. А., *к.ф.-м.н., доцент*

Ответственный секретарь

Куанышева Р. С.

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Отелбаев М. О., *д.ф.-м.н., профессор, академик НАН РК*

Уалиев Г. У., *д.ф.-м.н., профессор, академик НАН РК*

Рахмон А. Х., *доктор PhD (Пакистан)*

Ткаченко И. М., *д.ф.-м.н., профессор (Испания)*

Демкин В. П., *д.ф.-м.н., профессор (Россия)*

Бактыбаев К. Б., *д.ф.-м.н., профессор*

Кумеков С. Е., *д.ф.-м.н., профессор*

Куралбаев З., *д.ф.-м.н., профессор*

Оспанов К. Н., *д.ф.-м.н., профессор*

Донбаев К. М., *д.-ф.-м.н.*

Ибраев Н. Х., *д.ф.-м.н.*

Кутербеков К. А., *д.ф.-м.н., профессор*

Шокубаева З. Ж., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

**МАЗМҰНЫ**

**ИНФОРМАТИКА**

**Абишева А. Ж.**

Электрондық құжат айналымында электрондық қолтаңба  
– ұжымдық, топтық қолтаңбаларды пайдалану .....6

**Муслимова А. З., Алиппаева Д. Ж., Мауленов К. С.**

Кездейсоқ нүктелерді үлестіру жолымен сөйілту ұсынысқа  
негізделген экстрация белгілерінің экспресс әдісінің мүмкіндіктері .....14

**Хан С. И., Даутов А. О., Капинос А. А., Сайдаев Х. А.**

ЖОО-нда корпоративті автоматтандырылған  
ақпараттық басқару жүйесін құрудағы қиыншылықтар .....24

**МАТЕМАТИКА**

**Бейсенби М. А., Сулейменова С. Т.**

Үш параметрлі құрылымдық орнықты бейнелеу  
сыныбында бір кіріс және бір шығысты бейсызықты  
нысандарын робасты орнықтылығы жоғары потенциалды  
басқару жүйелерін зерттеу .....30

**Павлюк И. И., Павлюк Ин. И.**

Топтар теориясындағы Дж. Уайголд мәселері .....40

**ФИЗИКА**

**Гученко С. А., Лауринас В. Ч., Касымов С. С.,**

**Завацкая О. Н., Юров В. М.**

Көп элементті жабындыларды лазерлік легірлеу .....48

**Жүзбаев С. С., Сабитова Д. С.**

Біртекті ортада серпімді толқындардың  
таралуын компьютерлік моделдеу .....57

**Мажит З.**

Шала иондалған сутекті плазмадағы ионизация үдерістері .....71

**БАҒЫТТАР БОЙЫНША ҒЫЛЫМИ-МЕТОДОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР**

**Калиева А. Б., Берикханова Г. Е**

Жаратылыстану бағытта даярланатын студенттердің информатика  
пәні бойынша өздік жұмыстарын ұйымдастырудың ерекшеліктері .....80

**Султангазин А. А., Найманова Д. С.**

РНР-де экранға шығару мүмкіндіктері, айнмалылар  
және қарапайым арифметикалық амалдар .....88

Авторларға арналған ережелер.....97

**СОДЕРЖАНИЕ****ИНФОРМАТИКА**

<b>Абишева А. Ж.</b> Использование электронной подписи – коллективной, групповой подписи в электронном документообороте .....	6
<b>Муслимова А. З., Алиппаева Д. Ж., Мауленов К. С.</b> Возможности экспресс метода экстракции признаков, основанного на идее разреженного представления путем распределения случайных точек .....	14
<b>Хан С. И., Даутов А. О., Капинос А. А., Сайдаев Х. А.</b> Проблемы создания корпоративной автоматизированной информационной системы управления в ВУЗе .....	24

**МАТЕМАТИКА**

<b>Бейсенби М. А., Сулейменова С. Т.</b> Исследование систем управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости нелинейными объектами с одним входом и с одним выходом в классе трехпараметрических структурно-устойчивых отображений .....	30
<b>Павлюк И. И., Павлюк Ин. И.</b> О проблеме Дж. Уайгolda в теории групп .....	40

**ФИЗИКА**

<b>Гученко С. А., Лауринас В. Ч., Касымов С. С., Завацкая О. Н., Юров В. М.</b> Лазерное легирование многоэлементных покрытий .....	48
<b>Жүзбаев С. С., Сабитова Д. С.</b> Компьютерное моделирование распространения упругих волн в однородной среде .....	57
<b>Мажит З.</b> Процессы ионизации в частично ионизированной водородной плазме .....	71

**НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОТРАСЛЯМ**

<b>Калиева А. Б., Берикханова Г. Е.</b> Особенности организации самостоятельной работы по информатике студентов естественного направления подготовки .....	80
<b>Султангазин А. А., Найманова Д. С.</b> Возможности вывода на экран, переменные и простейшие арифметические операции в PHP .....	88
Правила для авторов.....	97

**CONTENT****INFORMATICS**

<b>Abisheva A.</b> Use of electronic signature – collective, group signature in electronic document reference .....	6
<b>Muslimova A. Z., Alipayeva D. Zh., Maulenov K. S.</b> Possibilities of express recognition method based on random distribution of points .....	14
<b>Khan S. I., Dautov A. O., Kapinos A. A., Saidayev H. A.</b> Problems of creating a corporate automated information management system in high school .....	24

**MATHEMATICS**

<b>Beisenbi M. A., Suleimenova S. T.</b> Research of control systems with high potential of robust stability of nonlinear objects with one input and one output in the case of three-parameter structurally stable mappings .....	30
<b>Pavlyuk I. I., Pavlyuk In. I.</b> On J. Whigold problem in theory of groups .....	40

**PHYSICS**

<b>Guchenko S. A., Laurinas V. Ch., Kasymov S. S., Zavatskaya O. N., Yurov V. M.</b> Laser decomposition of multi-element coatings .....	48
<b>Zhuzbayev S. S., Sabitova D. S.</b> Computer simulation of elastic waves propagation in a homogeneous medium .....	57
<b>Mazhit Z.</b> Ionization processes in partially ionized hydrogen plasmas .....	71

**SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BRANCH RESEARCHES**

<b>Kaliyeva A. B., Berikkhanova G. E.</b> Features of the organization of independent work on informatics of students of the natural direction of preparation .....	80
<b>Sultangazin A. A., Naymanova D. S.</b> Possibles of screening, variable and simple arithmetic operations in PHP .....	88
Rules for authors.....	97

FTAMP 004.056.5

**А. Ж. Абишева**

докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., 050010, Қазақстан Республикасы  
e-mail: ak\_maral@mail.ru

**ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰЖАТ АЙНАЛЫМЫНДА  
ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚОЛТАҢБА – ҰЖЫМДЫҚ,  
ТОПТЫҚ ҚОЛТАҢБАЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ**

*Мақалада, қазіргі кезде адамдардың күнделікті өмірінің ажырамас бөлігіне айналған ақпараттық технологияларда ақпараттық қауіпсіздікті тиісті деңгейде қамтамасыз ету мәселелеріне шолу жасалған. Электрондық сандық қолтаңба технологияларының мағынасы толық ашылған және оларды құрудың бірқатар артықшылықтары келтірілген. Оның ішінде ұжымдық, топтық қолтаңбаларды құру әдістеріне талдау жасалып, оларды енгізудің тәжірибелік маңызы көрсетілген. Қазіргі таңда қолданылатын алгоритмдердің ішінде Шнорр қолтаңба схемасы – дискретті логарифмдеу қиындығына негізделген жүйелердің бірі. Алгоритмнің ұтымды жақтарын ескере отырып, позициялық емес санау жүйесіне негізделген алгоритмнің модификациясы ұсынылған, оны ұжымдық электрондық сандық қолтаңба жүйесіне икемдеу жоспарланған.*

*Аталған санау жүйесіне негізделген алгоритм ерекше қызығушылық тудырады, себебі бұл жағдайда генерациялау мен тексеру процедураларының ең үлкен өнімділігі қамтамасыз етіледі.*

*Кілтті сөздер: электрондық құжат, электрондық сандық қолтаңба (ЭСҚ), ұжымдық қолтаңба, топтық қолтаңба, позициялық емес санау жүйесі, ашық кілт, жабық кілт.*

**КІРІСПЕ**

Қазіргі жаһандану жағдайында және Интернеттің өсуінің ықпалымен, жаңа технологияларға жиі жүгіну шұғыл қажеттілікке айналды. Ақпараттық технологиялар қазіргі заманғы адамдардың күнделікті өмірінің ажырамас

бөлігі болды. Ақпараттық қауіпсіздікті тиісті деңгейде қолдау үшін, ресурсты интенсивті есептеуге негізделген барлық жаңа криптографиялық алгоритмдер әзірленуде. Ақпараттық ресурстардың түпнұсқалығы мен құпиялылығын қамтамасыз ету сияқты маңызды мәселелерді шешуде деректердің қолжетімділігі және криптографиялық механизмдердің жұмысымен байланысты уақытша кідірістер ақпараттық жүйелердің маңызды қасиеттерінің бірі [1].

Пайдаланушының іс-әрекеттерін жеке деректердің құпиялылығын қорғау шараларымен сәйкестендіру, түпнұсқаландыру және сәйкестендіруді қамтамасыз ету ақпараттық жүйелердің пайдаланушылары мен электронды құралдардың аппараттық-бағдарламалық кешендерін қоса алғанда, жалпыға қолжетімді электронды ресурстардың шынайылығына байланысты ең көп таралған қауіп-қатерді азайтады. Бұл электронды коммерцияның ұлттық сегментінде, электронды төлемдер, банк және Интернет-ресурстар арқылы ұсынылатын басқа да ақпараттық-коммуникациялық қызметтердегі бұрмалаушылықты болдырмайды [2].

Қазақстан Республикасының аумағында мемлекеттік мекемелерде және коммерциялық ұйымдарда электрондық құжат айналымына жаппай көшуге және электрондық қолтаңба технологиясын пайдалануға байланысты электрондық қолтаңбаны қолдануды талдау өзекті мәселе болып табылады. Бұл үшін қауіпсіздікке қатысты қатер сценарийлерінің жіктелуін жасау және жинақтау қажет. Ең қауіпті қатер – қол қоюға жіберген кезде құжатты ауыстыру. Қауіптің бұл түрі түбегейлі жаңа қорғаныс схемаларын құруды талап етеді.

**НЕГІЗГІ БӨЛІМ**

Қазақстандағы электрондық сандық қолтаңба түсінігі салыстырмалы түрде жақында пайда болды. Ал электрондық сандық қолтаңбаның пайда болу тарихына үңілетін болсақ, «Электронды сандық қолтаңба» түсінігін 1976 жылы Уитфилд Диффи, Мартин Хеллман және Ральф Меркли криптографтары ұсынған. Электрондық сандық қолтаңба (ЭСҚ) – осы электронды құжатқа (хабарламаға) сәйкес келетін кейбір қосымша ақпарат, ол құпия кілттің иесі ғана жасауы мүмкін және ол қолтаңбаның жеке кілтіне сәйкес келетінін анықтау үшін арнайы алгоритмді пайдалануға мүмкіндік береді. Электрондық сандық қолтаңба сандық хабарларға қол қоюға және құрылатын сандық қолтаңбалардың дұрыстығын тексеруге мүмкіндік беретін криптографиялық жүйе (алгоритмдер мен ережелер жиынтығы) [3].

ЭСҚ құрудың бірнеше әдістері бар, атап айтқанда:

– симметриялық алгоритмдер негізінде электрондық құжаттың шифрлауы. Бұл схема жүйеде екі тараптың сеніміне ие арбитр – үшінші тараптың болуын көздейді. Осы схемадағы құжатты авторизация жасауы

– электрондық құжатты құпия кілтпен шифрлау және оны арбитраға беру фактісі.

– асимметриялық шифрлау алгоритмдерін қолдану. Құжатқа қол қою фактісі жіберушінің құпия кілтін шифрлау болып табылады.

– алдыңғы идеяның дамуы ЭСҚ-ның ең кең тараған схемасы – асимметриялық алгоритм көмегімен хэш функциясы арқылы электрондық құжатты өңдеудің соңғы нәтижесін шифрлау болды.

Қолдану мақсатына байланысты ЭСҚ схемаларын құрудың басқа топтық қолтаңба, сенімді қолтаңба және т.б әдістері бар. Бұл түрлердің пайда болуы электронды құжаттарды электронды түрде беру және өңдеу арқылы шешілетін міндеттердің алуан түріне байланысты.

ЭСҚ-ның бірқатар артықшылықтарын келтірейік:

– қолтаңбаның түпнұсқалығы, яғни құжатты алушының көмегімен оның қол қоюшыға тиесілігін дәлелдей алады;

– қол қайталап қойылмайды; яғни құжатта қолтаңбасы бар адам ғана осы құжатқа қол қою мүмкіндігі бар екенін дәлелдейді.

– қолтаңба тасымалдаусыз, яғни ол құжаттың бір бөлігі, сондықтан оны басқа құжатқа тасымалдау мүмкін емес.

– қолтаңбасы бар құжатқа өзгеріс енгізуге мүмкіндіктің жоқтығы.

– қолтаңба талқыланбайды.

– қолында қолтаңбаның үлгісі бар кез-келген адам, құжатқа қол қойған адамның қолтаңбаның иесі екеніне көз жеткізуі мүмкін [4].

Қазіргі уақытта электрондық сандық қолтаңбаның стандартты жүйелерін енгізу міндеттерімен қатар, ұжымдық және топтық қолтаңбаларды енгізудің тәжірибелік маңызы бар. Ұжымдық қолтаңба ұғымы топтық қолтаңбаның кеңінен белгілі тұжырымдамасына сәйкес келеді, бірақ мәні бойынша бұл ұғымдар өзгеше және әртүрлі мәселелерді шешетін криптографиялық хаттамаларды құру үшін пайдаланылады. Топтық қолтаңбасының хаттамасында, белгілі бір топтың кез-келген пайдаланушысы қолтаңбаны қалыптастырған нақты тұлғаларды анықтауға уәкілетті субъектілер бар болса, барлық топтың атынан қолтаңбаны жасай алатындығын шешу үшін шешіледі, ал басқа ұйымдар мұны жасай алмайды.

Ұжымдық қолтаңба бір мезгілде келісімшартқа (электрондық құжатқа) қол қою хаттамаларын өте қарапайым түрде жүзеге асыруға мүмкіндік береді, себебі ол бірыңғай бөлінбейтін трансформация нәтижесінде қалыптасады және жеке немесе өзге де қысқартылған ұжымдық қолдарға бөлінбейді. Сонымен қатар, оны кеңейте алмайды, яғни ол бір немесе бірнеше пайдаланушылардың қосымша қолтаңбасымен қосылуы мүмкін [5].

Топтық қолтаңбаны екі пайдаланушы арасында емес, қатысушылардың тобына жиі алмасқан жағдайда қажет. Топтық қолтаңба схемасы кейбір топқа

құжатты бірге қол қоюға мүмкіндік береді. Топтық электрондық сандық қолтаңба әдеттегіден ерекшеленетін келесі қасиеттерге ие:

– қолтаңбаның авторы топтың мүшелері ғана болуы мүмкін;

– кез-келген уақытта оның авторы топтың мүшесі екеніне көз жеткізуге болады;

– топтан кімнің қолтаңба авторы екендігін анықтау мүмкін емес [6].

Ұжымдық электрондық сандық қолтаңба (ҰЭСҚ) құрастырылатын хаттамасына мынадай қосымша талаптар қабылданады:

– біртұтастығы – ҰЭСҚ-нан басқа пайдаланушылардың басқа жиынына сәйкес келетін дұрыс қолтаңбаны есептеу мүмкін емес;

– пайдаланушылардан тәуелсіздік – ҰЭСҚ олардың саны мен құрамына қарамастан, кез-келген пайдаланушылардың тобымен құрылуы мүмкін;

ҰЭСҚ-ның біртегіздігі кілттің жасалуы – ҰЭСҚ генерациялау процедурасының аралық кезеңдерінде туындайтын барлық мәндер кейбір хабар үшін дұрыс қолтаңбалар болмауы керек;

– ажырамастық – бұл ұжымдық қолтаңба үшін басқа ұжымдық қолтаңбаны қалыптастыру мүмкін емес.

Ұжымдық қолтаңба хаттамасының негізгі идеясы ретінде пайдаланушылардың ашық кілттерінің функциясы болып табылатын ұжымдық ашық кілтті қолдану тұжырымдамасы қабылданды.  $U_1, U_2, \dots, U_m$ , жиынындағы тиісті ашық кілтті иеленуші кейбір пайдаланушылардың кейбір жиынының ашық ұжымдық кілті  $y = f(y_1, y_2, \dots, y_m)$ . ҰЭСҚ-ның қалыптасуының жалпы схемасы төменде келтірілген талаптарды қанағаттандыратын арнайы алгоритмдер мен хаттамалар түрінде келесі күрделі есеп айырысу мәселелерін қолдана отырып іске асырылады:

– үлкен қарапайым модуль арқылы ірі қарапайым дәрежелі түбірлерді алу;

– үлкен тәртіптегі мультипликативтік топтағы дискретті логарифм;

– арнайы типті эллиптикалық қисық нүктелерінің тобында дискретті логарифм.

Осы аталған күрделі есептердің біріне жататын позициялық емес санау жүйесі (ПЕСЖ) негізінде ҰЭСҚ алгоритмін құру жұмыстары жүргізілуде. Аталған санау жүйесіне негізделген алгоритм ерекше қызығушылық тудырады, себебі бұл жағдайда генерациялау мен тексеру процедураларының ең үлкен өнімділігі қамтамасыз етіледі.

ПЕСЖ-сін дәстүрлі емес алгоритмдер мен кодтау әдістерін құрастыруда және зерттеуде, шифрлауда, электрондық сандық қолтаңбаны (ЭСҚ) қалыптастыруда пайдалану, осы криптографиялық рәсімдердің айтарлықтай сенімділігін арттыруға, ЭСҚ-ның ұзындығын азайтуға және ЭСҚ-ны қателерді анықтау және бірлік қателерді түзету қасиеттерімен толықтыруға мүмкіндік береді [7].

Қазіргі таңда RSA, DSA, Эль-Гамаль, ГОСТ Р34.10-94, ГОСТ Р34.11-94, ГОСТ Р34.10-2001, Шнорр, Диффи-Хеллман алгоритмдері қолданылады. Соның ішінде Шнорр схемасы дискретті логарифмдеу қиындығына негізделген жүйелердің бірі. Шнорр қолтаңбасы схемасының артықшылығы – салыстырмалы түрде қысқа қолдың ұзындығын қамтамасыз ететін мұндай нақты іске асу нұсқасын таңдау мүмкіндігі.

Мұндағы жалпы параметрлер:  $p, q$  – үлкен жай сандар,  $p - 1, q - 1$  -ге бөлінеді  $g \in Z_p^*$ ; группасының тудырушы элементі;  $k$  – кездейсоқ сан,  $1 < k < q$ ;  $y = g^k \bmod p$  – ашық кілттің жасалуы;

Кілтті генерациялау

$M$  хабарламаға арналған қолтаңбаны есептеу келесі қадамдарды қамтиды.

1 Бір реттік құпия кілттің рөлін атқаратын кездейсоқ сан қалыптастырылады  $r$ ,  $1 < r < q$ .

$$2 R = g^r \bmod p \text{ есептеледі.}$$

3  $M$  хабарламаға  $R$  саны қосылады, және  $M || R: E = H(M || R)$  мәнінен  $H$  хэш-функциясы есептеледі.  $E$  мәні қолтаңбаның бірінші бөлігі болып табылады.

4 Қолтаңбаның екінші бөлігі есептеледі:  $S = r + kE \bmod q$ , мұндағы  $k$  – құпия кілт.

Қолтаңбаны тексеру.

$$1 R' \text{ мәнін есептеу керек: } R' = g^S y^{-E} \bmod p.$$

2  $M$  хабарламаға  $R'$  саны қосылады және  $M || R'$ : мәнінен  $H$  хэш-функциясы есептеледі:  $E' = H(M || R')$ .

3  $E$  және  $E'$  мәндері салыстырылады. Егер  $E = E'$  болса, онда қолтаңба дұрыс деп саналады [8].

Алгоритмнің ұтымды жақтары ескере отырып позициялық емес санау жүйесінде қарастыру және оны ұжымдық ЭСҚ жүйесіне икемдеу жоспарланған. ПЕСЖ негізінде модификацияланған Шнорр алгоритмін қысқаша сипаттайық.

Кілттерді генерациялау

Позициялық емес санау жүйесін құрамыз, ол үшін  $p_1, p_2, \dots, p_n$  жай сандарын таңдаймыз  $P = p_1 || p_2 || \dots || p_n$ .

$P_i - 1 = 0 \pmod{q_i}$ ,  $i = \overline{1, n}$  шартты қанағаттандыратын  $q_1, q_2, \dots, q_n$ , - үлкен жай сандар,  $0 < g_1, g_2, \dots, g_n < P$ ,  $g_i^{q_i} = 1 \bmod p_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  есептейміз.

Жалпы ашық кілт  $AK = \{P, Q, G, Y\}$ , яғни  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ,  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ ,  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ ,  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$

Жабық кілт  $JK = \{k_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

$k_i < q_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  кездейсоқ сандарын таңдаймыз,  $g_i^{k_i} \bmod p_i = y_i$ ,  $i = \overline{1, n}$

1 Қолтаңба үшін  $1 < r_i < q_i$  кездейсоқ сандарын таңдаймыз,

$$y_i = g_i^{r_i} \bmod p_i, \quad i = \overline{1, n}$$

$$2 R_i = g_i^{r_i} \bmod p_i, \quad i = \overline{1, n},$$

$$3 E_i = H(M || R_i), \quad i = \overline{1, n}$$

$$S_i = r_i + k_i \cdot E_i \bmod q, \quad i = \overline{1, n}$$

$M$ -ді және  $E_i, S_i$  жібереді

Қолтаңбаны тексеру.

1  $R'_i = g_i^{S_i} y_i^{-E_i} \bmod p_i$ , (немесе  $R'_i = g_i^{S_i} y_i^{-E_i} \bmod p_i$ , егер  $y_i = g_i^{k_i} \bmod p_i$ )

$H(M || R'_i) = E'_i$  екенін тексереді.

$$E'_i = g_i^{r_i + k_i S_i} y_i^{E_i} = g_i^{r_i} \bmod p_i$$

3  $E_i$  және  $E'_i$  мәндері салыстырылады. Егер  $E_i = E'_i$  болса, онда қолтаңба дұрыс деп саналады.

### ҚОРЫТЫНДЫ

Практикалық іске асыру және теориялық зерттеулер нәтижелері көрсеткендей, осы схема өзінің барлық мүмкіндіктерін сарқып алған жоқ. Сондай-ақ бұның дәлелдеуі, позициялық емес полиномды санау жүйесіне негізделген ұсынылып отырған, тиімді алгоритмі болып табылады.

ПЕСЖ-сі негізіндегі ҰЭСҚ, жұмыс істейтін негіздердің модулі бойынша параллель есептеу есесінен дәрежелі барысын жеделдетуге мүмкіндік береді.

Осы жұмыстың жалғасы ұсынылған алгоритмнің компьютерлік бағдарламасын құру және алгоритмнің тұрақтылығы мен қауіпсіздігін зерттеу болмақ.

### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Доронин, С. Е.** Протоколы коллективной электронной цифровой подписи над эллиптическими кривыми. Дис. ... канд. тех. наук. – СПб., 2011 – 131 с.

2 **Молдовян, Н. А., Молдовян, А. А., Еремеев, М. А.** Криптография: от примитивов к синтезу алгоритмов. Научное издание. – СПб. : «БХВ-Петербург», 2004.

3 [Электронный ресурс]. – [https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo\\_respubliki\\_kazahstan\\_premier\\_ministr\\_rk/hozyaystvennaya\\_deyatelnost/id-P1700000407/Об утвержении Концепции кибербезопасности \(«Кибершит Казахстана»\)](https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo_respubliki_kazahstan_premier_ministr_rk/hozyaystvennaya_deyatelnost/id-P1700000407/Об утвержении Концепции кибербезопасности («Кибершит Казахстана»))

4 [Электронный ресурс]. – <https://haker.ru/2001/05/11/12585/> Цифровая подпись. Журнал Хакер. Материалы сайта. (Дата обращения 15.05.2001)

5 **Галанов, А.И.** Множественная подпись: новые решения на основе понятия коллективного открытого ключа. Информационно-управляющие системы. Научно-практический журнал. – №1 (32). – 2008

6 **Аристархов, И. В.** Управление сертификатами ключей проверки электронной подписи. Дис. ... канд. тех. наук. – М., 2012. – 144 с.

7 **Бияшев, Р. Г.** Разработка и исследование методов сквозного повышения достоверности в системах обмена данными распределенных АСУ : Дис. ... докт. тех. наук. – М., 1985. – 328 с.

8 **Ананьев, М. Ю., Гортинская, Л. В., Молдовян, Н. А.** Протоколы коллективной подписи на основе свертки индивидуальных параметров. // Информационно-управляющие системы. Научно-практический журнал. № 2. – 2008. – С. 22-27.

Материал баспаға 14.06.18 түсті.

*Абишева А. Ж.*

### **Использование электронной подписи – коллективной, групповой подписи в электронном документообороте**

Факультет информационных технологий  
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,  
Институт информационных и вычислительных технологий,  
Алматы, 050010, Республика Казахстан.  
Материал поступил в редакцию 14.06.18.

*Abisheva A.*

### **Use of electronic signature – collective, group signature in electronic document reference**

Faculty of Information Technologies,  
Al-Farabi Kazakh National University,  
Institute of Information and Computing Technologies,  
Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan  
Material received on 14.06.18.

*В статье изложены вопросы обеспечения информационной безопасности в области информационных технологий, которая является неотъемлемой частью повседневной жизни современных людей. Подробно исследованы технологии электронно-цифровых подписей, а также приведен ряд преимуществ их создания. Статья*

*включает в себя анализ методов коллективной и групповой подписи и использование непозиционных систем счисления для создания таких алгоритмов. Среди используемых в настоящее время алгоритмов схема Шнора является одной из систем, основанных на сложности дискретного логарифмирования. В то же время, учитывая рациональные аспекты алгоритма, планируется рассмотреть такие алгоритмы, как непозиционные системы счисления, и приспособить ее в систему коллективной электронной цифровой подписи.*

*Этот алгоритм, основанный на непозиционных системах счисления, представляет особый интерес, поскольку в этом случае обеспечивается максимальная производительность процедур генерации и проверки.*

*The article outlines the issues of information security in the field of information technology, which is an integral part of the daily life of modern people. The technologies of electronic-digital signatures have been studied in detail, as well as a number of advantages of their creation. The article includes an analysis of collective and group signature methods and the use of non-position number systems for creating such algorithms. Among the currently used algorithms, the Shnorr scheme is one of the systems based on the complexity of discrete logarithm. At the same time, considering rational aspects of the algorithm, it is planned to consider such algorithms as non-position number systems and adapt it to a system of collective electronic digital signature.*

*This algorithm, based on non-position number systems, is of particular interest, since in this case the maximum productivity of generation and verification procedures is ensured.*

**А. З. Муслимова<sup>1</sup>, Д. Ж. Алиппаева<sup>2</sup>, К. С. Мауленов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>к.п.н., Факультет информационных технологий, Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>преподаватель, факультет информационных технологий, Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан;

<sup>3</sup>магистрант, Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан;

**ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПРЕСС МЕТОДА  
ЭКСТРАКЦИИ ПРИЗНАКОВ, ОСНОВАННОГО  
НА ИДЕИ РАЗРЕЖЕННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ  
ПУТЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ТОЧЕК**

*В статье представлен экспресс метод по экстракции признаков из цифровых изображений лиц, основанного на идее разреженного представления изображений, случайном распределении координат точек, как альтернатива более сложным стандартным методам экстракции признаков из изображений. Представлен сравнительный анализ подходов, показаны достоинства и недостатки метода, а также результаты реализации данного подхода. Описан процесс сохранения признаков лица в базу данных. Представлен макет программы на этапе регистрации эталонных изображений и процесс распознавания согласно предложенному методу. Статья раскрывает ряд интересных аспектов: при использовании минимального количества вычислительных ресурсов за счет константного числа точек, и отсутствия каких-либо вычислений на этапе экстракции признаков, метод за счет своей простоты имеет высокую степень быстродействия и эффективности.*

*Ключевые слова: разреженное представление, пространство признаков, система распознавания, вычислительная сложность.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Проблема, представления изображения вектором признаков существенно меньшего, размера чем исходное, для уменьшения количества вычислительных операций, является одной из самых актуальных проблем,

при создании систем распознавания лиц. Так как известно, что если исключить из процедур, реализуемых в системах распознавания, подготовку базы эталонов, то основные вычислительные (временные) затраты будут связаны с классификацией исходных образов. В этом случае вычислительная сложность решения задач распознавания в системе распознавания в пересчете на один образ в каждом классе базы данных зависит от значения параметра размерности пространства признаков.

К примеру, на входе простой системы задано цифровое изображение, единственный (или наибольший) объект которого – лицо человека. Если размер исходного изображения составляет  $M \times N$  пикселей, то при использовании яркостных признаков для представления лица размерность  $DIM$  ( $Dimension$ ) вектора признаков составит  $MN$  ( $DIM = MN$ ). Например, для  $M = 112$  и  $N = 92$ ,  $DIM = 10304$ , соответственно при сравнении двух изображений между собой (пиксель по пикселю) потребует вычислительных затрат, пропорциональных  $MN$ . В соответствии со стандартами на исходные данные изображения лиц, исходное изображение может иметь размеры в 4–5 раз большие (например,  $M > 500$  и  $N > 400$ ), что будет соответствовать  $DIM > 200000$ , и это для одного изображения. Что является существенной проблемой, для дальнейшей работы системы распознавания. Но как известно изображение может быть представлено вектором признаков значительно меньшим чем исходное ( $MN$  размера), на основе различных методов сжатия, преобразования и редукции исходного пространства признаков. В большинстве случаев это методы: DCT (Discrete Cosine Transform), DFT (Discrete Fourier Transform), DWT (Discrete Wavelet Transform), PCA (Principal Component Analysis), NDDA (Nodal based Discontinuous Deformation Analysis) [4, 5, 6]. Анализ сложностей данных методов, а также анализ систем распознавания основанных на данных методах показывает, что сложность вычисления в вышеперечисленных методах сжатия и преобразования изображений является достаточно высокой, из-за сложного математического аппарата алгоритмов [3]. Ко всему прочему, даже в этих методах выделенные признаки являются не 100 % информативными, и в них тоже есть части не несущие никакой информации.

Наряду с данными методами сжатия и преобразования изображений существуют более простой метод, не требующий больших вычислительных ресурсов, и этапов какой-либо сложной предобработки, основанный на селекции признаков, путем случайного выбора координат на изображении и его дальнейшего распознавания по яркостным значениям этих точек (пикселей), описанных в книге [1], в основе которого лежит идея, впервые представленная в работе [7]. По своей природе данный подход близок к



методу разреженного представления изображений, но отличается своей простотой реализации, и быстродействием работы.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Описание метода, основанного на случайной генерации точек.

Суть работы экстрактора признаков, заключается в выборе «случайным образом» отдельных пикселей исходного изображения и перевода в вектор яркостных признаков (с числом признаков от 200 до 400). Сама процедура основана на генераторе  $P (P << MM)$  равномерно распределенных случайных чисел (с параметрами  $0, 1$ ), которые перемасштабируются до значений, соответствующих размерам исходного изображения с округлением до целого, не выходящим за значения  $M$  и  $N$ . Полученные таким образом случайные числа определяют координаты  $P$  пикселей на исходном изображении, значения яркости которых будут определять совокупность признаков, представляющих исходное изображение. Далее этот «случайный» порядок выбора координат сохраняется и применяется ко всем исходным изображениям, как на этапе создания эталонов, так и на этапе распознавания новых изображений лиц [1].

Макет программы на этапе регистрации эталонных изображений представлен на рисунке 1.

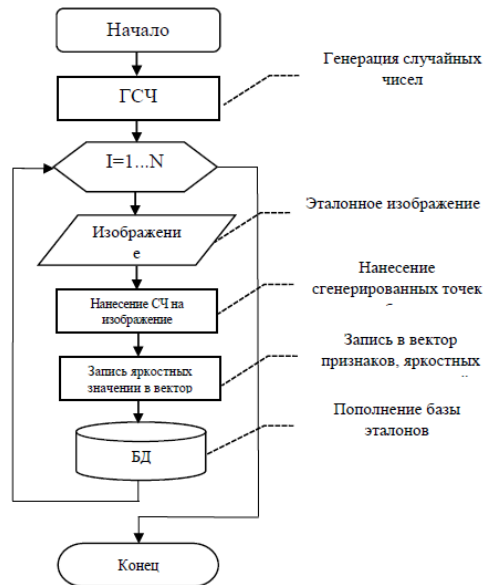


Рисунок 1 – Регистрация эталонов

Процесс сохранения признаков лица в базу данных происходит следующим образом:

- 1 Линейно конгруэнтным методом генерируются случайные координаты, для их нанесения на изображение с лицом
- 2 В цикле, предоставляется эталонное изображение.
- 3 На поступившее изображение с лицом, наносятся точки со сгенерированными координатами.
- 4 Извлекаются яркостные значения признаков и записываются в вектор признаков.
- 5 Получившийся вектор признаков записывается в базу с эталонами.
- 6 Процесс повторяется для всех эталонных изображений, до завершения цикла.

### Распознавание

Процесс распознавания согласно предложенному методу происходит следующим образом, рисунок 2.

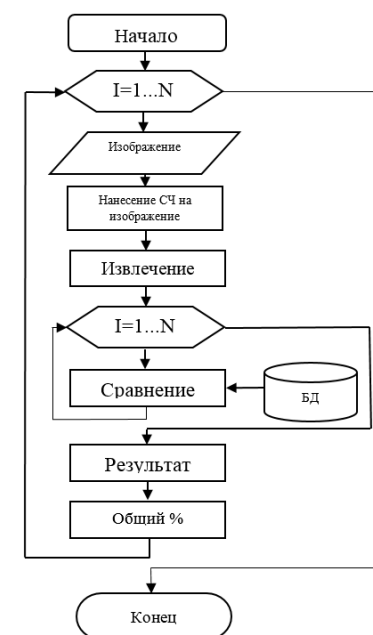


Рисунок 2 – Процесс распознавания

В цикле на вход программы представляется очередное изображение, на этот раз тестовое. Затем на это изображение наносятся аналогично как

в блоке регистрации ранее сгенерированные координаты случайных точек. Извлекаются признаки, яркостные значения пикселей. После чего снова открывается цикл, где классификатор, на основе Евклидова расстояния производит поиск наиболее близкого изображения из базы эталонов, путем нахождения минимальной дистанции между вновь извлеченными признаками из тестового изображения и признаками, находящимися в базе эталонов (ранее записанные в блоке регистрации). На следующем шаге выводится результат распознавания, и общий процент распознанных лиц (найденные изображения лиц, деленные на общее число). Данный процесс повторяется до полного завершения цикла.

Сложность вычисления экстракции признаков в данном методе выполняется за константное число операции  $O(n)$ , где  $n$  количество точек (от 200 до 400), для сравнения сложность вычисления методами DCT (Discrete Cosine Transform) или DWT (Discrete Wavelet Transform) описанных в статье [3], составляет  $O(d \cdot \log(d))$ , где  $d$  – количество пикселей ( $d=MN$  – размер изображения), равное по стандарту, как минимум  $M = 112$  и  $N = 92$ , но может быть и больше. Но даже для  $M = 112$  и  $N = 92$ , пространство признаков  $d=10304$ , что несоизмеримо больше.

Таблица 1 – Алгоритмическая сложность вычисления систем распознавания на основе DCT (DWT) и метода Random. COM – классификатор (компаратор) евклидова расстояния,  $N$  – число изображений в базе,  $d$  – количество пикселей ( $MN$  – размер) для метода DCT (DWT),  $n$  – количество пикселей (200–400) для метода Random.

Метод	Сложность вычисления
DCT + COM	$O(Nd \cdot \log(d))$ $O(d \cdot \log(d) + Nd)$
Random	$O(N \cdot n)$ $O(n + Nd)$

Реализация алгоритма

Алгоритм реализован на языке пакета Matlab. В качестве экспериментальной базы была взята база ORL, содержащая 400 фронтальных изображений 40 человек, с небольшими изменениями освещения, масштаба, пространственных поворотов, положения и различными эмоциями. Все изображения в базе полутоновые, с 256 градациями яркости. Размер каждого изображения – 92x112 пикселей.

При реализации данных методов точность распознавания составила для DCT 61 %, а для метода Random 68 %, рисунки 3, 4. Отметим что условия реализации для обоих методов совершенно одинаковые. Использовалось

одинаковое количество эталонных и тестовых изображений, одинаковые компараторы. Системы отличаются только методом экстракции признаков.

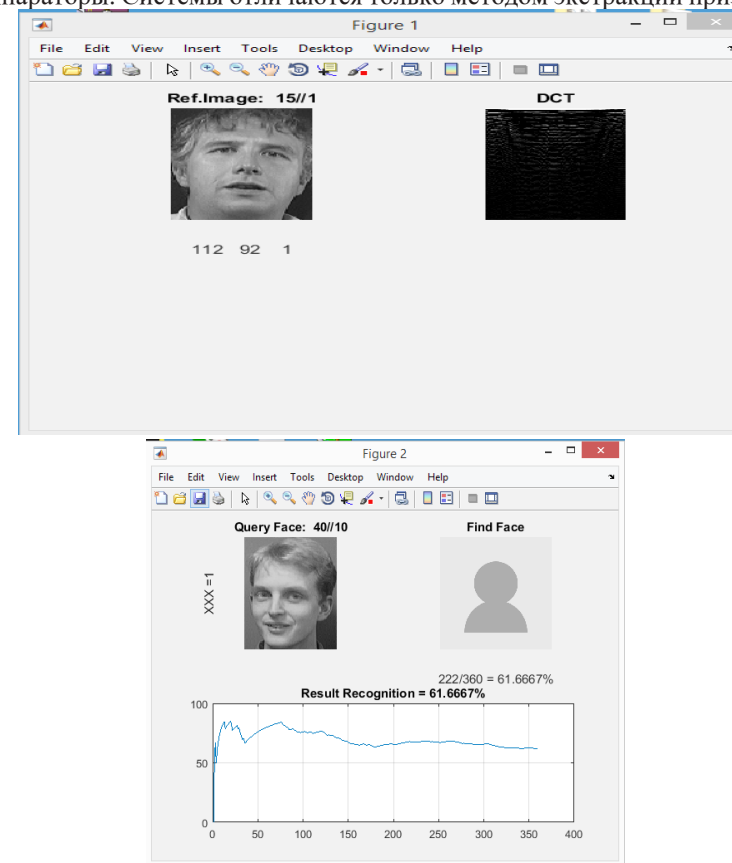


Рисунок 3 – Метод «DCT» с 1 эталоном: слева, блок регистрации, формирование вектора из спектральных компонент, справа, результат распознавания, (61,7 %)

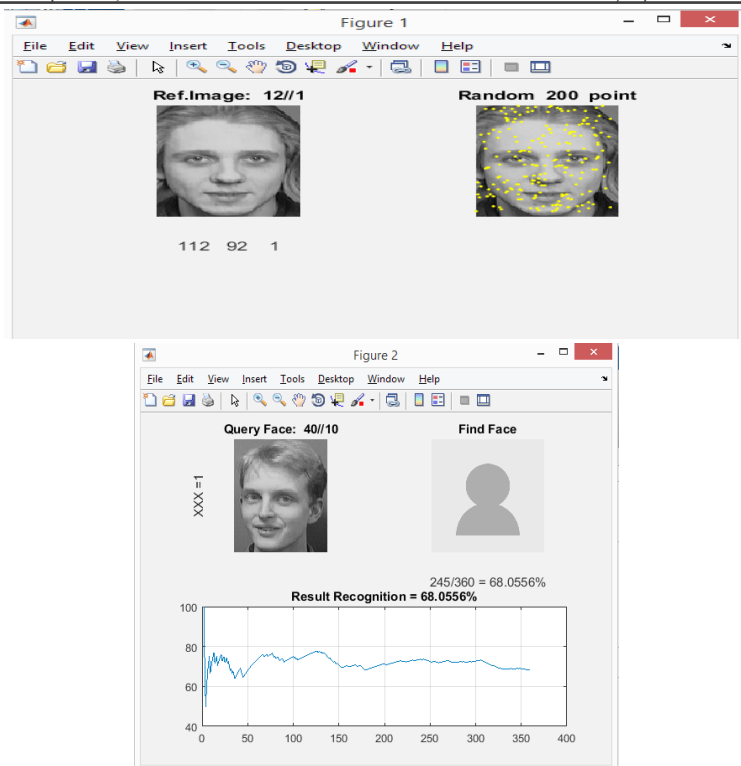


Рисунок 4 – Метод «Random» с 1 эталоном:  
слева, блок регистрации, нанесение случайных точек на лицо (эталон),  
справа результат распознавания (68 %)

Таким образом результаты говорят сами за себя. Метод основанный на случайных точках имеет ряд преимуществ. При использовании минимального количества вычислительных ресурсов за счет константного числа точек, и отсутствия каких-либо вычислений на этапе экстракции признаков, метод за счет своей простоты имеет высокую степень быстродействия, и эффективности. Учитывая изменяющуюся тенденцию современных систем распознавания, достоинства данного метода позволяют применять этот метод не только для систем со стандартной структурой распознавания решающей в основном задачи контроля доступа, но и для систем с кардинально обратной структурой, для решения более глобальных задач, поиска в большом потоке данных [2].

## ВЫВОДЫ

Таким образом все основные достоинства подхода, основанного на случайных точках можно представить следующим образом:

Взаимная корреляция между всеми парами векторов признаков одного класса показывает не ниже 0.9. Этот факт свидетельствует о возможности использования данного подхода для представления лиц в задачах распознавания при некоторых, относительно небольших, изменениях ракурса лиц по оси «Y», а также при изменениях ракурса лиц по оси «X» и «Z» [1].

При случайной генерации координат точек (пиксели), располагаются таким образом, что только их малая часть попадает на градиентные области лица как глаза, рот, брови и т.д., что также создаёт предпосылку лучшего распознавания при поворотах, наклонах и сдвигах головы. Пиксели всегда сохраняют исходное значение яркости, что так же не мало важно, при дальнейшей обработке изображения. Сгенерированные координаты точек, легко перемасштабируются до любых размеров изображения (значении M и N), что также является важным фактором в практике распознавания. И самая главная особенность данного подхода – это простая реализация, и возможность широкого использования в задачах распознавания при ограниченных ресурсах (памяти и быстродействия) используемых технических средств. Необходимо так же отметить что число выбираемых пикселей, и эталонов являются изменяющимися параметрами, непосредственно влияющими на точность распознавания, также как и сама генерация и распределение точек. Этот факт создает предпосылку для модификации алгоритма работы данной системы распознавания и дальнейших исследований в данном направлении.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Кухарев, Г. А., Каменская, Е. И., Матвеев, Ю. Н., Щеголева, Н. Л. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии. – СПб. : Политехника, 2013. – 388 с. : ил. – ISBN 978-5-7325-1028-7. – С. 183–273.
- 2 Кухарев, Г. А. Поиск изображений лиц в больших базах данных // Мир измерений. – 2009. – № 4 (98). – С. 22–30.
- 3 Жарлыкасов, Б., Мауленов, К. Методы экстракции признаков из изображения для задач поиска и распознавания лиц. // Новые информационные технологии в образовании. – 2018. 26 февраля – 3 марта. – Екатеринбург.
- 4 Surya Kant Tyagi and Pritee Khanna. Face Recognition Using Discrete Cosine Transform and Nearest Neighbor Discriminant Analysis. International Journal of Engineering and Technology. – Vol. 4. – No. 3. – 2012. – PP. 311–314.

5 **Debaraj Rana, Sunita Dalai, Bhawna, Sujata Minz, N. Prasanna, Tapasri Tapasmita Sahu.** Comparative Analysis of Face Recognition using DCT, DWT and PCA for Rotated faces. // International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET). – ISSN 2278–0882. – Volume 3. – Issue 5. – August 2014. – P. 101–104.

6 **Chao-Hsing Hsu, Zhen Guo, Kang Yen.** Comparison of Image Approximation Methods : Fourier Transform, Cosine Transform, Wavelets Packet and Karhunen-Loeve Transform. WSEAS IMCCAS-ISA-SOSM and MEM-MCP Cancun, Mexico, May 12-16, 2002, pp. 21

7 **David, J. Beymer.** Face Recognition Under Varying Pose, IEEE Proceedings of Int. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'94), Seattle, Washington, USA, 1994, pp.756-761.

Материал поступил в редакцию 14.06.18.

*A. Z. Muslimova<sup>1</sup>, D. Zh. Alipbayeva<sup>2</sup>, K. S. Maulenov<sup>3</sup>*

**Кездейсоқ нүктелерді үлестіру жолымен сөйілту ұсынысқа негізделген экстрация белгілерінің экспресс әдісінің мүмкіндіктері**

<sup>1,2,3</sup> Ақпараттық технологиялар факультеті,

А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті,  
Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы.

Материал баспаға 14.06.18 түсті.

*A. Z. Muslimova<sup>1</sup>, D. Zh. Alipbayeva<sup>2</sup>, K. S. Maulenov<sup>3</sup>*

**Possibilities of express recognition method based on random distribution of points**

<sup>1,2,3</sup> Faculty of Information Technologies,

A. Baytursynov Kostanay State University, Kostanay,  
110000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 14.06.18.

*Мақалада сирек бейнені ұсыну идеясына негізделген жеке тұлғалардың сандық бейнесінің ерекшеліктерін алудың нақты әдісі, нүктелердің координаттарын кездейсоқ үлестіру, бейнелерден ерекшеліктерді алудың аса күрделі стандартты әдістеріне балама ретінде қарастырылды. Әдістің салыстырмалы талдауы ұсынылған, әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері, сондай-ақ осы тәсілді іске асырудың нәтижелері көрсетілген. Дерекқорда адамның сипаттамаларын сақтау процесі сипатталған. Бағдарламаның үлгісі ұсынылған әдіске сәйкес эталондық*

*бейнелерді тіркеу және таңу процесі кезеңінде ұсынылады. Мақала бірнеше қызықты қырларын ашады: ұнай тұрақты саны және оның салдарынан қарапайым әдісін белгілерін есептеу үшін кез келген экстракциялау сатысында болмауына байланысты есептеу ресурстарын ең төменгі мөлшерін пайдаланып, ол жылдамдығы мен тиімділігін жоғары дәрежесі бар.*

*The article describes the express method for recognizing a person's image based on a random distribution of points, as an alternative to standard methods based on more sophisticated approaches of sparse representation of an image. A comparative analysis of the approaches is presented, the merits and drawbacks of the method are shown, as well as the results of implementing this approach. The process of storing the characteristics of a person in a database is described. The model of the program is presented at the stage of registration of reference images and the recognition process according to the proposed method. The article reveals a number of interesting aspects: when using the minimum number of computational resources due to the constant number of points, and the absence of any calculation at the stage of extraction of features, the method due to its simplicity has a high degree of speed and efficiency.*

**С. И. Хан<sup>1</sup>, А. О. Даутов<sup>2</sup>, А. А. Капинос<sup>3</sup>, Х. А. Сайдаев<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Информационных систем и информатики», Инженерно-экологический факультет, Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, г. Кокшетау, 020000, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>магистр, преподаватель, Инженерно-экологический факультет, кафедра «Информационных систем и информатики», Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, г. Кокшетау, 020000, Республика Казахстан;

<sup>3</sup>студенты 2-курса, специальность «Информационные системы»

e-mail: <sup>1</sup>hansi57@mail.ru; <sup>2</sup>d.abeke@mail.ru

**ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ВУЗЕ**

*В статье рассматриваются вопросы перехода к рыночным отношениям в экономике, который требует внедрения современных технологий управления университетом. Решение проблем совершенствования управления связано с развитием автоматизированных информационных технологий и созданием и внедрением автоматизированных информационных систем, представляющих весь комплекс функции управления.*

*Ключевые слова: автоматизация, управление, надежность, системы образования, эффективности системы управления.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Исследования в области автоматизации образовательного процесса указывают на необходимость создания так называемого информационного пространства ВУЗа, в состав которого помимо баз знаний по направлениям обучения и соответствующих специалистов, включаются также программное и аппаратное обеспечение, организующее и поддерживающее учебный процесс.

Одним из существующих подходов к формированию единого информационного пространства учебного заведения является интеграционный подход, основывающийся на объединении разрозненных информационно-вычислительных систем ВУЗа в стабильно развивающуюся общую информационную инфраструктуру.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В современных высших учебных заведениях используется большое количество компьютерной техники и информационных технологий, которые способствуют проведению и сопровождению учебного процесса и обеспечивают нормальное функционирование организации в целом. Объединение разрозненных рабочих станций в единую корпоративную сеть существенно повысит эффективность их использования. На основе сетевых технологий открывается возможность создания информационных систем, позволяющих не только автоматизировать документооборот, накапливать, хранить или передавать информацию между подразделениями организации, но и автоматизировать дистанционное обучение, организовать совместную работу над научными проектами, что особенно важно для повышения качества предоставляемых образовательных услуг ВУЗа [1]. Здесь важно учесть, что данная система постоянно расширяется и наращивается, и добавление новых элементов или внедрение новейших технологий не должно привести к полной перестройке существующей, работающей и отлаженной сетевой инфраструктуры.

Для решения этих проблем планируется создать корпоративную автоматизированную информационную систему управления КУ им. А. Мырзахметова (КАИСУУ). Такая система должна способствовать решению задач Университета по следующим направлениям:

1) создание единого информационного пространства Университета, способного осуществить доступ к информации, накопленной за годы присутствия КУ им. А. Мырзахметова на рынке образовательных услуг, организовать согласованную работу по обработке различного рода данных, ведению контроля выполнения работ;

2) повышение уровня надежности хранимых и передаваемых данных путем создания помехоустойчивых каналов связи, минимизирующих возможности сбоев в сети и потерю данных;

3) организация процесса централизованного поиска, сбора, обработки и накопления специализированной информации, используемой в текущей работе ВУЗа, путем создания базы данных глобального масштаба;

4) обеспечения процесса обработки специализированных документов и создание действующей экспертной системы, способной принимать на основе проведенных анализов оптимальные решения, составлять прогнозы и стратегию развития Университета по основным направлениям деятельности;

5) организация всестороннего доступа к информации для пользователей сети, в соответствии с их правами и назначенными привилегиями.

Необходимость создания такой системы обусловлена следующими факторами:

Включением ВУЗа в единое информационное образовательное пространство Республики Казахстан;

Сложностью основных процессов, протекающих в ВУЗе и невозможностью эффективного административного управления этими процессами без использования автоматизированной системы управления и современных информационных технологий;

Текущее состояние информатизации в ВУЗе позволяет приступить к созданию КАИСУУ.

Планируемая система включает в себя 5 подсистем (рис) которые позволяют автоматизировать деятельность ВУЗа по следующим направлениям:

- Принятие оптимальных управленческих решений
- Комплексный мониторинг деятельности вуза;
- Менеджмент качества учебного процесса;
- Хранение и обработка информации о студенческом и кадровом составе вуза, научно-методической деятельности сотрудников;

Управление учебным процессом

Автоматизация делопроизводства, хранение, анализ планов-графиков, расписания учебных занятий и экзаменационных сессий и др.

Проблема создания интегрированных информационно-аналитических систем поддержки принятия решений научно-образовательной организации, представления результатов ее научных и научно-практических достижений [2], информационной поддержки учебного процесса и фундаментальных исследований в условиях распределенной гетерогенной вычислительной среды и информационных ресурсов разной степени структурированности является в настоящее время одной из сложных и перспективных научно-технических задач.

Эффективное принятие решений возможно только в условиях обладания четкой, полной и своевременной информацией. В этой связи особо актуальным становится автоматизация основных процессов в вузе и объединение их в единую систему. Кроме того такая система поможет повысить подотчетность и прозрачность деятельности, что является важной тенденцией современного общества.



Рисунок 1 – Структура корпоративной АИС управления КУ имени А. Мырзахметова

Управление таким сложным объектом, как университет, требует колоссальных ресурсов и трудозатрат. Это определяется сложностью структуры вуза и большим количеством бизнес-процессов, обеспечивающих его деятельность [3]. Создание автоматизированной информационной системы управления вузом является необходимым условием успешного и эффективного функционирования университета в современных условиях.

Отличительной особенностью современной системы образования является резкое возрастание прямых и обратных связей по всей вертикали управления. Традиционные способы работы с информацией практически изжили себя и поэтому альтернативы использованию компьютерных технологий управленческого назначения [4], по нашему мнению, нет. Поэтому приоритетной задачей высшей школы является внедрение информационных технологий не только в образовательный процесс, но и систему управления учебным заведением в целом.

Корпоративная автоматизированная информационная система управления КУ им. А. Мырзахметова планируется как комплекс программных и аппаратных средств, объединенных в единую информационную среду и позволяющих автоматизировать процессы, связанные с управлением деятельностью ВУЗа. Гибкие механизмы анализа данных позволят осуществлять мониторинг качества организации учебного процесса, качества подготовки специалистов, научной деятельности, эффективности системы управления.

## ВЫВОДЫ

Главное назначение системы – поднять на новый качественный уровень процессы управления за счет использования новейших технологий хранения и обработки данных.

Предполагается, что КАИСУУ будет играть значительную роль при формировании информации для решения задач оперативного и стратегического управления ВУЗом. На основе интегрированной базы данных системы будут обрабатываться информационные потоки университета достаточно сложной структуры.

Интеграция данных будет достигнута за счет реализации в рамках КАИСУУ:

- единой модели базы данных, отражающей основные информационные потоки университета;
- единой системы показателей, характеризующих деятельность различных подразделений университета;
- унификации входных и выходных документов, соответствующих разным уровням управления;
- единой методики организации и обработки данных;
- соответствующего разграничения уровней доступа пользователей системы.

Создание автоматизированной системы управления – одна из приоритетных задач любого ВУЗа. Использование такой информационной системы позволяет принимать более эффективные управленческие решения, повысить эффективность работы всех сотрудников университета, уменьшить нагрузку на деканаты, быстро и эффективно собирать разного рода данные со всех подразделений, и, таким образом, повысить качество управления ВУЗом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Информационная система Naumen University. [Электронный ресурс]. – <http://www.naumen.ru/solutions/university>.
- 2 «Студент 2000»: руководство пользователя, НИИ ИТ СПбГУ., 2002. – 111 с., [Электронный ресурс]. – [www.liup.spbu.ru](http://www.liup.spbu.ru)
- 3 АИС «ЭД+»: руководство пользователя. – Отдел Экономических баз данных РЭА им. Плеханова, 2003. – 25 с. [Электронный ресурс]. – <http://oebd.rea.ru>.
- 4 Построение системы автоматизации университета в МГТУ им. Н. Э. Баумана. М. М. Якшин. [Электронный ресурс]. – <http://hear.altlinux.org/pereslav12007/yakshin/abstract.html>.

Материал поступил в редакцию 14.06.18.

С. И. Хан<sup>1</sup>, А. О. Даутов<sup>2</sup>, А. А. Капинос<sup>3</sup>, Х. А. Сайдаев<sup>4</sup>

### ЖОО-нда корпоративті автоматтандырылған ақпараттық басқару жүйесін құрудағы қиыншылықтар

<sup>1,2,3,4</sup>Инженерлік-экология факультеті,  
А. Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті,  
Көкшетау қ., 020000, Қазақстан Республикасы.  
Материал баспаға 14.06.18 түсті.

S. I. Khan<sup>1</sup>, A. O. Dautov<sup>2</sup>, A. A. Kapinos<sup>3</sup>, H. A. Saidayev<sup>4</sup>

### Problems of creating a corporate automated information management system in high school

<sup>1,2,3,4</sup>Faculty of Engineering and Ecology,  
A. Myrzakhmetov Kokshetau University,  
Kokshetau, 020000, Republic of Kazakhstan;  
Material received on 14.06.18.

*Мақалада қарастырылған сұрақтар, экономикадағы нарықтық қатынастарға қошу қазіргі университеттерді басқару үшін заманауи технологияларды енгізуді талап етеді. Басқаруды жетілдіру барысында автоматтандырылған ақпараттық технологияларды дамытуға, басқарушылық функциялардың бүкіл кешенін автоматтандырылған бірыңғай ақпараттық жүйелерді қалыптастыруға негізделген.*

*In the article there are considered the questions of the transition to market relations in the economy that requires the introduction of modern technologies for university management. The solution of the problems of management improvement is related to the development of automated information technologies and the creation and implementation of automated information systems that represent the entire complex of management functions.*

ГРНТИ 28.15.19

**М. А. Бейсенби<sup>1</sup>, С. Т. Сулейменова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н., профессор, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>докторант, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан

e-mail: <sup>1</sup>beisenbi\_ma@enu.kz; <sup>2</sup>salamat\_ka@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПОВЫШЕННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ РОБАСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫМИ ОБЪЕКТАМИ С ОДНИМ ВХОДОМ И С ОДНИМ ВЫХОДОМ В КЛАССЕ ТРЕХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРНО-УСТОЙЧИВЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ**

*В статье предлагается новый подход к построению систем управления для объектов с неопределёнными параметрами в форме трехпараметрических структурно-устойчивых отображений из теории катастроф, позволяющий синтезировать высокоэффективные системы управления, обладающие предельно широкой областью робастной устойчивости. Исследование робастной устойчивости систем управления базируется на новом подходе к построению функций А. М. Ляпунова. Функция Ляпунова строится в форме вектор – функции, антиградиент которой задается компонентами вектора скорости системы в форме тензора. По неопределённым параметрам объекта управления получена область устойчивости стационарных состояний системы в виде простейших неравенств. Система с повышенным потенциалом робастной устойчивости построена в классе трехпараметрических структурно устойчивых отображений (катастрофа эллиптическая омблика). Излагается метод построения системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости.*

*Ключевые слова: робастная устойчивость, система управления, трехпараметрические структурно-устойчивые отображения, неопределенность параметров, область устойчивости.*

**ВВЕДЕНИЕ**

В данном параграфе рассматривается метод построения робастно устойчивой системы управления нелинейными динамическими объектами, с неопределёнными параметрами с подходом к построению системы управления в классе трехпараметрических структурно-устойчивых отображений [1, 2], позволяющих максимально увеличить потенциал робастной устойчивости. Это гарантирует нелинейной системе управления от попадания в режим детерминированного хаоса, образуя «странные аттракторы».

Пусть система управления описывается уравнением состояния

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x) + Bu, x(t_0) = x_0, t \geq t_0 \\ y = g(x, u), y \in R^l, x \in R^n \end{cases} \quad (1)$$

где  $f(\bullet)$  и  $g(\bullet)$  – векторные функции, зависящие от векторных аргументов соответствующей размерности  $n$  и  $l$ .

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nm} \end{pmatrix}$$

Закон управления  $u(t)$  является вектор функцией размерности  $m$  заданной в форме нелинейной функции

$$u_i(t) = -x_{i+1}^3 + 3x_{i+1}x_i^2 - k_{i,i+1}(x_i^2 + x_{i+1}^2) + k_{i+1}x_{i+1} + k_i x_i - f_i(x), i = \overline{1, n} \quad (2)$$

Нелинейный стационарный объект управления в развёрнутой форме представляется в виде:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dots \\ \dot{x}_n = b_{n1} [3x_2x_1^2 - x_2^3 - k_{12}(x_1^2 + x_2^2) + k_1x_1 + k_2x_2 - f_1(x)] + \\ + b_{n2} [3x_2x_1^2 - x_2^3 - k_{12}(x_1^2 + x_2^2) + k_1x_1 + k_2x_2 - f_2(x)] + \dots + \\ + b_{nm} [3x_nx_{n-1}^2 - x_n^3 - k_{n-1,n}(x_n^2 + x_{n-1}^2) + k_{n-1}x_{n-1} + k_nx_n - f_n(x)] \end{cases} \quad (3)$$



$$a_n = \left. \frac{\partial f(x)}{\partial x_1} \right|_{x=x_s}, a_{n-1} = \left. \frac{\partial f(x)}{\partial x_2} \right|_{x=x_s}, \dots, a_1 = \left. \frac{\partial f(x)}{\partial x_n} \right|_{x=x_s}$$

Функция  $u_i(t) = -x_{i+1}^3 + 3x_{i+1}x_i^2 - k_{i,i+1}(x_i^2 + x_{i+1}^2) + k_{i+1}x_{i+1} + k_i x_i - f_i(x)$ ,  $i = 1, \dots, n$  в (3) преобразуется к виду

$$-x_{i+1}^3 + 3x_{i+1}x_i^2 - k_{i,i+1}(x_i^2 + x_{i+1}^2) + (k_{i+1} - a_{n-i+1})x_{i+1} + (k_i - a_{n-i+1})x_i, i = 1, \dots, n \quad (4)$$

Рассматривается система с воздействием на вход  $u(t) \in R$  (2). Согласно условию управляемости объекта, в последней строке матрицы  $B$  номер нулевого элемента соответствует координате, которая неуправляема, т.е. предполагается, что в состоянии системы (1) все переменные являются управляемыми и единственная выходная координата –  $x_j$ . Следовательно, объект управления, описанный в (3) после введения регулятора с законом управления по координате в виде (2) может быть переведен в любое заранее заданное положение.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Покажем, что задача (1) – (2) дает возможность определить области устойчивости системы управления по варьируемым параметрам и обеспечивает область устойчивости по неопределенным параметрам в предельно широких пределах. Систему управления (1) с учетом (3) – (4) в развернутом виде необходимо записать следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dots = \dots \\ \dot{x}_{n-1} = x_n \\ \dot{x}_n = (b_{n1} + b_{n2})[3x_2x_1^2 - x_2^3 - k_{12}(x_1^2 + x_2^2) + (k_1 - a_n)x_1 + \\ + (k_2 - a_{n-1})x_2] + (b_{n3} + b_{n4})[3x_4x_3^2 - x_4^3 - k_{34}(x_3^2 + x_4^2) + \\ + (k_3 - a_{n-2})x_3 + (k_4 - a_{n-3})x_4] + \dots + (b_{n,n-1} + b_{nn}) * \\ * [3x_nx_{n-1}^2 - x_n^3 - k_{n-1,n}(x_{n-1}^2 + x_n^2) + (k_{n-1} - a_2)x_{n-1} + (k_n - a_1)x_n] \end{cases} \quad (5)$$

Решая систему алгебраических уравнений, определяем установившиеся состояния системы:

$$\begin{cases} x_{2s} = 0, \\ x_{3s} = 0, \\ \dots \\ x_{n-1,s} = 0, \\ (b_{n1} + b_{n2})[3x_{2s}x_{1s}^2 - x_{2s}^3 - k_{12}(x_{1s}^2 + x_{2s}^2) + (k_1 - a_n)x_{1s} + \\ + (k_2 - a_{n-1})x_{2s}] + (b_{n3} + b_{n4})[3x_{4s}x_{3s}^2 - x_{4s}^3 - k_{34}(x_{3s}^2 + x_{4s}^2) + \\ + (k_3 - a_{n-2})x_{3s} + (k_4 - a_{n-3})x_{4s}] + \dots + (b_{n,n-1} + b_{nn}) * \\ * [3x_{ns}x_{n-1,s}^2 - x_{ns}^3 - k_{n-1,n}(x_{n-1,s}^2 + x_{n-1,s}^2) + \\ + (k_{n-1} - a_2)x_{n-1,s} + (k_n - a_1)x_{ns}] = 0 \end{cases}$$

Находим стационарные состояния системы (5)

$$x_{1s}^1 = x_{2s}^1 = \dots = x_{ns}^1 = 0 \quad (6)$$

$$x_{is}^2 = \frac{k_i - a_{n-i+1}}{k_{i,i+1}}, x_{js} = 0 \text{ при } i \neq j, i = 1, \dots, n \quad (7)$$

Для построения робастно устойчивой системы управления используется метод исследования, основанный на геометрической интерпретации метода функций Ляпунова. Исследуем устойчивость стационарного состояния (6) градиентно-скоростным методом вектор – функции Ляпунова. Определим компоненты вектора градиента от компонентов вектор-функции Ляпунова из уравнений (5):

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_2} = -x_2, \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_3} = 0, \dots, \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_n} = 0 \\ \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_3} = -x_3, \dots, \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_n} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_3} = 0, \dots, \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_n} = -x_n \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_1} = -b_{n1}[3x_2x_1^2 - x_2^3 - k_{12}(x_1^2 + x_2^2) + (k_1 - a_n)x_1 + (k_2 - a_{n-1})x_2] \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_2} = -b_{n2}[3x_4x_3^2 - x_4^3 - k_{34}(x_3^2 + x_4^2) + (k_3 - a_{n-2})x_3 + (k_4 - a_{n-3})x_4] \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_3} &= -b_{n3} \left[ 3x_4x_3^2 - x_4^3 - k_{34}(x_3^2 + x_4^2) + (k_3 - a_{n-2})x_3 + (k_4 - a_{n-3})x_4 \right] \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_4} &= -b_{n4} \left[ 3x_4x_3^2 - x_4^3 - k_{34}(x_3^2 + x_4^2) + (k_3 - a_{n-2})x_3 + (k_4 - a_{n-3})x_4 \right] \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_n} &= -b_{nn} \left[ 3x_nx_{n-1}^2 - x_n^3 - k_{n-1,n}(x_n^2 + x_{n-1}^2) + (k_{n-1} - a_2)x_{n-1} + (k_n - a_1)x_n \right] \end{aligned}$$

Полная производная по времени от вектор – функции Ляпунова будет равна:

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= \frac{\partial V}{\partial x} \frac{dx}{dt} = -x_2^2 - x_3^2 - \dots - x_n^2 - [b_{n1}^2 + b_{n2}^2] \times \\ &\times \left[ 3x_2x_1^2 - x_2^3 - k_{12}(x_1^2 + x_2^2) + (k_1 - a_n)x_1 + (k_2 - a_{n-1})x_2 \right]^2 - \\ &- [b_{n3}^2 + b_{n4}^2] \left[ 3x_4x_3^2 - x_4^3 - k_{34}(x_3^2 + x_4^2) + (k_3 - a_{n-2})x_3 + \right. \\ &+ (k_4 - a_{n-3})x_4 \left. \right]^2 - \dots - [b_{n,n-1}^2 + b_{nn}^2] \left[ 3x_nx_{n-1}^2 - x_n^3 - \right. \\ &- k_{n-1,n}(x_n^2 + x_{n-1}^2) + (k_{n-1} - a_2)x_{n-1} + (k_n - a_1)x_n \left. \right]^2 \end{aligned} \tag{8}$$

Функция (8) всегда будет знакоотрицательной функцией, следовательно, достаточное условие асимптотической устойчивости системы (5) относительно стационарного состояния (6) выполняется. Построим компоненты вектор-функции Ляпунова по компонентам вектора скорости:

$$\begin{aligned} V_{11}(x) &= 0, V_{12}(x) = -\frac{1}{2}x_2^2, V_{13}(x) = 0, \dots, V_{1n}(x) = 0 \\ V_2(x) &= 0, V_2(x) = 0, V_3(x) = -\frac{1}{2}x_3^2, \dots, V_{2n}(x) = 0 \\ &\dots\dots\dots \\ V_{n-1,1}(x) &= 0, V_{n-1,2}(x) = 0, V_{n-1,3}(x) = 0, \dots, V_{n-1,n}(x) = -\frac{1}{2}x_n^2 \\ V_{n1}(x) &= -b_{n1} \left[ x_2x_1^3 - \frac{1}{3}k_{12}x_1^3 + \frac{1}{2}(k_1 - a_n)x_1^2 \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{n2}(x) &= -b_{n2} \left[ -\frac{1}{4}x_2^4 + \frac{3}{2}x_2^2x_1^2 - \frac{1}{3}k_{12}x_2^3 + \frac{1}{2}(k_2 - a_{n-1})x_2^2 \right] \\ V_{n3}(x) &= -b_{n3} \left[ x_4x_3^3 - \frac{1}{3}k_{34}x_3^3 + \frac{1}{2}(k_3 - a_{n-2})x_3^2 \right] \\ V_{n4}(x) &= -b_{n4} \left[ -\frac{1}{4}x_4^4 + \frac{3}{2}x_4^2x_3^2 - \frac{1}{3}k_{34}x_4^3 + \frac{1}{2}(k_4 - a_{n-3})x_4^2 \right] \\ &\dots\dots\dots \\ V_{n,n-1}(x) &= -b_{n,n-1} \left[ x_nx_{n-1}^3 - \frac{1}{3}k_{n-1,n}x_{n-1}^3 + \frac{1}{2}(k_{n-1} - a_2)x_{n-1}^2 \right] \\ V_{n,n}(x) &= -b_{nn} \left[ -\frac{1}{4}x_n^4 + \frac{3}{2}x_n^2x_{n-1}^2 - \frac{1}{3}k_{n-1,n}x_n^3 + \frac{1}{2}(k_n - a_1)x_n^2 \right] \end{aligned}$$

Представим функцию Ляпунова в скалярной форме в виде:

$$\begin{aligned} V(x) &= \frac{1}{3}b_{n1}k_{12}x_1^3 - b_{n1}x_2x_1^3 - \frac{1}{2}b_{n1}(k_1 - a_n)x_1^2 + \frac{1}{4}b_{n2}x_2^4 - \frac{3}{2}b_{n2}x_2^2x_1^2 + \\ &+ \frac{1}{3}b_{n2}k_{12}x_2^3 - \frac{1}{2}b_{n2} \left( k_2 - a_{n-1} + \frac{1}{b_{n2}} \right) x_2^2 + \frac{1}{3}b_{n3}k_{34}x_3^3 - b_{n3}x_4x_3^3 - \\ &- \frac{1}{2}b_{n3} \left( k_3 - a_{n-2} + \frac{1}{b_{n3}} \right) x_3^2 + \frac{1}{4}b_{n4}x_4^4 - \frac{3}{2}b_{n4}x_4^2x_3^2 + \frac{1}{3}b_{n4}k_{34}x_4^3 - \\ &- \frac{1}{2}b_{n4} \left( k_4 - a_{n-3} + \frac{1}{b_{n4}} \right) x_4^2 + \dots + \frac{1}{3}b_{n,n-1}k_{n-1,n}x_{n-1}^3 - b_{n,n-1}x_nx_{n-1}^3 - \\ &- \frac{1}{2}b_{n,n-1} \left( k_{n-1} - a_2 + \frac{1}{b_{n,n-1}} \right) x_{n-1}^2 + \frac{1}{4}b_{nn}x_n^4 - \frac{3}{2}b_{nn}x_n^2x_{n-1}^2 + \\ &+ \frac{1}{3}b_{nn}k_{n-1,n}x_n^3 - \frac{1}{2}b_{nn} \left( k_n - a_1 + \frac{1}{b_{nn}} \right) x_n^2 \end{aligned} \tag{9}$$

Условия положительной или отрицательной определенности функции (9) не очевидно, поэтому воспользуемся леммой Морса из теорий катастроф [3, 4].

Рассматриваемая система (9) пусть находится в состоянии устойчивого или неустойчивого равновесия, которые являются Морсовскими точками. Система находится в стационарных точках  $x_s$ , где градиент от функции

Ляпунова (потенциальной функции)  $\nabla V = 0$  и если  $\det V_{ij} = \left| \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_i \partial x_j} \right|_{x_s} \neq 0$ ,

то в этих стационарных состояниях системы справедлива лемма Морса и гарантирует существование гладкой замены переменных, такой, что функция Ляпунова (9) локально может быть представлена квадратичной формой

$$V(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i^2, \text{ где } \lambda_i - \text{собственные значения матрицы устойчивости}$$

Гессе:  $V_{ij}(x_s) = \left\| \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_i \partial x_j} \right\|_{x_s}$

$$\left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_1 \partial x_1} \right|_0 = -b_{n1}(k_1 - a_n), \left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_1 \partial x_j} \right|_0 = 0, \text{ при } j \neq 1$$

$$\left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_2 \partial x_2} \right|_0 = -b_{n2} \left( k_2 - a_{n-1} + \frac{1}{b_{n2}} \right), \left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_2 \partial x_j} \right|_0 = 0, \text{ при } j \neq 2$$

$$\left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_3 \partial x_3} \right|_0 = -b_{n3} \left( k_3 - a_{n-2} + \frac{1}{b_{n3}} \right), \left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_3 \partial x_j} \right|_0 = 0, \text{ при } j \neq 3$$

$$\left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_4 \partial x_4} \right|_0 = -b_{n4} \left( k_4 - a_{n-3} + \frac{1}{b_{n4}} \right), \left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_4 \partial x_j} \right|_0 = 0, \text{ при } j \neq 4$$

$$\dots$$

$$\left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_{n-1}^2} \right|_0 = -b_{n,n-1} \left( k_{n-1} - a_2 + \frac{1}{b_{n,n-1}} \right), \left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_{n-1} \partial x_j} \right|_0 = 0, \text{ при } j \neq n-1$$

$$\left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_n \partial x_n} \right|_0 = -b_{nn} \left( k_n - a_1 + \frac{1}{b_{nn}} \right), \left. \frac{\partial^2 V(x)}{\partial x_n \partial x_j} \right|_0 = 0, \text{ при } j \neq n$$

### ВЫВОДЫ

По лемме Морса функцию Ляпунова (9) локально в окрестности стационарного состояния можем представить в виде квадратичной формы

$$V(x) = -b_{n1}(k_1 - a_n)x_1^2 - b_{n2} \left( k_2 - a_{n-1} + \frac{1}{b_{n2}} \right) x_2^2 -$$

$$-b_{n3} \left( k_3 - a_{n-2} + \frac{1}{b_{n3}} \right) x_3^2 - b_{n4} \left( k_4 - a_{n-3} + \frac{1}{b_{n4}} \right) x_4^2 -$$

$$- \dots - b_{n,n-1} \left( k_{n-1} - a_2 + \frac{1}{b_{n,n-1}} \right) x_{n-1}^2 - b_{nn} \left( k_n - a_1 + \frac{1}{b_{nn}} \right) x_n^2 \tag{10}$$

Необходимое условие устойчивости стационарного состояния (6) будет определяться системой неравенств при  $b_{ni} > 0$  при  $i = \overline{1, n}$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} k_1 - a_n < 0, \\ k_2 - a_{n-1} + \frac{1}{b_{n2}} < 0, \\ k_3 - a_{n-2} + \frac{1}{b_{n3}} < 0, \\ \dots, \\ k_{n-1} - a_2 + \frac{1}{b_{n,n-1}} < 0, \\ k_n - a_1 + \frac{1}{b_{nn}} < 0 \end{array} \right. \tag{11}$$

Следовательно, при выполнении условий (11) система (5) в стационарном состоянии (6) будет асимптотически устойчивой.

За счет введения закона управления в классе трехпараметрических структурно-устойчивых отображений, показано, что система (1) приобретает свойства робастной устойчивости в широких пределах изменения неопределенного параметра объекта управления.

Стационарное состояние  $x_s^1$  (5) существует и является устойчивым при изменении неопределенных параметров объекта управления в области (11). При потере устойчивости стационарным состоянием  $x_s^1$  (5) появляется другое стационарное состояние  $x_s^2$  (6). Последнее является устойчивым при изменении неопределенных параметров объекта управления в иной области. Важно отметить, что, одновременно, указанные стационарные состояния  $x_s^1$  и  $x_s^2$  не существуют.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бейсенби, М. А.** Методы повышения потенциала робастной устойчивости систем управления. – Астана, 2011. – 352 с.

2 **Бейсенби, М. А., Сулейменова, С. Т., Таурбекова, А. А.** Исследование робастной устойчивости систем управления с  $m$  входами и  $n$  выходами в классе катастрофы «эллиптическая омбилика»/ М. А. Бейсенби, С. Т. Сулейменова, А. А. Таурбекова // Вестник НАН РК. – Номер 369 (2017). – № 5. – С. 142–147.

3 **Постон, Т., Стюарт, И.** Теория катастроф и ее приложения. – М. : Мир, 1980. – 607 с.

4 **Гилмор, Р.** Прикладная теория катастроф // В 2-х томах. – М. : Мир, 1984. – Т. 1. – 349 с.

Материал поступил в редакцию 14.06.18.

*М. А. Бейсенби<sup>1</sup>, С. Т. Сулейменова<sup>2</sup>*

**Үш параметрлі құрылымдық орнықты бейнелеу сыныбында бір кіріс және бір шығысты бейсыздықты нысандарын робасты орнықтылығы жоғары потенциалды басқару жүйелерін зерттеу**

<sup>1,2</sup>Ақпараттық технологиялар факультеті,

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал баспаға 14.06.18 түсті.

*M. A. Beisenbi<sup>1</sup>, S. T. Suleimenova<sup>2</sup>*

**Research of control systems with high potential of robust stability of nonlinear objects with one input and one output in the case of three-parameter structurally stable mappings**

<sup>1,2</sup>Faculty of Informational Technologies,

L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 14.06.18.

Бұл мақалада робасты орнықтылығының аумағы мейлінше кең тиімділігі жоғары басқару жүйелерін синтездеуге мүмкіндік беретін, апаттар теориясындағы үш параметрлі құрылымдық орнықты бейнелеу пішінінде белгісіз параметрлі объектілер үшін басқару жүйелерін құру үшін жаңа әдіс ұсынылады. Басқару жүйелерінің робасты тұрақтылығын зерттеу Ляпунов функциясын

құрастыруда жаңа әдіске негізделді. Ляпунов функциясы вектор – функция тұлғасында құрастырылып, градиенті жүйенің жылдамдық векторының компоненттерімен тензор түрінде беріледі. Жүйенің тұрақталған күйінің орнықтылық аймағы басқару нысанының белгісіз параметрлері бойынша қарапайым теңсіздіктер жүйесі түрінде алынған. Робасты орнықтылық әлеуеттілігі жоғарылатылған жүйе үш параметрлі құрылымдық орнықты бейнелеу сыныбында (эллиптикалық омбилика апатында) құрастырылған. Робасты орнықтылық әлеуеттілігі жоғарылатылған басқару жүйелерін құрастырудың амалы баяндалады.

*The article proposes a new approach to the construction of control systems for objects with indeterminate parameters in the form of three-parameter structurally stable mappings from catastrophe theory. This approach allows us to synthesize highly efficient control systems that have an extremely wide area of robust stability. Research of robust stability of control systems based on the construction of Lyapunov function. Lyapunov's function is formed as vector-function, antigradient of which is given by velocity vector's components of the system in the form of a tensor. Stability region of stationary states of the system is obtained in the form of simple inequalities from the indeterminate parameters of the control object. The system with a high potential of robust stability is constructed in the class of three-parameter structurally stable mappings (catastrophe of an elliptical umbilic). The method of constructing a control system with a high potential of robust stability is covered.*

**И. И. Павлюк<sup>1</sup>, И. И. Павлюк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>профессор, к.ф.-м.н., доцент, Факультет физики, математики и информационных технологий, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>доцент, Институт физико-математического и информационно-экономического образования, Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, 630126, Россия  
e-mail: ivan.pavlyuk@mail.ru

**О ПРОБЛЕМЕ ДЖ. УАЙГОЛДА В ТЕОРИИ ГРУПП**

*В Коуровскую тетрадь внесен вопрос 5.48 о переносе известного свойства конечных групп на конечно-порожденные, а именно справедлива ли теорема: если конечно-порожденная группа совпадает со своим коммутантом, то будет ли она совпадать с нормальным замыканием некоторого своего элемента? По-видимому, трудности в те годы возникли из-за неосвещенности структурного строения коммутанта группы. С внесением сравнений в научную разработку стало возможным рассматривать теоретико-групповые классово-сопряженные и классово-равные сравнения (в зависимости от бинарных отношений). Описание решений этих сравнений позволило найти ответ на поставленный вопрос.*

*Бесконечная конечно-порожденная группа, совпадающая со своим коммутантом, совпадает с нормальным замыканием некоторого своего элемента. Это следствие дает утвердительный ответ на вопрос Дж. Уайголда из Коуровской тетради.*

*Ключевые слова: конечно-порожденная группа, коммутант группы, нормальное замыкание элемента группы.*

**ВВЕДЕНИЕ**

В Коуровскую тетрадь [2] внесен вопрос 5.48 (2012 год) о переносе известного свойства конечных групп на конечно-порожденные, а именно справедлива ли теорема: если конечно-порожденная группа совпадает со своим коммутантом, то будет ли она совпадать с нормальным замыканием некоторого своего элемента? По-видимому, трудности в те годы возникли из-за неосвещенности структурного строения коммутанта группы. С внесением сравнений в научную разработку стало возможным рассматривать

теоретико-групповые классово-сопряженные и классово-равные сравнения (в зависимости от бинарных отношений). Описание решений этих сравнений позволило найти ответ на поставленный вопрос. В работе обозначения стандартные для теории групп и теории сравнений [1]. Выражение  $ax \equiv b$ , где  $a, b$  – элементы группы  $G$ , а " $\equiv$ " – бинарное отношение элементов группы  $G$ , назовем бинарным групповым сравнением относительно отношения " $\equiv$ ". Решения  $R(ax \equiv b)$  группового сравнения  $ax \equiv b$  – это те значения переменной  $x$ , взятые из  $G$ , которые удовлетворяют этому сравнению. Очевидно, отношение " $\overset{c}{\equiv}$ " сопряженности элементов  $a$  и  $b$  группы  $G$  определяется формулой.

$$(\forall a, b \in G)((a \overset{c}{\equiv} b) \Leftrightarrow (\exists x \in G)(a^x = b)). \tag{1}$$

Класс сопряженных с  $a$  элементов в группе  $G$  будем обозначать  $a^{\overset{c}{\equiv}}$ .

Сравнение  $ax \overset{c}{\equiv} b$ , где  $a, b \in a^{\overset{c}{\equiv}}$ , назовем классово-сопряженным. Его решение –  $R(ax \overset{c}{\equiv} b) = R^a$ .

**1 ЛЕММА.** (Закон сопряжения) В группе  $G$  для любых ее элементов  $a, g \in G$  истинна формула

$$(\forall g \in G)((a^g \overset{c}{\equiv} b^g) \Leftrightarrow (a \overset{c}{\equiv} b)). \tag{2}$$

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Н е о б х о д и м о с т ь. Пусть  $(\forall g \in G)(a^g \overset{c}{\equiv} b^g)$ .

Тогда из сравнения  $a^g \overset{c}{\equiv} b^g$  следует, что  $(\exists x \in G)(a^{gx} = b^g)$ . Отсюда, пользуясь Законом сокращения [1], будем иметь равенство  $a^{gxg^{-1}} = b$ . Оно дает сравнение  $a \overset{c}{\equiv} b$  (по определению).

**Д о с т а т о ч н о с т ь.** Пусть теперь  $a \overset{c}{\equiv} b$ . Очевидно,

$$(\forall g \in G) \left( a^g, b^g \in \left( a^{\overset{c}{\equiv}} \right)^g = a^{\overset{c}{\equiv}} \right). \text{ Таким образом, } a^g, b^g \in a^{\overset{c}{\equiv}} \text{ и,}$$

следовательно,  $(\forall g \in G)(a^g \overset{c}{\equiv} b^g)$ .

Лемма доказана.

Из доказанной леммы легко получается следующий известный факт.

**СЛЕДСТВИЕ.** Пусть  $G$ - группа. Тогда верна формула

$$(\forall g \in G)((a^g = b^g) \Leftrightarrow (a = b)).$$

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО** Следствия вытекает из Леммы 1, поскольку равные элементы сопряжены в группе  $G$ , т. е.  $(a = b) \Rightarrow (a \overset{c}{\equiv} b)$ . Верность

этой формулы вытекает также из Закона сокращения групповой операции-  
 $(\forall abc \in G)((a \equiv b) \Leftrightarrow (b \equiv c)).$

ЗАМЕЧАНИЕ 1. Произвольная группа  $G$  обладает сопряженными сравнениями, поскольку  $(\forall g \in G)(G^g = G)$ , а в силу Леммы 1  $(\forall g \in G)((ax)^g \equiv b^g \Leftrightarrow (ax \equiv b))$ , где  $a, b \in a^{\equiv}$ .

Отметим, что не каждое сопряженное сравнение коммутативно. Так, в группе  $S_3$  ( $a^3 = b^2 = 1, ba = a^{-1}b$ ) сравнения  $ax \equiv a^2$ ,  $a^2x \equiv a$  противоположные, они сопряженные, но  $ax \equiv a^2$  не коммутативно. Действительно, так  $R(ax \equiv a^2) = \{1, a\}$ , а  $R(a^2x \equiv a) = \{1, a^2\}$ . Отсюда  $R(a^2x \equiv a) \neq R(ax \equiv a^2)$ . Поскольку  $(\forall a \in G)(a^{\equiv} \neq \emptyset)$ , то сопряженное сравнение  $ax \equiv b$  всегда разрешимо в группе  $G$ , чего нельзя сказать о произвольном сравнении.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ. Сравнение  $ax \equiv b$  имеет единственное решение в группе  $G$  тогда и только тогда, когда элемент  $b$  содержится в центре  $Z(G)$  группы  $G$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Необходимость. Пусть сравнения  $ax \equiv b$  имеет единственное решение в  $G$ . Очевидно,  $(\forall g \in G)((ax \equiv b) \Leftrightarrow (ax \equiv b^g))$  и среди решений сравнения  $ax \equiv b$  есть решения  $x = a^{-1}b, x = a^{-1}b^g$ . Так как решение единственно в  $G$ , то  $a^{-1}b = a^{-1}b^g$  и  $(\forall g \in G)(b^g = b)$ . Отсюда  $G \leq C(b)$  и  $b \in Z(G)$ .

Достаточность. Пусть  $b \in Z(G)$ . Тогда  $(\forall g \in G)(b^g = b)$  и  $ax \equiv b^g = b$ . Отсюда следует, что  $(\exists z \in G)(ax = b^z = b)$  и  $x = a^{-1}b$  единственно в  $G$ .

2 ЛЕММА. Множество решений  $R(ax \equiv b) = R^a$  классово сопряженного группового сравнения  $ax \equiv b \left( a, b \in a^{\equiv} \right)$  в группе  $G$  является ее нормальным множеством, т. е. в группе  $G$  истинна формула

$$(\forall g \in G)(\forall h \in R^a) \Rightarrow (h^g \in R^a). \tag{3}$$

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Так как  $h \in R^a$ , то в силу Леммы 1  $(\forall g \in G)((ah)^g \equiv b^g)$ . Отсюда  $a^g h^g \equiv b^g$ . Очевидно, последнее сравнение есть классово сопряженное,  $a^g, b^g \in a^{\equiv}$  и  $(\forall g \in G)(h^g \in R^a)$ .

Лемма доказана.

СЛЕДСТВИЕ. Пусть  $G$  – группа. Тогда для ее элементов  $a, b \in a^{\equiv}$  истинна формула

$$(\forall g \in G)((\forall h \in R(ax = b)) \Leftrightarrow (\forall h^g \in R(ax = b))). \tag{4}$$

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Необходимость, очевидно, вытекает из следствия леммы 1 и леммы 2, поскольку равные выражения группы  $G$  сопряжены между собой.

Достаточность. Так как  $h^g \in R(ax = b)$ , а сравнение  $ax = b$  классово сопряженное, то  $(\forall g \in G)(h^g \in R(a^g x = b^g))$  или  $a^g h^g = b^g$ . Отсюда  $ah = b$  (следствие леммы 1) и  $h \in R(ax = b)$ .

Следствие доказано.

1 ТЕОРЕМА. Решения классово сопряженного группового сравнения  $xa = b$ , где  $a, b \in a^{\equiv} \left( \left| a^{\equiv} \right| \neq 2 \right)$  есть инвариантная подгруппа группы  $G$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Пусть  $R = R(xa = b)$  – решения указанного классово сопряженного сравнения. Очевидно,  $\forall x \in R$  сравнение  $x(x^{-1}y) = y \in a^{\equiv}$  относительно фиксированного неизвестного  $x$  имеет единственное решение в группе  $G[1]$ . Отсюда следует, что  $y_0 = x^{-1}y \in a^{\equiv}$ . Так как сравнение  $x^{-1}y = y_0$ , при  $y, y_0 \in a^{\equiv}$  имеет единственное решение относительно неизвестного  $x^{-1}$  в  $G$ , то, очевидно,  $(\forall x \in R)(x^{-1} \in R)$ .

Далее, из сравнения  $y = x^{-1}(xy)$ , поскольку  $x^{-1} \in R$  единственно в  $G$  для  $x$ , а элемент  $y \in a^{\equiv}$ , следует, что  $xy \in a^{\equiv}$ . Теперь, очевидно, что  $(\forall x \in R) \left( \forall y \in a^{\equiv} \right) \left( xy \in a^{\equiv} \right)$ . Пусть теперь  $a_1 = x_1 b_1, x_1, x_2 \in R^a(xa = b)$ ,  $a_1, b_1 \in a^{\equiv}$ . Тогда  $x_2 a_1 = x_2(x_1 b_1) = (x_2 x_1) b_1$ . Как установлено выше  $y_1 = x_2 a_1 \in a^{\equiv}$ . Сравнение  $y_1 = (x_2 x_1) b_1$  имеет единственное решение в группе  $G$  относительно неизвестного элемента  $x_2 x_1$ . Так как  $y_1, b_1 \in a^{\equiv}$ , то легко видеть, что  $x_2 x_1 \in R$ . Таким образом,  $R$  – подгруппа  $G$ . Как следует из Следствия Леммы 2  $R$  – инвариантная подгруппа группы  $G$ .

Теорема доказана.

ЗАМЕЧАНИЕ 2. Ограничение  $\left| \begin{smallmatrix} c \\ a \end{smallmatrix} \right| \neq 2$  в рассмотренной теореме существенно, поскольку существуют группы, которые обладают классом  $c \equiv a$  сопряженных элементов, содержащим два элемента, а решения классово сопряженного сравнения  $xa = b$  ( $a, b \in a$ ) не составляют подгруппы в них. В частности, в группе диэдра с генетическим кодом:  $a^8 = b^2 = (ab)^2 = 1$ , класс сопряженных элементов  $a = \{a, a^7\}$  дает сопряженные сравнения:  $xa = a^7$ ,  $xa = a$ ,  $xa^7 = a^7$ ,  $xa^7 = a$ . Объединение их решений  $\{1, a^2, a^6\}$  не является подгруппой указанной группы.

3 ЛЕММА. Групповые классово сопряженные сравнения  $ax = b$ ,  $ax_c \equiv b$ ,  $xa = b$ ,  $xa_c \equiv b$  эквивалентны в группе  $G$ , т.е. их решения совпадают.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Пусть  $R_{c \equiv}^a = R^a(ax_c \equiv b)$ , а  $R^a = R^a(ax = b)$ .

Если  $h \in R_{c \equiv}^a$ , то  $(\exists y \in G)(ah = b^y)$ . Так как  $a, b^y \in a$ , то сравнение  $ah = b^y$  классово сопряженное относительно отношения равенства и  $h \in R^a$ . Таким образом,  $(\forall h \in R_{c \equiv}^a)(h \in R^a)$  и  $R_{c \equiv}^a \subseteq R^a$ . Пусть теперь  $x \in R^a = R^a(ax = b)$ . Из сравнения  $ax = b$  следует, что  $(ax)_c \equiv b$  (так как  $(ax)^1 = b$ ) и  $x \in R_{c \equiv}^a$ . Таким образом,  $(\forall x \in R^a)(x \in R_{c \equiv}^a)$  и  $R^a \subseteq R_{c \equiv}^a$ , а вместе с этим  $R_{c \equiv}^a = R^a$ . Отсюда  $(ax = b) \cong (ax_c \equiv b)$ .

Аналогично устанавливается эквивалентность  $(xa = b) \cong (xa_c \equiv b)$ . Так как  $ax_c \equiv xa$ , то приходим к заключению, что  $(ax_c \equiv b) \cong (xa_c \equiv b)$ .

Лемма доказана.

2 ТЕОРЕМА. Множество  $R^a = \left\{ \begin{smallmatrix} c \\ a^{-1} \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} c \\ a \end{smallmatrix} \right\}$  решений классово сопряженного

сравнения  $ax_c \equiv b$  (при  $\left| \begin{smallmatrix} c \\ a \end{smallmatrix} \right| \neq 2$ ) относительно отношения  $(c \equiv)$  сопряжения

элементов группы  $G$  является ее нормальной подгруппой.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО вытекает из леммы 3 и теоремы 1.

4 ЛЕММА. Для любого элемента  $g$  группы  $G$  и любого фиксированного элемента  $c \in G$  решение сопряженного группового сравнения  $sx_c \equiv c^g$  содержится в  $R(ax_c \equiv b) = R^a$ - группе решений классово сопряженного группового сравнения  $ax_c \equiv b \left( a, b \in a, \left| \begin{smallmatrix} c \\ a \end{smallmatrix} \right| \neq 2 \right)$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Пусть  $h = a^{-1}b^z$  - некоторое решение сравнения  $ax_c \equiv b$ , где  $z \in G$ . Тогда  $ch = c(a^{-1}b^z)c^{-1} = h^{c^{-1}}c$ . Умножим обе части равенства  $ch = h^{c^{-1}}c$  справа на элемент  $y = (h^{-1})^{c^{-1}}$ . Получим  $ch(h^{-1})^{c^{-1}} = c^{y^{-1}}$ . Так как  $(\forall g \in G)(c^{y^{-1}}c \equiv c^g)$ , то  $(\forall g \in G)(ch(h^{-1})^{c^{-1}}c \equiv c^g)$ . Поскольку  $R^a$  - нормальный делитель группы  $G$  (теорема 2), то  $(\forall g \in G)\left(c^{-1}c^g = (h(h^{-1})^{c^{-1}})^d \in R^a\right)$ , где  $d$  некоторый элемент из  $G$ .

Отсюда, очевидно,  $(\forall g \in G)(\forall c \in G)(c^{-1}c^g \in R^a)$ .

Лемма доказана.

СЛЕДСТВИЕ  $(\forall a, b, c, d \in G)\left(a, b \in a, \left| \begin{smallmatrix} c \\ a \end{smallmatrix} \right| \neq 2, c, d \in c, \left| \begin{smallmatrix} c \\ c \end{smallmatrix} \right| \neq 2\right) \Rightarrow$

$((R(ax_c \equiv b) = R(cx_c \equiv d)))$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО вытекает из леммы 4, поскольку элементы  $a$  и  $c$  группы  $G$  в доказательстве леммы 4 выбраны произвольно.

3 ТЕОРЕМА. Множество решений  $R^a$  группового классово сопряженного сравнения  $ax_c \equiv b \left( a, b \in a, \left| \begin{smallmatrix} c \\ a \end{smallmatrix} \right| \neq 2 \right)$  совпадает с коммутантом  $G'$  группы  $G$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Поскольку  $(\forall a \in G \setminus 1)(\forall g \in G)(a^{-1}a^g \in R^a)$ , (Следствие Леммы 4), то очевидно  $G' = \text{gr}([a, g]) \subseteq R^a$ . Далее, любое решение классово сопряженного сравнения  $ax_c \equiv b$  имеет вид коммутатора  $a^{-1}a^g$ , при любых  $a, g \in G$ , так как  $R(ax_c \equiv b) = R(ax_c \equiv a^g)$ ,  $x = a^{-1}a^{gz} = [a, t]$ , где  $t = gz$ . Коммутант  $G'$ , как известно, порождается всевозможными коммутаторами элементов группы  $G$ . Отсюда следует, что  $R^a \subseteq G'$ . Из соотношений  $R^a \subseteq G'$ ,  $G' \subseteq R^a$  следует равенство  $R^a = G'$ .

Теорема доказана.

4 ТЕОРЕМА. Пусть  $G$  – группа, совпадающая со своим коммутантом

$G'$ . Тогда  $(\exists a \in G)(z p(a) = G)$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Если в группе  $G$  существует элемент  $a$  такой, что  $|a^{c=}| = 2$ , то  $|G : C(a)| = 2$  и  $G / C(a)$  – циклическая группа, а  $G' \leq C(a)$ . Противоречие. Из теоремы 3 и Леммы 3 следует, что

коммутант  $G' = R(ax = b)$ ,  $a, b \in a^{c=}$ . Очевидно, множество элементов  $R(ax = b) = x = a^{-1}b$ , содержится в  $z p(a)$ . Отсюда  $G' \leq z p(a)$  и  $G \leq z p(a)$ .

Таким образом,  $G = z p(a)$ .

Теорема доказана.

СЛЕДСТВИЕ. Бесконечная конечно-порожденная группа, совпадающая со своим коммутантом, совпадает с нормальным замыканием некоторого своего элемента.

Это следствие дает утвердительный ответ на вопрос 5.48 Дж. Уайголда из Коуровской тетради [2].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Павлюк, Ин. И., Павлюк, И. И.** К теории сравнений в группах. // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова. Серия физико-математическая. Павлодар. ПГУ, 2004. – № 3. – С. 34–49.

2 **Мазуров, В., Д., Хухро, Е. Н.** Нерешенные вопросы теории групп (Коуровская тетрадь), – // Изд.15 Новосибирск : Новосибирский госуниверситет 2002. – 172 с.

Материал поступил в редакцию 14.06.18.

*И. И. Павлюк, Ин. И. Павлюк*

**Топтар теориясындағы Дж. Уайголд мәселері**

<sup>1</sup>С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

<sup>2</sup>Новосібір мемлекеттік педагогикалық университеті,

Новосібір қ., 630000, Ресей.

Материал баспаға 14.06.18 түсті.

*I. I. Pavlyuk, In. I. Pavlyuk*

**On J. Whigold problem in theory of groups**

<sup>1</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar; 140008, Republic of Kazakhstan;

<sup>2</sup>Novosibirsk State Pedagogical University,  
Novosibirsk, 630000, Russia.

Material received on 14.06.18.

*Бұл жұмыста топтардың өзінің коммутантымен сәйкес келуі, кейбір өзінің элементтерінің қалыпты жабылуымен сәйкес келеді.*

*The work proves that the group, which is similar to its commutant is similar to the closing of its element.*



ГРНТИ 29.33.47

**С. А. Гученко<sup>1</sup>, В. Ч. Лауринас<sup>2</sup>, С. С. Касымов<sup>3</sup>,  
О. Н. Завацкая<sup>4</sup>, В. М. Юров<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>магистр, Физико-технический факультет, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>к.ф.-м.н., профессор; Физико-технический факультет, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан;

<sup>3</sup>к.ф.-м.н., доцент, Физико-технический факультет, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан;

<sup>4</sup>магистр, Физико-технический факультет, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан;

<sup>5</sup>к.ф.-м.н., доцент, Физико-технический факультет, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, г. Караганда, 100028, Республика Казахстан

e-mail: guchen@mail.ru; vitas-laurinas@rambler.ru; skasymov@mail.ru; olga\_zavackayagladun@mail.ru; exciton@list.ru

## **ЛАЗЕРНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

*В работе предлагается новый метод получения высокоэнтропийных сплавов в приповерхностном слое металлической основы. В качестве металлической основы используется сталь, содержащая примеси хрома, никеля и титана. На эту основу ионно-плазменным методом наносится сплав  $AlFe_{0,43}$  толщиной 15 микрон. Затем полученное покрытие облучалось лазером. В качестве источника лазерного излучения использовался лазер на алюмоиттриевом гранате, легированном неодимом ( $\lambda = 1064\text{НМ}$ ). Длительность вспышки лампы накачки лазера, работавшим в режиме свободной генерации, составляла  $2 \cdot 10^{-3}$  с. Энергия лазерного импульса составляла 1 Дж, частота следования лазерных импульсов регулировалась от*

*0.1 до 35 Гц. Электронно-микроскопическое исследование проводилось на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN. Система рентгеновского энергодисперсионного микроанализа X-Act (Oxford Instruments) позволяет локально определять элементный состав на поверхности образца. Элементный анализ показал образование высокоэнтропийного покрытия с высокими эксплуатационными характеристиками.*

*Ключевые слова: покрытие, наноструктура, лазер, легирование, высокоэнтропийный сплав.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Увеличение ресурса работы деталей механизмов и машин, повышение надежности и долговечности инструмента является актуальной задачей промышленного производства. Для инструмента с повышенными требованиями к вязкости высокую прочность создают лишь в поверхностных слоях. Для этой цели наносят различные функциональные покрытия: ионно-плазменное, электродуговое, магнетронное распыление и другие. Известны способы химико-термической обработки металлов: цементация, азотирование, нитроцементация и другое – диффузионное насыщение (легирование) поверхностного слоя неметаллами (C, N, B, Si...) или металлами (Cr, Al...). Особенно перспективно направление, связанное с модифицированием поверхности – лазерное легирование (см., обзоры [1–4]).

Наибольшее распространение при лазерном легировании получили различные наполнители и лазерные добавки [3]. Применяют также металлические порошки [5].

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В отличие от рассмотренных в работах [1–5] методах легирования, мы использовали лазерное легирование готовых нанокристаллических покрытий. Покрытия наносились на сталь 12Cr18Ni10Ti при распылении катодов  $AlFe_{0,43}$  ионно-плазменным методом. В качестве источника лазерного излучения использовался лазер на алюмоиттриевом гранате, легированном неодимом ( $\lambda = 1064\text{НМ}$ ). Длительность вспышки лампы накачки лазера, работавшим в режиме свободной генерации, составляла  $2 \cdot 10^{-3}$  с. Энергия лазерного импульса составляла 1 Дж, частота следования лазерных импульсов регулировалась от 0.1 до 35 Гц.

Электронно-микроскопическое исследование проводилось на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN. Система рентгеновского энергодисперсионного микроанализа X-Act (Oxford Instruments) позволяет локально определять элементный состав на поверхности образца.

Рассмотрим задачу о диффузии атомов (ионов) в неограниченной пластине толщиной  $h$ . Для простоты и сравнения ограничимся стационарным случаем. Тогда уравнение диффузии ( $c$  – концентрация атомов) будет иметь вид:

$$\frac{d}{dx} \left( D \frac{dc}{dx} \right) = 0. \tag{1}$$

В классическом случае  $D = \text{const}$ , а в нашем –  $D = D_0(1 - \alpha/x)$  [6]. Здесь размерный фактор обозначен через  $\alpha = 2\sigma v/RT$  ( $\sigma$  – поверхностное натяжение,  $v$  – атомный объем,  $R$  – газовая постоянная,  $T$  – температура. С учетом размерного эффекта, уравнение (1) приводится к виду:

$$\frac{x}{x + \alpha} \frac{dc}{dx} = \frac{C_1}{D_0}. \tag{2}$$

Здесь  $C_1$  – постоянная. Решение уравнения (2) имеет вид:

$$c(x) = \frac{C_1}{D_0} (x + \alpha \ln x) + C_2. \tag{3}$$

Если в (3)  $D = \text{const}$ , то имеем классическое решение задачи:

$$c(x) = C_1 x + C_2. \tag{4}$$

В отличие от классической задачи (4) в уравнении (3) появляется логарифмический член. Но самое существенное то, что распределение концентрации диффундирующих атомов зависит от материала подложки. При  $x=0$  из (3) видно, что решение расходится. Поэтому граничные условия нужно задавать не при  $x=0$ , а при  $x = \lambda_{\text{дБ}}$  – длине де Бройлевской волны электронов. Только в этом случае имеют смысл классические уравнения диффузии.

На рисунке 1 показано 3D-изображение покрытий  $\text{AlFe}_{0,43}$ , полученное на атомно-силовом микроскопе NT-206, а на рисунке 2 – РЭМ изображение.

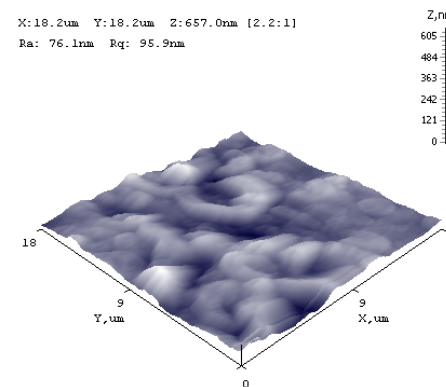


Рисунок 1 – 3D – изображение покрытия  $\text{AlFe}_{0,43}$

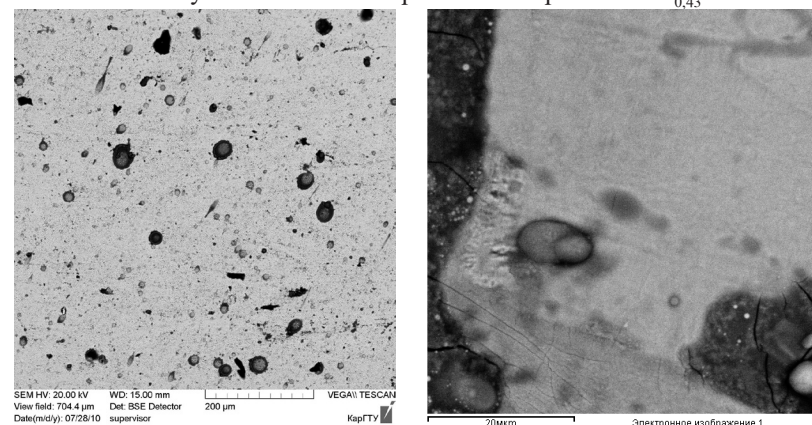


Рисунок 2 – а) Электронно-микроскопическое изображение покрытия  $\text{AlFe}_{0,43}$  до лазерного облучения б) после лазерного облучения

Элементный состав покрытия  $\text{AlFe}_{0,43}$  до облучения и после облучения представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Элементный состав покрытия  $\text{AlFe}_{0,43}$  до облучения

Элемент	Весовой %
C K	7.30
O K	5.46
Al K	12.35

Mn K	0.36
Fe K	74.53
Итого	100.00

Таблица 2 – Элементный состав покрытия  $AlFe_{0,43}$  после облучения

Элемент	Весовой %
O K	11.05
Al K	14.10
Ti K	30.06
Cr K	15.48
Mn K	11.37
Fe K	18.95
Итого	100.00

В таблице 3 приведены коэффициенты трения образцов  $AlFe_{0,43}$  в паре с алюминием и медью в среде аргона без лазерной обработки и после лазерной обработки. В таблице 4 приведены значения микротвердости по Виккерсу (HV) образцов  $AlFe_{0,43}$  в среде аргона без лазерной обработки и после лазерной обработки.

Таблица 3 – Коэффициенты трения  $AlFe_{0,43}$ , полученного в среде аргона

Образец	Коэффициент трения	
	алюминий	медь
$AlFe_{0,43}$ без лазерной обработки	0,327	0,282
$AlFe_{0,43}$ после лазерной обработки	0,142	0,148

Таблица 4 – Микротвердость  $AlFe_{0,43}$ , полученного в среде аргона

Образец	Нагрузка испытания, кг	Микротвердость, HV
$AlFe_{0,43}$ без лазерной обработки	0,025	196,8
$AlFe_{0,43}$ после лазерной обработки	0,025	453,2

При первичном лазерном оплавлении поверхности с покрытием однородность слоя довольно низкая (рис. 2б). Повторное лазерное облучение при более мягких режимах обеспечивает получение легированных слоев высокого качества и позволяет уменьшить структурную неоднородность. При этом упрочняющие частицы состоят из глобулярных выделений, что не должно служить причиной появления трещин при эксплуатации. По сравнению с металлом основы слой травится очень плохо, что свидетельствует о его высокой коррозионной стойкости

Сравнение элементного состава до и после лазерного облучения (таблицы 1 и 2) показывает, что состав покрытия сильно изменился из-за перемешивания с частицами металлической основы. Это связано, в первую очередь, с зависимостью коэффициента диффузии от состава металлической основы согласно уравнению (3).

Полученный сплав представляет собой высокоэнтропийное соединение (таблица 2), которое содержит не менее 5 элементов, причем количество каждого из них не больше 35 ат. % и не меньше 5 ат. %. Для таких соединений характерна большая величина энтропии смешения.

В работе [7] впервые были синтезированы высокоэнтропийные сплавы, предложено их название и показано, что они могут обладать рядом уникальных свойств.

В работе [8] были проанализированы критерии образования неупорядоченных твердых растворов замещения в высокоэнтропийных сплавах. Показано, что ни один критерий или их определенная комбинация не позволяют достаточно точно предсказывать формирование твердых растворов или интерметаллидных фаз в высокоэнтропийных сплавах.

Из таблицы 3 видно, что коэффициент трения уменьшается более чем в 2 раза. Это связано с уменьшением шероховатости при лазерном оплавлении покрытия. Микротвердость увеличивается почти в 3 раза (таблица 4), то есть эксплуатационные характеристики покрытий становятся значительно лучше.

В работе [7] суммированы четыре основных эффекта высокоэнтропийных сплавов, а именно:

- (1) Термодинамика: эффект высокой энтропии;
- (2) Кинетика: вялая диффузия;
- (3) Структура: сильное искажение решетки;
- (4) Свойства: эффект коктейля.

(1) Условием термодинамической стабильности фазы является минимум ее свободной энергии. Так как  $G=U+H-TS$ , высокая энтропия приводит к уменьшению энергии Гиббса и стабилизации твердого раствора.

(2) Эффект вялой диффузии вытекает из уравнения (3) и связан с логарифмическим слагаемым. Обычно этот эффект используется для объяснения образования наноразмерных выделений, поскольку в материалах, в которых диффузия затруднена, зародыши легче формируются, но растут медленно.

(3) Поскольку размеры атомов могут быть очень различными, то кристаллическая решетка сильно искажается, что приводит к высоким упругим напряжениям и торможению дислокаций. Этот эффект подтверждается сверхвысокой прочностью ОЦК высокоэнтропийных сплавов.

(4) Для металлических сплавов эффект коктейля указывает, что неожиданные свойства могут быть получены после смешивания многих элементов, которые не могут быть получены из какого-либо одного независимого металла. Эффект коктейля показывает, что свойства сплава могут быть значительно изменены путем варьирования состава и легирования.

Распространенный метод получения высокоэнтропийных сплавов – это дуговая плавка. Температура при дуговой плавке может быть очень высокой (> 3000 °C). Используется также технология плазменного напыления и лазерной или электронно-лучевой наплавки [8, 9]. Используется также механическое легирование – это разрушение в шаровой мельнице и повторная сварка частиц порошка. Этим методом можно синтезировать равновесные и неравновесные сплавы, как смешиванием элементарных веществ, так и диспергированием предварительно приготовленных сплавов [9]. Метод используется для получения дисперсионно-упрочненных сплавов на никелевой или железной основе для аэрокосмической промышленности.

#### ВЫВОДЫ

Предложенный в настоящей работе метод лазерного легирования отличается от цитированных выше работ [8, 9] простотой исполнения. Этот метод обладает и другими преимуществами:

- высокая износостойкость;
- хорошие антифрикционные характеристики;
- высокая стойкость к коррозии;
- экономичность покрытий.

В работе также показано, что существенную роль при образовании высокоэнтропийных покрытий оказывает структура поверхностного слоя.

Следует отметить, что свойства поверхностного слоя, то есть структура и характеристики, получаемые им вследствие обработки детали, зависят в первую очередь от формирующей технологии и технологии, которая придает поверхности специальные физико-химические и механические свойства. В нашем случае – это лазерная обработка поверхностного слоя.

На свойства поверхностного слоя влияет и высокое содержание кислорода в покрытии (таблица 2). Скорость адсорбции, как правило, возрастает во времени и происходит тем быстрее, чем выше температура. Высокая температура возникает при лазерном облучении.

Работа выполнена по программе МОН РК. Гранты №0118РК000063 и №Ф.0780.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Zhang, Y., Lu J., Luo K.** Laser Shock Processing of FCC Metals : Mechanical Properties and Micro-structural Strengthening Mechanism – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. – XI. – 194 p.

2 **Yilbas, B. S., Shuja, S. Z.** Laser Surface Processing and Model Studies. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. – IX. – 147 p.

3 **Brandt, M.** Laser Additive Manufacturing Materials, Design, Technologies, and Applications. – Woodhead Publishing, 2017. – 479 p.

4 **Gladush, G. G., Smurov, I.** Physics of Laser Materials Processing : Theory and Experiment. – Springer-Verlag, Berlin, 2011. – 534 p.

5 **Radziszewska, A., Kusiński, J.** Laser alloying of the plain carbon steel surface layer // Archives of foundry Engineering, 2008. – Vol. 8. – № 2. – P. 175–179.

6 **Yurov, V. M.** Superficial tension of pure metals // Eurasian Physical Technical journal, 2011. – Vol. 8. – № 1(15). – P. 10-14.

7 **Yeh, J. W., Chen, S. R., Lin, S. J.** et al. Nanostructured high-entropy alloys with multiple principal elements: novel alloy design concepts and outcomes // Adv. Eng. Mater., 2004. – V. 6 (5). – P. 299–303.

8 **Ye, Y. F., Wang, Q., Lu, J.** et al. High-entropy alloy: challenges and prospects. // Materials Today. – 2016. – V. 19/ – № 6. – P. 534–539.

9 **Colombini, E., Rosa, R., Trombi, L.** et al. High entropy alloys obtained by field assisted powder metallurgy route : SPS and microwave heating // Materials Chemistry and Physics. – 2018. – V. 210. – P. 78–86.

Материал поступил в редакцию 14.06.18.

*С. А. Гученко<sup>1</sup>, В. Ч. Лауринас<sup>2</sup>, С. С. Қасымов<sup>3</sup>, О. Н. Завадская<sup>4</sup>, В. М. Юров<sup>5</sup>*  
**Көп элементті жабындыларды лазерлік легірілеу**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Физика-техникалық факультеті,

Е. А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті,  
Қарағанды қ., 100028, Қазақстан Республикасы;

Материал баспаға 14.06.18 түсті.

*S. A. Guchenko<sup>1</sup>, V. Ch. Laurinas<sup>2</sup>, S. S. Kasymov<sup>3</sup>, O. N. Zavatskaya<sup>4</sup>, V. M. Yurov<sup>5</sup>*  
**Laser decomposition of multi-element coatings**

<sup>1,2,3,4</sup>Physics and Technology Faculty,

E. A. Buketov Karaganda State University,  
Karaganda, 100028, Republic of Kazakhstan;

Material received on 14.06.18.

*Мақалада металл субстраттың беткі қабатына жоғары энтропиялық қорытпаларды алудың жаңа тәсілі ұсынылған.*

*Металл негізі ретінде хром, никель және титан қоспалары бар болат қолданылады. Осы негізде қалыңдығы 15 мкм болатын  $AlFe_{0.43}$  қорытпасы ион-плазмалық әдіспен қолданылады. Соған соң алынған жабын лазермен сәулеленді. Лазерлік сәуле көзі ретінде неодимді алюминий-граната лазерін қолданды. Бос режимде жұмыс істейтін лазерлік сорғы шамдарының ұзақтығы  $2 \times 10^{-3}$  с. Лазердің импульсінің энергиясы 1 Дж болды, лазерлік импульстардың қайталану жылыдамдығы 0,1 ден 35 Гц дейін бақыланды. Электрондық микроскопия TESCAN- фирмасының MIRA 3 сканерлеу электронды микроскопын пайдалана отырып жүргізілді. Рентгендік энергодисперсті микроанализ жүйесі X-Act (Oxford Instruments) үлгі бетіндегі элементтік құрамды анықтауға мүмкіндік береді. Элементтік талдау жоғары өнімділік сипаттамалары бар жоғары entropic жабынды қалыптастыру көрсетті.*

*A new method for obtaining high-entropy alloys in the near-surface layer of a metal substrate is proposed. As a metal base, steel containing impurities of chromium, nickel and titanium is used. On this basis, an  $AlFe_{0.43}$  alloy 15 microns thick is applied by the ion-plasma method. Then the resulting coating was irradiated with a laser. As a source of laser radiation, a neodymium-doped aluminum-garnet laser was used. The duration of the flash of the laser pumping lamps operating in the free-running mode was  $2 \times 10^{-3}$  s. The energy of the laser pulse was 1J, the repetition rate of the laser pulses was controlled from 0.1 to 35 Hz. Electron microscopy was carried out using a scanning electron microscope MIRA 3 from TESCAN. X-ray energy dispersive microanalysis system X-Act (Oxford Instruments) allows to locally determine the elemental composition on the sample surface. Elemental analysis showed the formation of high-entropic coating with high performance characteristics.*

ГРНТИ 28.17.23, 28.17.33

**С. С. Жузбаев<sup>1</sup>, Д. С. Сабитова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>к.ф.-м.н., доцент; <sup>2</sup>докторант, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан  
e-mail: <sup>1</sup>juzbayev@mail.ru; <sup>2</sup>dianasabitova@yahoo.com

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В ОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ**

*Необходимость анализа волновых процессов в деформируемом теле и прогнозирования закономерностей его поведения привели к совершенствованию математических методов решения задач. В связи с развитием информационных технологий и доступности к вычислительным мощностям компьютеров, получили новое развитие численные методы решения: метод конечных разностей, метод расщепления и метод пространственных характеристик и т.д. Статья посвящена компьютерному моделированию волновых процессов. В качестве примера было взято упругое тело с распределенной динамической нагрузкой. Построена математическая модель волнового процесса, определен метод анализа распространения волн. Была определена точечная схема и выбран шаблон. Определены условия для внутренних, граничных и угловых точек области. Разработано программное обеспечение и проверен результат расчетов. Были получены осциллограммы продольных скоростей и нормального напряжения, изолинии нормального напряжения.*

*Ключевые слова: компьютерное моделирование, математическая модель, метод бихарактеристик, характеристические конусы, разрешающие разностные уравнения, точечная схема.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день большой интерес представляют преобразования, происходящие в твердых телах в результате внешней деформации. Этот интерес нашел отражение в теоретических, но в большей степени, прикладных областях механики.

Существование статических нагрузок и их влияние в процессе строительства или проектирования можно рассчитать. В то время, как

динамические нагрузки могут принести значительные финансовые затраты в случае, если их не учитывать при проектировании. Так, для изучения динамических нагрузок необходимо исследовать тело в пространственно-временной проекции, чтоб проанализировать волновые процессы в этом теле. Поэтому, исследование неустановившихся процессов в механике твердого тела приобретает в настоящее время все большее значение.

Так как процесс распространения волн и анализ деформации в теле невозможно проводить в реальных условиях, то становится актуальным компьютерное математическое моделирование волнового процесса.

Основной задачей компьютерного моделирования является построение и манипулирование абстрактными математическими или графическими представлениями экономических, инженерных, производственных, социальных и других типов ситуаций и природных явлений, моделируемых с помощью компьютерной системы [1].

Изучение компьютерных моделей более удобно и применяется во всех сферах деятельности человека: в экономике, инженерии, производстве и т.п.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Компьютерное моделирование – это метод решения задачи анализа или синтеза сложной системы на основе использования ее компьютерной модели. Суть компьютерного моделирования заключается в получении количественных и качественных результатов модели.

Качественные выводы, которые получаются в результате анализа и синтеза, дают возможность получить новые сведения о комплексном объекте или системе, такие как целостность, устойчивость, динамику и пр. Количественные выводы помогают спрогнозировать будущее системы или же, наоборот, объяснить прошлые события или значения переменных, отражающих сущность системы.

Изучение компьютерных моделей более удобно и применяется в тех случаях, когда действительная постановка эксперимента является невозможной или носит характер непредсказуемости.

Если обозначить переменные, влияющие на процесс как  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , и значения после моделирования как  $y_1, y_2, \dots, y_k$ , то можно символически обозначить связь между ними с помощью функции (рисунок 1):

$$y_k = F_j(x_1, x_2, \dots, x_n); (j=1, 2, \dots, k),$$

где  $F_j$  – это действие, которое необходимо совершить по отношению к  $x_n$ , чтобы получить  $y_k$ .

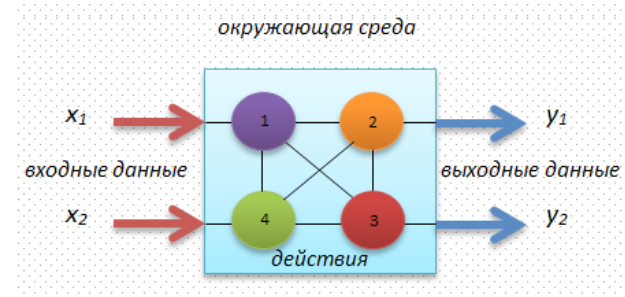


Рисунок 1 – Схематическое изображение связи входных данных и выходных данных

Рассмотрим процесс компьютерного математического моделирования на конкретной задаче.

Постановка задачи. В прямоугольной системе координат рассматривается идеально упругое тело  $D$  плоское сечение, которого является прямоугольником  $/x_1 \leq L_1, 0 \leq x_2 \leq L_2$  (рисунок 2).

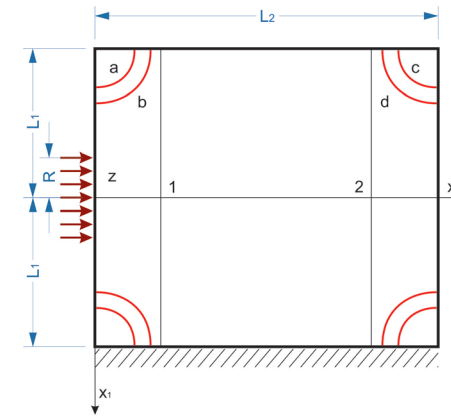


Рисунок 2 – Область исследования

В начальный момент времени тело находится в состоянии покоя:

$$v_i = \sigma_{ij} = 0, (i, j=1, 2). \tag{1}$$

Кроме того, левая боковая граница тела подвергается локальному динамическому возмущению, т.е. при:

$$\begin{aligned} x_2=0, |L_1 - x_1| \leq R: \sigma_{22} = f(t), \sigma_{12} = 0, \\ x_2=0, |L_1 - x_1| > R: \sigma_{22} = 0, \sigma_{12} = 0. \end{aligned} \tag{2}$$

Правая боковая и верхняя граница тела свободны от напряжения, т.е. при:

$$\begin{aligned} x_2=L_2, |x_j| \leq L_j: \sigma_{22}=0, \sigma_{12}=0, \\ 0 \leq x_2 \leq L_2, x_1 = -L_1: \sigma_{11}=0, \sigma_{12}=0. \end{aligned} \quad (3)$$

Нижняя граница жестко закреплена, т.е. при:

$$x_1=L_1, 0 \leq x_2 \leq L_2: v_1=0, v_2=0. \quad (4)$$

Необходимо исследовать напряженное состояние упругого тела D при  $t > 0$ .

Построение математической модели. Для решения задачи с заданными начальными и граничными условиями используется система уравнений, состоящая из уравнений движения и обобщенного закона Гука:

$$\begin{cases} \sigma_{11,1} + \sigma_{12,2} = \rho \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} \\ \sigma_{21,1} + \sigma_{22,2} = \rho \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} \end{cases}, \quad (5)$$

$$\begin{cases} \sigma_{11} = \lambda(u_{1,1} + u_{2,2}) + 2\mu u_{1,1} \\ \sigma_{22} = \lambda(u_{1,1} + u_{2,2}) + 2\mu u_{2,2} \\ \sigma_{12} = \mu(u_{1,2} + u_{2,1}) \end{cases}, \quad (6)$$

где  $\rho$  – плотность,  $\lambda, \mu$  – постоянные Ламе,  $\delta_{ij}$  – дельта Кронекера.

Для удобства вводится независимые безразмерные переменные и искомые величины [2]:

$$\bar{t} = \frac{tc_1}{b}; \quad \bar{x}_i = \frac{x_i}{b}; \quad \bar{v}_i = \frac{1}{c_1} \frac{\partial u_i}{\partial t}; \quad \bar{\sigma}_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\rho c_1^2};$$

$$\gamma_{12} = \frac{c_2}{c_1}; \quad \gamma_{11} = 1 - 2\gamma_{12}^2; \quad (i, j = 1, 2),$$

где  $b$  – характерная длина,  $c_1 = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$ ;  $c_2 = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$  – скорости.

В дальнейшем черта над безразмерными параметрами опускается.

После объединения безразмерных величин, уравнения движения (5) и дифференцированных по времени соотношений обобщенного закона Гука (6), приобретают вид:

$$\begin{cases} \dot{v}_1 = \sigma_{11,1} + \sigma_{12,2} \\ \dot{v}_2 = \sigma_{21,1} + \sigma_{22,2} \\ \dot{\sigma}_{11} = v_{1,1} + \gamma_{11}v_{2,2} \\ \dot{\sigma}_{12} = \gamma_{11}v_{1,1} + v_{2,2} \\ \dot{\sigma}_{12} = \gamma_{12}^2(v_{1,2} + v_{2,1}) \end{cases}. \quad (7)$$

Индексы после запятой означают частные производные по декартовым координатам, точка сверху – частные производные по времени.

Метод бихарактеристик. Характеристические поверхности системы (7) представляют собой конусы с осями, параллельными оси времени (рисунок 3).

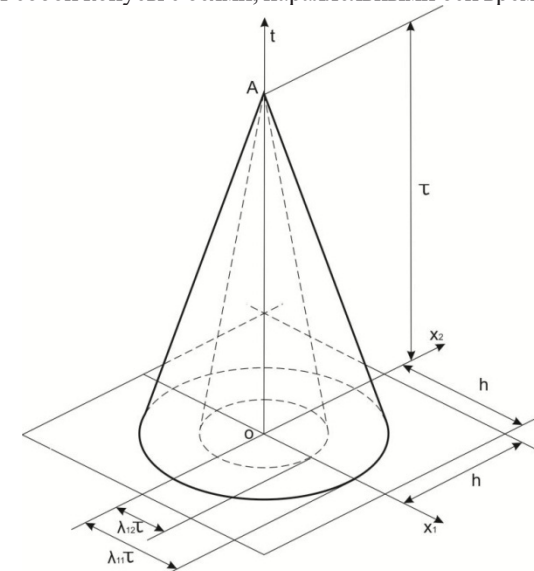


Рисунок 3 – Характеристический конус

Образующие этих конусов совпадают с бихарактеристиками уравнений (7). Для получения уравнения этих бихарактеристик и условий на них, расщепляем двумерную систему (7) на одномерные. Это можно выполнить, если в системе (7) поочередно зафиксировать одну из пространственных переменных. Этот прием соответствует идее К. А. Багриновского и С. К. Годунова о расщеплении многомерных t-гиперболических систем на одномерные системы.

При  $x_k = const$  имеем:

$$\text{где } \begin{cases} \dot{v}_i - \sigma_{ij,j} = a_{ij} \\ \dot{\sigma}_{ij} - \lambda_{ij}^2 v_{i,j} = b_{ij} \end{cases}, (i, j = 1, 2) \quad (8)$$

$$a_{ij} = \sigma_{ik,k}; \lambda_{ij} = \delta_{ij} + \gamma_{12}(1 - \delta_{ij}); b_{ij} = [\gamma_{11}\delta_{ij} + \gamma_{12}^2(1 - \delta_{ij})]v_{p,k}.$$

Здесь и в дальнейшем  $i, j, k, p = 1, 2; p \neq i; k \neq j$ .

Отсюда применяя известные методы для получения дифференциальных уравнений бихарактеристик и условия на них, получим:

$$dx_j = \pm \lambda_{ij} dt, \quad (9)$$

$$d\sigma_{ij} \mp \lambda_{ij} dv_i = (b_{ij} \mp \lambda_{ij} a_{ij}) dt. \quad (10)$$

Здесь,  $dv_i$  означает приращение скорости перемещения  $v_i$  вдоль бихарактеристики (9) за время  $dt$ . Из (9) видно, что в каждой из двух гиперплоскостей  $(x_p, t)$  имеются две пары семейства бихарактеристик, распространяющихся с продольными ( $\lambda_{11} = \lambda_{22} = 1$ ) и сдвиговыми ( $\lambda_{12} = \lambda_{21} = \gamma_{12}$ ) скоростями соответственно. В каждой из двух плоскостей  $(x_p, t)$  имеются по два семейства бихарактеристик положительного и отрицательного направления.

В уравнениях (9) и (10) верхний знак соответствует бихарактеристикам положительного, а нижний знак – отрицательного направления.

Выбор точечной схемы и шаблона. Данное тело разбивается на квадратные ячейки, стороны которых  $\Delta x_1 = \Delta x_2 = h$ . В узловых точках ищутся значения функций  $v_p, \sigma_{ij}$  в различные моменты времени с шагом  $\tau$ . Точечная сетка на основе которых строится разностная схема, помимо упомянутых узловых точек, содержит точки, образованные пересечением бихарактеристик с гиперплоскостями  $t = const$ .

Принимается шаблон, состоящих из узла  $O$  и точек  $E_{ij}^{\pm}$ , отстоящих от точки  $O$  на расстояния  $\lambda_{ij}\tau$ .

В дальнейшем значениям функций в точке  $O$  приписывается верхний знак «0», в точках  $E_{ij}^{\pm}$  – нижний индекс  $ij$  и верхний знак «±» (например  $\sigma_{ij}^{\pm}$ ), а в точке  $A$  (верхнем слое времени  $t_0 + \tau$ ) дополнительный индекс не приписывается [3-6].

Разрешающие разностные уравнения. Интегрирование уравнения (7) от точки  $O$  до точки  $A$  и соотношений (10) от точки  $E_{ij}^{\pm}$  до точки  $A$  методом трапеции позволяют получить выражения следующего вида [7]:

$$\begin{aligned} v_i &= v_i^0 + \frac{\tau}{2} (\sigma_{ij,j} + a_{ij} + \dot{v}_i^0) \\ \sigma_{ij} &= \sigma_{ij}^0 + \frac{\tau}{2} (\lambda_{ij}^2 v_{ij} + b_{ij} + \dot{\sigma}_{ij}^0) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\sigma_{ij} - \sigma_{ij}^{\mp} \mp \lambda_{ij} (v_i + v_i^{\pm}) = \frac{\tau}{2} (b_{ij} + b_{ij}^{\pm} \mp \lambda_{ij} [a_{ij} + a_{ij}^{\pm}]). \quad (12)$$

Исключая из  $\sigma_{ij}, v_i$  при помощи (11), можно получить:

$$\begin{aligned} \lambda_{ij}^2 v_{ij} \mp \lambda_{ij} \sigma_{ij,j} &= b_{ij}^{\pm} - \dot{\sigma}_{ij}^0 \pm \lambda_{ij} (v_i^0 - a_{ij}^{\pm}) + \\ &+ \frac{2}{\tau} (\sigma_{ij}^{\pm} - \sigma_{ij}^0 \pm \lambda_{ij} [v_i^0 - v_i^{\pm}]) \end{aligned} \quad (13)$$

Значения неизвестных в не узловых точках выражении (13) вычисляются по формуле Тейлора вблизи узловой точки  $O$  с точностью до второго порядка относительно шага  $\tau$ , получаем следующее.

$$\lambda_{ij}^2 v_{ij} \mp \lambda_{ij} \sigma_{ij,j} = \lambda (v_{ij}^2 + \tau v_{ij}^0) \mp \lambda_{ij} (\sigma_{ij,j}^2 + \tau \dot{\sigma}_{ij,j}^0). \quad (14)$$

Складывая и вычитая каждое уравнение системы (14) с одинаковыми парами индексов, можно установить:

$$\begin{aligned} v_{ij} &= v_{ij}^0 + \tau (\sigma_{ij,j}^0 + a_{ij,j}^0) \\ \sigma_{ij,j} &= \sigma_{ij,j}^0 + \tau (\lambda_{ij}^2 v_{i,jj}^0 + b_{ij,j}^0) \end{aligned} \quad (15)$$

Процедуры получения разрешающихся систем уравнений в узловых точках исследуемого тела в момент времени  $t_0 + \tau$  различны для внутренних, граничных и угловых точек исследуемой области.

Для внутренних точек области. Неизвестные производные  $\sigma_{ij,j}; v_{i,j}; a_{ij}; b_{ij}$  на слое  $t = t_0 + \tau$  ищутся из системы уравнений (15). Производные функции в правой части системы уравнений (7) и (15) по квадратной сетке для узла  $(x_1^0, x_2^0, t_0)$  аппроксимируется центральными разностями второго порядка (рисунок 4).

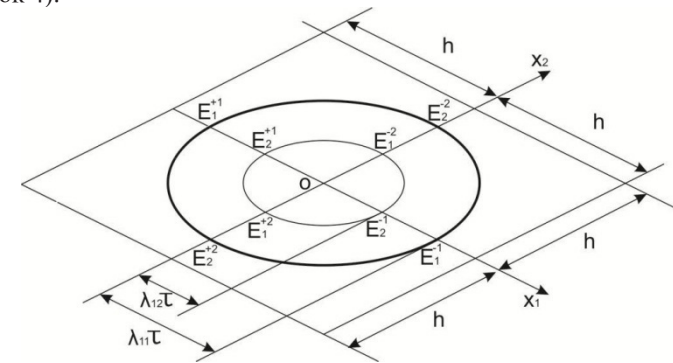


Рисунок 4 – Точечная схема для внутренних точек



Для граничных точек области. Разностные уравнения для граничных точек исследуемой области плоскости  $t=t_0+\tau$  (исключая угловые) по вычисленным или заданным значениям искомых величин на слое времени  $t_0$  получаются с помощью (11) и (14). В расчетах не могут быть использованы условия (14) на двух характеристиках (точки  $E_{ij}^y$ ), не принадлежащих области тела (рисунок 5).

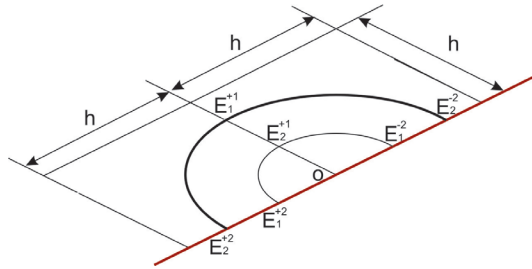


Рисунок 5 – Точечная схема для граничных точек

Тем самым, по сравнению с внутренними точками число уравнений (14) сокращается на два. Совокупность оставшихся уравнений (11), (14) и двух граничных условия является замкнутой линейной системой относительно тринадцати неизвестных. Для аппроксимации производных функций используется разности «вперед» и «назад».

Для угловых точек. Угловые точки рассматриваются как пересечение двух граничных линий. Поэтому в этой точке должна выполняться совокупность условий заданной на этих двух граничных линиях (рисунок 6).

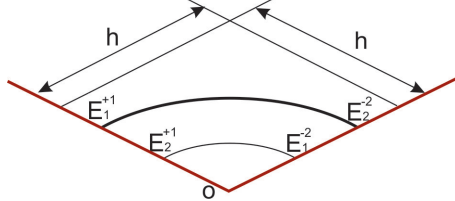


Рисунок 6 – Точечная схема для угловых точек

В угловой точке исследуемой области задаются четыре граничных функций. Тогда уравнения (14), (11) и граничные условия однозначно определяют искомые величины в угловых точках исследуемой области.

Точность и устойчивость численного решения.

Система разностных уравнений (11), полученная в результате интегрирования системы дифференциальных уравнений в частных производных, должна давать решение, сходящееся к решению исходной

системы. Общая теория уравнения математической физики требует для этого наложения определенных условий на сеточное отношение шагом по времени и координате в задачах с начальными и граничными условиями, а именно

$$\max \left\{ \left| \frac{\tau \lambda_{ij}}{h} \right| \right\} \leq 1, \tag{16}$$

где  $\lambda_{ij}$  – это коэффициент гиперболической системы. Это означает, что решение в вершине гиперконуса выражается через начальное значение внутри области. Если же такое ограничение не выполнено, то решение в точках вблизи границы будет зависеть от начальных данных, находящихся вне рассматриваемой области, а в таком случае сходимости решений разностных уравнений к решениям дифференциальных уравнений ожидать нельзя.

Согласно формуле (16) в дальнейших вычислениях шаг пространственно-временной сетки выражает условие Куранта - Фридрихса - Леви. В дальнейшем при проведении расчетов шаги пространственно-временной сетки выбираются согласно условиям устойчивости (12) и (13). Многочисленными расчетами экспериментально проверено, что условие  $\left| \frac{\tau}{h} \right| \leq \frac{1}{2}$  обеспечивает

устойчивость счета, а шаг  $\tau=0.025$  по времени и  $h=0.05$  в пространстве обеспечивает сходимость по сетке.

Анализ результатов расчета. Для решения этой задачи была разработана программа, позволяющая получить осциллограммы и изолинии нормальных напряжений и продольных скоростей. Программа основана на методе бихарактеристики с использованием идей метода расщепления.

Расчет был произведен для стали ( $\rho = 7900 \text{ kg/m}^3, c_1=5817 \text{ m/s}, c_2=3109 \text{ m/s}$ ) при следующих значениях данных:

$$f(x)=-te^{-t}, L_1=10h, L_2=20h, R=2.$$

Алгоритм реализован на языке Delphi на сетке с шагом  $\tau=0.025, h=\Delta x_1=\Delta x_2=0.05$ . На рисунке 2 схематизированы типы волн, определяющие напряженность точек тела. Возмущенная область  $z$ , передним фронтом которой является линия 1, определяется заданной нагрузкой  $f(t)$ . Угловые точки полосы являются источниками возмущения, вызывающим как продольные (области  $b$  и  $d$ ), так и поперечные (области  $a$  и  $c$ ) волны. Наконец, от закрепленной поверхности распространяется отраженная волна, передний фронт которой обозначен линией 2.

Исследование устойчивости показало, что сеточное отношение  $\tau/h$ , равное 0.5, обеспечивает устойчивые результаты для достаточно большого времени. Фактически расчет был выполнен до  $t=100 \tau$ .

На рисунке 7 показано, что нормальное напряжение  $\sigma_{22}$  и продольная скорость  $v_2$  в момент времени от 0 до  $\tau=30$  в значительной степени повторяют форму граничного воздействия.

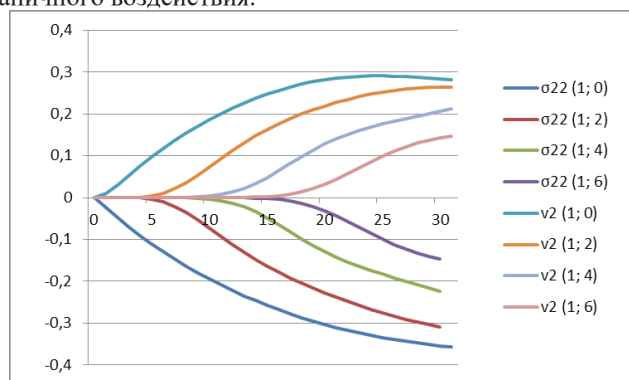


Рисунок 7 – Осциллограммы продольных скоростей  $v_2$  и нормальных напряжений  $\sigma_{22}$  от 0 до момента  $\tau=30$

Нормальное напряжение  $\sigma_{22}$  принимают все время отрицательное значение согласно заданному граничному условию, а продольная скорость  $v_2$  – все время положительным (рисунок 8).

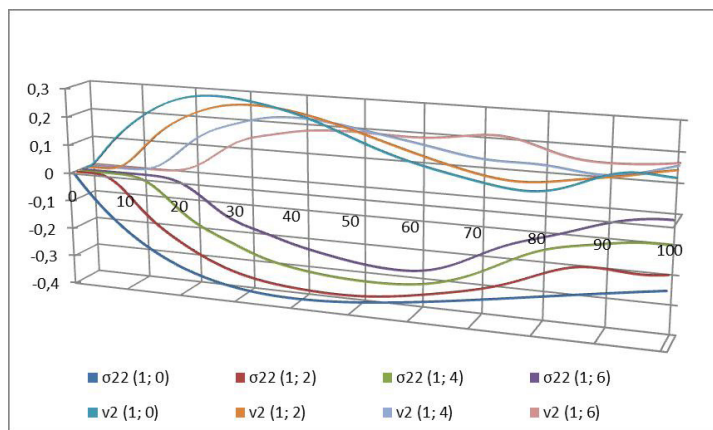


Рисунок 8 – Осциллограммы продольных скоростей  $v_2$  и нормальных напряжений  $\sigma_{22}$  от 0 до момента  $\tau=100$

При сравнении нормального напряжения  $\sigma_{22}$  и продольной скорости  $v_2$ , начиная с момента времени  $t = 30\tau$ , выявляется появление гармонических

линий, которые отличаются от формы заданной граничной нагрузки. Этот эффект обусловлен интерференцией отраженных волн от границ.

На рисунках 9 и 10 в плоскости  $x_1Ox_2$  представлены изолинии нормального напряжения  $\sigma_{22}$ , определяющие напряженное состояние во всей области тела  $D$  для моментов  $40\tau, 100\tau$ .

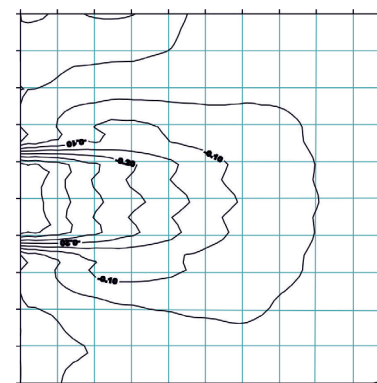


Рисунок 9 – Изолинии нормального напряжения  $\sigma_{22}$ ,  $t = 40\tau$

За это время возмущение, распространяющееся под влиянием локального участка, прошло расстояние  $10h$  и достигло противоположной границы.

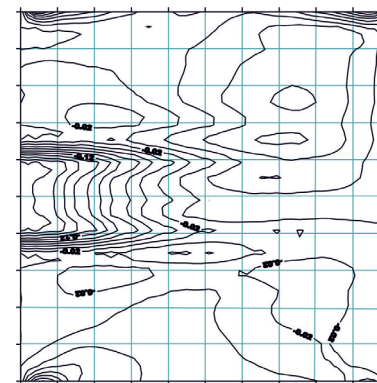


Рисунок 10 – Изолинии нормального напряжения  $\sigma_{22}$ ,  $t = 100\tau$

Построенные изолинии тензора напряжений  $\sigma_{22}$  позволяют определить наиболее опасные участки тела  $D$  с точки зрения возможных последующих разрушений.

## ВЫВОДЫ

Компьютерное моделирование в наши дни стало одной из мощных информационных технологий. Изучение компьютерного математического моделирования открывает широкие возможности для осознания связи информатики с математикой, физикой и другими науками.

Разработанное программное обеспечение с использованием компьютерного моделирования позволило решить поставленную задачу распространения упругих волн в однородной среде с использованием оптимизированного численного метода бихарактеристик и получить осциллограммы и изолинии продольных скоростей и нормальных напряжений в разные моменты времени.

Полученные результаты и разработанное программное приложение могут быть использованы при анализе и исследовании распространения динамических волн, а также в инженерной деятельности при расчетах строительных конструкций, в задачах машиностроения, сейсмологии и др.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Сирота, А. А.** Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем / Э. К. Алгазинов, А. А. Сирота; Под общ. ред. проф. д.т.н. Э. К. Алгазинов. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2009. – 416 с.

2 **Каримбаев, Т. Д., Джужбаев, С. С.** Сложное напряженное состояние в основании сваи при циклическом его нагружении // Тезисы докладов научно-технической конференции «Прочность материалов и элементов конструкций при звуковых и ультразвуковых частотах напряжения». – 1992. – С. 18.

3 **Ru, Y., Wang, G.F., Wang, T.J.** Diffractions of elastic waves and stress concentration near a cylindrical nano-inclusion incorporating surface effect // Journal of Vibration and Acoustics. – 2009. – V. 131.

4 **Kim, J.-Y.** On the generalized self-consistent model for elastic wave propagation in composite materials // International Journal of Solids and Structures. – 2004. – P. 4349–4360.

5 **Kanaun, S. K., Levin, V. M., Sabina, F. J.** Propagation of elastic waves in composites with random set of spherical inclusions (effective medium approach) // Wave Motion. – 2004. – V. 40(1). – P. 69–88.

6 **Cosachevskiy, L. Ya.** On propagation of elastic waves in two-component media // Applied Mathematics and Mechanics. – 1959. – V. 23. – P. 1115–1123.

7 **Тарабрин, Г.Т.** Численное решение нестационарных задач динамики анизотропной упругой среды // Известия АН СССР, Механика твердого тела. – 1982. – № 2. – С. 83–95.

8 **Ержанов, Ж.С., Каримбаев, Т.Д., Байтелиев, Т.Б.** Двумерные волны напряжений в однородных и структурно-неоднородных средах / Ж.С. Ержанов, Т.Д. Каримбаев, Т.Б. Байтелиев. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 171 с.

Материал поступил в редакцию 14.06.18.

*С. С. Жужбаев<sup>1</sup>, Д. С. Сабитова<sup>2</sup>*

**Біртекті ортада серпімді толқындардың таралуын компьютерлік модельдеу**

<sup>1,2</sup>Ақпараттық технологиялар факультеті,  
Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,  
Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы  
Материал баспаға 14.06.18 түсті.

*S. S. Zhuzbayev<sup>1</sup>, D. S. Sabitova<sup>2</sup>*

**Computer simulation of elastic waves propagation in a homogeneous medium**

<sup>1,2</sup>Faculty of Information Technologies,  
L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
Astana, 010008, Republic of Kazakhstan.  
Material received on 14.06.18.

*Деформацияланған денедегі толқынды процестерді талдау және оның тәртібін болжау заңдылықтарының қажеттілігі математикалық әдістерді жетілдіруге әкелді. Ақпараттық технологиялардың дамуы мен компьютерлердің есептік қуатына қол жетімділігіне байланысты сандық шешудің жаңа даму әдістері алынған: соңғы айырымдық әдіс, бөліну әдісі және кеңістік сипаттамалар әдісі және т.б. Мақала толқынды процестерді компьютерлік модельдеуге арналған. Мысал ретінде үлестірілген динамикалық жүктемесі бар серпімді дене қабылданды. Толқындық процестің математикалық моделі жасалды, толқындардың таралуын талдау әдісі анықталды. Нүктелік сызба анықталды және үлгі таңдалды. Саланың ішкі, шекаралық және бұрыштық нүктелері үшін жағдайлар анықталады. Бағдарламалық жасақтама жасалды және есептеулердің нәтижесі тексерілді. Бойлық жылдамдықтар мен қалыпты кернеудің, қалыпты кернеудің изосызығының осциллограммалары алынды.*

*The necessity of analyzing wave processes in a deformed body and predicting the laws of its behavior has led to the improvement of*

*mathematical methods for solving problems. In connection with the development of information technology and accessibility to the computing power of computers, numerical solution methods have developed: the finite difference method, the splitting method and the method of spatial characteristics, etc. This work is devoted to computer modeling of wave processes. As an example, we took an elastic body with distributed normal load transient. A mathematical model of the wave process is constructed, a method is determined for the analysis of wave propagation. We have defined the dot grid and selected the pattern. The conditions are determined for the interior, boundary and corner points of the area. Software was developed and the result of calculations was checked. Oscillograms of longitudinal velocities and normal tension, isolines of normal tension are obtained.*

SRSTI 29.27.07

**Z. Mazhit**

graduate student, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan  
e-mail: z.mazhit@psu.kz

**IONIZATION PROCESSES IN PARTIALLY IONIZED HYDROGEN PLASMAS**

*Partially ionized plasmas have attracted interest of physicists in many experimental and theoretical researches. Partially ionized thermally stable hydrogen plasmas are considered. To define the ionization degree the Saha equations have been solved at parameters diapason: the coupling parameter  $G=0.05.1$ , the density parameter  $rs=10.80$ . The ionization degree dependencies on parameters, such as the density and coupling parameters, are obtained. Non-ideality is connected with influence of plasma medium, i.e. with influence of the screening and of quantum effects of diffraction. For dense plasmas, where pair correlations are substantial, since charge renormalization takes place, the ionization degree grows. It is shown, that the ring interactions follow by increase of magnitudes of the degree of ionization.*

*Keywords: partially ionized plasmas, ionization equilibrium, degree of ionization, free energy.*

**INTRODUCTION**

There are some neutral atoms in partially ionized plasmas. Partially ionized plasmas are objects in many experimental and theoretical researches [1, 2]. Ionization degree is one of essential parameters, which determine partially ionized plasmas. The ionization degree value substantially influences on thermo-dynamical and structural properties of partially ionized plasmas (the pressure, correlation energy, the structural factors and radial distribution functions of components) [1].

In physics of non-ideal plasmas hydrogen plasma is considered as a classical object. In basic isotropic modification hydrogen molecule composition includes proteome atoms, between them covalent chemical bind is established. The distance between nuclei is  $\sim 0.74 \text{ \AA}$  [3]. The dissociation energy is  $\sim 4.477 \text{ eV}$  [3]. At 5000K temperature molecular hydrogen conversion to atoms accounts for  $\sim 0.954$ , at  $T=8000\text{K}$  molecular hydrogen conversion achieves 0.999 [4]. Typically at low temperatures partially ionized hydrogen plasmas contain not only hydrogen atoms, protons and electrons, but molecules and negative ions also.

A probability of hydrogen atoms recombination is too small. The heat effect of recombination reaction practically equals to hydrogen molecule dissociation energy 4.477 эВ. At temperature ~10000K the recombination reaction is assumed to take place at simultaneous collision of hydrogen atoms with third particle or the surface. The third particle carries out the excess of the energy of reaction. There appears to be the less initial concentration of hydrogen molecules, the lower the probability of atoms recombination reaction.

Further herein partially ionized thermally stable hydrogen plasma is considered. The purpose of the paper is to determine such plasmas the ionization degree dependence on dimensionless parameters and macro-parameters in order to explain the influence of non-ideality on ionization processes. The ionization equilibrium at parameters region, where the molecules aren't relevant, is of interest.

The dimensionless parameters of plasma are in connection with its macro-parameters (temperature and pressure) [1, 2]:

1 Wigner-Seitz cell's radius (an average distance between particles):

$$a = \left( \frac{3}{4\pi n} \right)^{1/3};$$

2 density parameter:  $r_s = \left( \frac{3}{4\pi n} \right)^{1/3} \frac{m_e e^2}{\hbar^2} = \frac{a}{a_B}$ .

3 coupling parameter:  $\Gamma = \frac{e^2}{ak_B T}$ ,

4 ionization degree:  $\alpha = \frac{n_p}{n} = \frac{n_e}{n}$ ,

5 degeneration parameter:  $\theta = \frac{\mu_B T}{E_F}$ , where  $E_F$  is the Fermi energy.

Here  $n = n_p + n_n$  is a total concentration of plasma particles;  $n_p$  is protons concentration,  $n_n$  is concentration of atoms;  $e$  is a charge of electron;  $m_e$  stands for the mass of electron;  $\hbar$  is the Planck constant;  $T$  is the plasma temperature;  $k_B$  is the Boltzmann constant;  $a_B$  denotes the first Bohr radius:  $a_B = \hbar^2 / m_e e^2$ .

If plasma particles interaction energy is negligible in comparison with their mean kinetic energy, plasma is considered as an ideal system. That is at  $\Gamma \ll 1$  plasma is ideal. For  $G$  values, which not exceed 1, and  $r_s \gg 1$  plasma is ideal.

At investigation of non-ideal plasmas it is necessary to take into account the screening effect: it is assumed that Coulomb interaction of chosen two particles is reduced by impact of neighbor charged particles, i.e. plasma medium. The screening radius is the Debye radius, which defined by  $r_d = \sqrt{\frac{k_B T}{8\pi e^2 n}}$ . Besides,

for non-ideal plasmas quantum effects are substantial. The quantum effects may

be treated as for the uncertainty principle of W. Heisenberg quantum point charges behave as classical charged spheres with  $\lambda_{Br}/8$  diameter [2]. Diffraction of particles and symmetry are often referred to as the quantum effects.

## MAIN PART

### Investigation methods

To define the ionization degree within the chemical model of plasmas two approaches were put forward [1, 2, 5, 6]. The first approach assumes usage of pseudopotential theory of plasmas [1, 5, 6]. The meaning of pseudopotential model of non-ideal and with it partially ionized plasmas, requires the following: collective effects appear to be because of large number of particles simultaneous interactions, especially pair interactions of particles, greatly influence dense plasmas and moderate density plasmas thermodynamic, transport et.al properties [5, 6]. The potential energy of two particles interaction depends on plasma medium. Thus by applying pseudopotential method it is of great importance to make right choice of particles interaction potential. In the frame of plasmas pseudopotential model an equation for the free energy should be solved. At minimal free energy value the ionization degree of plasmas is determined.

The second approach (the Saha approach) requires that to define the degree of ionization of partially ionized plasmas the Saha equations be applied [2, 7].

In case of ideal plasmas the equation of ionization equilibrium is written as follows [2].

$$\frac{1-\alpha}{\alpha^2} = n \lambda_{Br}^3 \sigma(T) \exp\left(-\frac{I}{k_B T}\right), \quad (1)$$

where  $I$  is the ionization potential,  $\lambda_{Br}$  denotes de Broglie wavelength of electrons:  $\lambda_{Br} = \sqrt{\frac{2\pi\hbar^2}{m_e k_B T}}$ ;  $\sigma(T)$  is atomic statistical sum:

$$\sigma(T) = \sum_{n=1}^{\infty} 2n^2 \left( \exp\left(-\frac{E_n}{k_B T}\right) - 1 + \frac{E_n}{k_B T} \right); E_n \text{ denotes the excitation energy of}$$

$n$ -th energy level of the atom.

At investigation of non-ideal plasmas it is of importance to take into account the screening effects of charges and the quantum effects. The account of the screening effects of charges and the quantum effects is made by correcting the ionization potential of atom. The Saha equation for non-ideal plasmas [2] is in the form

$$\frac{n_n}{n_e n_i} = K(T) \exp\left(\frac{\Delta I}{kT}\right), \quad (2)$$

where  $K(T)$  is the equilibrium constant,  $DI$  is the decrease of the ionization potential. In Debye approximation  $DI$  is defined as follows

$$\Delta I = -\frac{Ze^2}{r_d}.$$

$Z$  is the charge number of the atom. In the Debye approximation the decrease of the ionization potential takes place because of the screening of particles charges in dense plasmas. The reduction in the ionization potential should follow by the increase of the ionization degree of partially ionized plasmas.

In Debye-Hückel approximation the decrease of the potential of ionization is assumed to be in a form [2]

$$\Delta I = -\frac{Ze^2}{r_d + \lambda_{Br}/8}.$$

Here  $\lambda_{Br}/8$  is an effective distance of electrons approach to each other. In the Debye-Hückel approximation the reduction of the ionization potential is explained by the charge screening as well as by the quantum effects (electrons diffraction).

The virtue of the Saha approach is its relative simplicity. The Saha equations allow one to appreciate the correct magnitude of the ionization degree without usage of extended mathematical expressions in comparison with the pseudopotential approach [1, 5].

Modified equation of the ionization equilibrium for non-ideal plasmas is given by [8]

$$\frac{1-\alpha}{\alpha^2} = n\lambda_{Br}^3 \sigma(T) \exp\left(-\frac{e^2\kappa_0\sqrt{\alpha}}{k_B T} G(\kappa_0\lambda_{ie}\sqrt{\alpha})\right). \quad (3)$$

Here  $\kappa_0$  is the value inverse to the Debye radius:  $\kappa_0 = \frac{1}{\lambda_{De}};$   $\lambda_{ie}$  denotes de Broglie wavelength of the electron-proton pair:  $\lambda_{ie} = \sqrt{\frac{2\pi\hbar^2}{m_{ie}k_B T}},$   $m_{ie}$  stands for the reduced mass of the system;  $G(x)$  is the ring term:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\sqrt{\pi x}}{2}}}. \quad (4)$$

The ring interactions involve the quantum effects (diffraction) as well as the screening of charged particles in plasmas.

In [9] an evaluation of the quantum corrections to the classical Debye-Hückel free energy for an electron gas obeying Boltzmann statistics is accomplished. The quantum effects are assumed due only to the operation of the uncertainty

principle, i.e. the corrections determine the diffraction effects. The ring sum is shown depending on  $\gamma = \frac{\lambda}{r_d},$  where  $\lambda$  is de Broglie wavelength of electrons:

$\lambda = \hbar\left(\frac{\beta}{2m_e}\right)^{1/2}$  and  $\beta = \frac{1}{k_B T}.$  The ring term for finite  $\gamma$  [9] is expressed via

$$G(\kappa\lambda) = \frac{1}{3}\left[1 + \sum_{n=2} a_n(\kappa\lambda)^{2(n-1)} + \dots\right]^{\frac{3}{2}} - \sum_{n=2} b_n(\kappa\lambda)^{2n-3}. \quad (5)$$

The classical value of the ring term is  $1/3.$  To compare the behavior of the dependence (4) and the asymptotic expansion (5) of the ring term at  $\gamma > \gamma_e = \sqrt{2.042}$  are presented in Fig.1. It seems the function  $G(\kappa\lambda)$  decreases monotonically in both cases. But the curve, plotted by (5), is asymptotic, it produces reasonable values of the ring term for  $\gamma \gg \sqrt{2.042} = 1.43.$  The advantage of use (4) in comparison with (5) is obvious: for (5) the coefficients  $a_n$  and  $b_n$  should be evaluated for  $\gamma$  small and separately  $G(\kappa\lambda)$  should also be evaluated as asymptotic expansion for  $\gamma \gg 1.43.$  By formula (4), in which function  $G(\kappa\lambda)$  doesn't have discontinuities, one can appreciate the ring correlations.

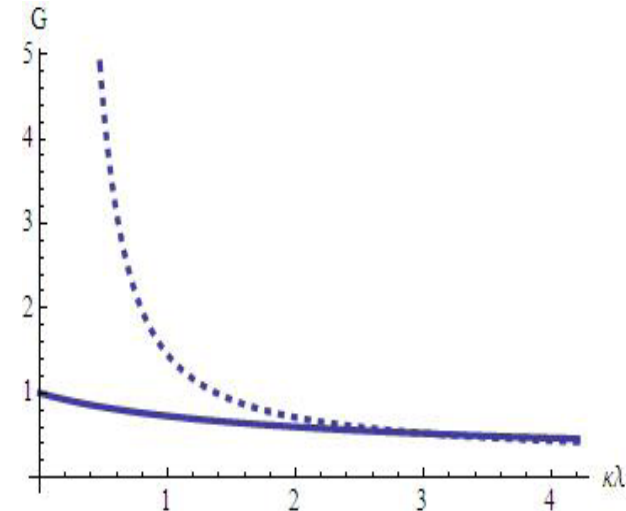


Figure 1 – The dependence of the ring term  $G$  on dimensionless parameter  $\kappa\lambda$ : solid line – formula (4) with  $\alpha=1,$  dotted line – asymptotic evaluation of (5)

Here partially ionized hydrogen plasma is considered: a range of plasma concentrations  $10^{11} - 10^{22} \text{1/cm}^3$ , temperature interval  $7 \cdot 10^3 - 10^6 \text{ K}$ . The relation of de Broglie wavelength of electron on the Debye screening length,  $\gamma = 1.522 \cdot 10^{-6} \frac{\sqrt{n}}{T}$ . Hence the ring correlations are significant at low temperatures and high concentrations. For 10000K temperature and concentration  $\sim 1020 \text{ 1/cm}^3$   $\gamma$  parameter achieves a magnitude comparable to 1.43. So for 10000K temperature at concentrations larger  $1018 - 1020 \text{ 1/cm}^3$  the quantum effects, as it proposed, essentially influence on the ionization process, as it'll be shown in the next chapter.

Evaluation results

In Figs. 2–5 the ionization degree  $\alpha$  dependencies on plasma parameters, derived from the Saha equation (1) solution, are presented. The growth of coupling parameter  $\Gamma$  means, at first, lowering temperature, on the other hand decreasing the distance between particles (decrease of the density). A rise of the density parameter  $r_s$  corresponds to increase of the distance between plasma particles, so plasma density falls down. The density parameter value  $r_s=2.5$  corresponds plasma particles concentration  $n \approx 10^{23} \text{1/cm}^3$ , the coupling parameter  $\Gamma$  values corresponds to temperature interval 105–106 K;  $r_s=10$  corresponds concentration value  $10^{21} \text{1/cm}^3$ , temperature diapason 104-105 K;  $r_s=20$  means concentration value  $n \approx 10^{20} \text{1/cm}^3$  and temperature diapason is analogous: 104-105 K; for the last  $r_s=40$  is assumed that plasma concentration is about  $10^{19} \text{1/cm}^3$  and the coupling parameter  $\Gamma$  values, 1.0-0.05, correspond temperatures in the  $7.9 \cdot 10^3 - 1.6 \cdot 10^5 \text{ K}$  range.

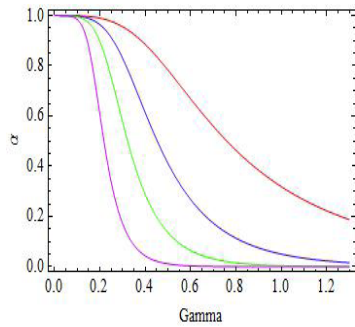


Figure 2 – The ionization degree versus coupling parameter at fixed density parameter: the upper curve from above –  $r_s=2.5$ , the second curve –  $r_s=10$ , the third curve from above –  $r_s=20$ , the lowest curve –  $r_s=40$

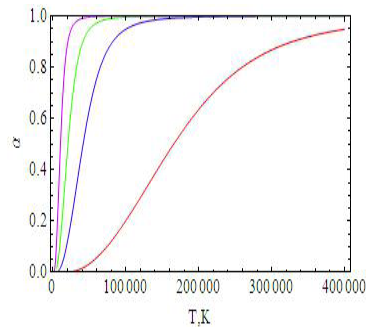


Figure 3 – The ionization degree versus temperature at fixed density parameter (i.e. density): the lowest curve –  $r_s=2.5$ , the second curve from down –  $r_s=10$ , the third curve –  $r_s=20$ , the upper curve from above –  $r_s=40$

From Fig. 2 in the case of fixed density parameter, i.e. at given density with temperature lowering the ionization degree reduces, besides frequency of particles collisions drops, alternatively, on decrease of the coupling parameter, i.e. with temperature increasing the degree of ionization tends to 1. For given value of the coupling parameter  $\Gamma$  the less a magnitude of the density parameter  $r_s$  (more dense plasmas), the higher the ionization degree  $\alpha$ . The less density plasma is characterized by smaller value of the degree of ionization. In Fig.3 the same data of the degree of ionization from Fig.2 are shown on temperature dependence.

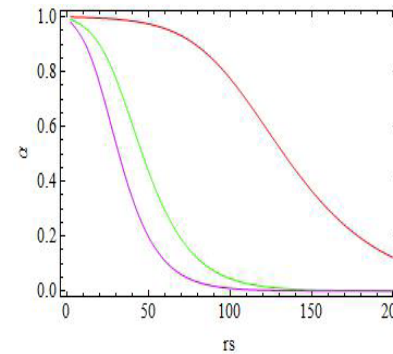


Figure 4 – The ionization degree versus density parameter at fixed coupling parameter: the upper curve from above –  $\Gamma = 0.1$ , the second curve from above –  $\Gamma = 0.2$ , the lowest curve –  $\Gamma = 0.2,5$

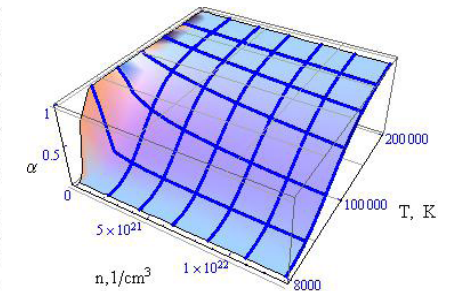


Figure 5 – The ionization degree of hydrogen plasmas in the dependence of concentration and temperature.

From the dependencies of ionization degree on the density parameter at fixed value of the coupling parameter, presented in Fig. 4, one should see also that with decrease of the density parameter (at plasma density growth) the ionization degree tends to be greater. The density parameter range,  $r_s=2.5-180$ , corresponds to the range of plasma concentrations  $\approx 10^{23} - 10^{17} \text{ 1/cm}^3$ . At the coupling parameter  $\Gamma$  growth  $\alpha = f(r_s)$  curve's character changes: for  $\Gamma \approx 0.25$  and in diapason of the density parameter,  $r_s = 10 \div 50$ , the dependence of ionization degree on the density parameter in fact tends to linear kinetics.

The coupling parameter  $\Gamma$  depends on temperature as well as on plasma density, so at fixed magnitude of the coupling parameter  $\Gamma$  for given plasma density, so at fixed magnitude of the coupling parameter  $\Gamma$  for given range of the density parameter values one should point out a range of temperatures. For example, at  $\Gamma = 0.1$  the given density parameter  $r_s$  values in the 2.5–180 range the temperature interval  $10^4 - 10^6 \text{ K}$  corresponds, at  $\Gamma = 0.2$  and mentioned above

the density parameter range the temperature interval seems the same and for  $\Gamma = 0.2.5$  and the same density parameter diapason temperature of plasmas ranges from  $7 \cdot 10^3 K$  to  $5 \cdot 10^5 K$ . In Fig.5 the ionization degree of hydrogen plasmas in the next diapason of parameters:  $n \approx 10^{18} - 2 \cdot 10^{22} \text{ 1/cm}^3$ ,  $T = 8 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^5 K$  – is presented. As it is seen the region of parameters, where partially ionized plasmas exist, isn't large, by increasing temperature and at relatively not large density decrease one can receive fully ionized plasmas.

### CONCLUSION

To determine the ionization degree of partially ionized plasmas several methods were put forward. Here two of them: the one is based on pseudopotential theory of plasmas and the second assumes the Saha equations applying. In the work the Saha equations, which determine the ionization equilibrium in system, for ideal and non-ideal hydrogen plasmas are solved. The dependencies of the degree of ionization on plasma parameters are discussed.

Non-ideality is connected with influence of plasma medium, i.e. the screening effect, and quantum effects of diffraction. For dense plasmas, where pair correlations are substantial, since charge renormalization takes place, the ionization degree grows. Quantum diffraction effects follow by the decrease in the degree of ionization of plasma. But it is much less in compare with ionization degree growth because of the charge screening.

Given model includes both charge screening and quantum effects of diffraction at short distances. The model of partially ionized hydrogen plasmas allows one to get correct magnitudes of the ionization degree.

### ACKNOWLEDGEMENT

Sincere thanks to Professor Werner Ebeling for attention and advices.

### REFERENCES

- 1 **Arkhipov, Yu.V.** Pseudopotential Theory of Dense High- temperature Plasmas / Yu.V. Arkhipov, F. B. Baimbetov, A. E. Davletov, K.V. Starikov. – Almaty : «Kazakh University», 2002 (In Russian).
- 2 **Ebeling, W.,** Theory of Bound States and Ionization Equilibrium / W. Ebeling, V. Kreft, D. Kremp. – Berlin : Akademic-Verlag, 1976.
- 3 Spravochnik himika M–L. : GNTI himicheskoi literatury, 1962. – V.1. P.338. (In Russian)
- 4 Spravochnik himika M. – L. : GNTI himicheskoi literatury, 1964. V. 3. – P. 24 (In Russian).

- 5 **Arkhipov, Yu. V.** / Yu.V. Arkhipov, F. B. Baimbetov, A. E. Davletov // Chech. J. Phys. – 56. – P. 618–623. – 2005.
- 6 **Arkhipov, Yu. V.** / Yu.V. Arkhipov, F. B. Baimbetov, A. E. Davletov // Phys. Plasmas. – 12. – P. 082701. – 2005.
- 7 **Ebeling, W.** / W. Ebeling, R. Redmer, H. Reinholz, G. Röpke // Contrib. Plasma Phys. – 48. – No. 9–10. – P. 670–685. – 2008.
- 8 **Ebeling, W.** Contrib. Plasma Phys. – 55. – 2016.
- 9 **De Witt, H. E. J.** Math. Phys. – 3. – P. 1216–1226. – 1962.

Material received on 12.06.18.

### 3. Мажит

#### Шала иондалған сутекті плазмадағы ионизация үдерістері

С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 12.06.2018. баспаға түсті.

### 3. Мажит

#### Процессы ионизации в частично ионизированной водородной плазме

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайғырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 12.06.2018.

*Параметрлері  $G=0.05, 1$ ,  $r_s=2.5 \div 100$ , термиялық стабилді шала иондалған сутекті плазма үшін Саха теңдеулері шығарылды. Ионизация дәрежесінің тығыздық пен байланыс параметрлерінен тәуелділіктері анықталды. Өлшеу аралық әсерлесулер ионизация дәрежесінің мәндерінің осуіне келтіреді.*

*Решены уравнения Саха для термодинамически стабильной частично ионизированной водородной плазмы в диапазоне параметров,  $G=0.05, 1$ ,  $r_s=2.5 \div 100$ . Получены зависимости степени ионизации от параметров плотности и связи. Межчастичные взаимодействия приводят к увеличению значений степени ионизации.*



FTAMP 681.142.2.

**Калиева А. Б<sup>1</sup>, Берикханова Г. Е<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>магистрант, Жаратылыстану-математика факультеті, Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университеті, Семей қ., 071400, Қазақстан Республикасы;

<sup>2</sup>п.ғ.к. доцент, Жаратылыстану-математика факультеті, Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университеті, Семей қ., 071400, Қазақстан Республикасы

e-mail: <sup>1</sup>aliya\_93\_28@mail.ru; <sup>2</sup>bgulsara@mail.ru

**ЖАРАТЫЛЫСТАНУ БАҒЫТТА ДАЯРЛАНАТЫН  
СТУДЕНТТЕРДІҢ ИНФОРМАТИКА ПӘНІ БОЙЫНША ӨЗДІК  
ЖҰМЫСТАРЫН ҰЙЫМДАСТЫРУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

*Бұл мақала теориялық және практикалық білімдерді меңгеруде маңызды рөл атқаратын студенттердің өз бетімен жұмыс істеу мәселесін қарастырады. Мақалада тілдік емес оқу орындарындағы студенттердің өзіндік жұмысты ұйымдастырудың жолдары мен формалары қаралады. Нәтижесінде студенттің өзіндік жұмысын дұрыс ұйымдастыру оқуды басқаруды оңтайландыратындығы, сонымен қатар, оқу үдерісінің тиімділігі мен әділдігін айтарлықтай жоғарылататындығы көрсетілген. Студенттің өзіндік оқу жұмысы – маман дайындаудың маңызды факторы болып саналады. Жоғары оқу орындарында студенттердің өзіндік жұмыстарын шығармашылық шеберлікпен ұйымдастырудың жолдары қарастырылады. Сондай-ақ, өтілген СӨЖ мысалында тәжірибелік материалдар ұсынылған.*

*Кілтті сөздер: жоғары оқу орны, студенттің өзіндік жұмысы, студенттердің өздік жұмыстарын ұйымдастыру, біліктілік.*

**КІРІСПЕ**

Қазақстан Республикасының білім беру жүйесін ақпараттандыру еліміздің даму стратегиясының негізгі бағыттарының бірі, себебі ХХІ ғасыр – білім беру жүйесін ақпараттандыру ғасыры.

Информатика пәнінің білім беру жүйесіндегі ролі ақпараттық білімнің, ақпараттық орта мен адамның өзара қарым-қатынасын үйлесімді етудегі және жаңа ақпараттық қоғамда кәсіпкерлік қызметтің басты құрамды бөлігі болып табылатын ақпараттық бейнесін қалыптастырудағы алатын орнымен қамтамасыз етіледі.

Кәсіби қызметте және күнделікті өмірде студенттерге ақпараттық технологияларды қолдануды үйрету маңызды. Информатика жалпы мәдени құндылықтармен және жалпы философиялық концепциялармен, тарихи фактілермен және оқиғалармен, тілдермен, әдебиеттермен, мәдениетпен және музыкамен тығыз байланысты болуы керек. Басты маңызды терминдерді сауатты қолданып және дұрыс түсіну керек.

Тез дамитын ғылымдар секілді информатиканы оқудың мақсатының ерекшелігі студентті тек бағдарламалық жасақтамалар жиынтығын қолдануды үйрету ғана емес, сонымен қатар, жаңа бағдарламаларды өз бетімен меңгеруді үйрету. Информатиканы оқытудың мақсатына жету үшін студенттердің «интуициясын» дамытып, сонымен қатар оны кәсіби қызметте, күнделікті өмірде қолдануды үйрету.

**НЕГІЗГІ БӨЛІМ**

Жаратылыстану бағыттағы студенттердің информатика пәні бойынша өздік жұмыстарын ұйымдастырудың ерекшеліктері:

- жаратылыстану бағытта даярланатын студенттердің информатика пәнінен дайындық деңгейі мен олардың психологиялық ойлау ерекшеліктерін есепке алу қажет;
- жаратылыстану білімнің ерекшелігі;
- жаратылыстану бағыттағы даярланатын студенттерге информатика пәнінен сабақ беру жалпымәдени құндылықтармен байланысты болуы керек;
- өтілген материалды түсіну суреттеу-көрнекілік пайымдау негізінде жүргізіледі;
- жүйелі жүргізілетін жұмыстың қажеттілігі;
- студенттердің өздік жұмыстарын меңгерту;
- оқу материалының тақырыптар тізбектемесін меңгеру;
- аудиториядан тыс өздік жұмыстарында мұғалімнен кеңес алу;

Студенттердің өздік жұмыстарын ұйымдастырудағы жоғарыда аталған ерекшеліктер қанағаттандырылу үшін міндетті түрде белсенді әдістер қолдану қажет: рөлдік ойындар, эвристикалық сұхбаттар, мәселелі жағдаяттарды шешу, кейс-технологиялар, жобалау әдістері және т.б.

Бүгінгі таңда қоғамымыздың даму бағытында жан-жақты дамыған, сауатты, саналы азамат тәрбиелеу мәселесі жүктеліп отыр.

Жоғарғы оқу орындарында студенттердің жеке тұлғасын қалыптастыру, оның рухани әлемін әрдайым байыту, оқуға деген ынта-жігерін арттыру, қоғамдық өмірдегі барлық салалардағы өзгерістер адамның интеллектуалдық күш – жігерін, саналы әркеті мен ізденімпаздығын, танымдық ой-өрісіннің белсенділігі мен іс-әрекетін шығармашылық сипатта жүзеге асыруды талап етеді.

Оқытушының әрбір өтілетін сабағы қазіргі кездегі заман талабына сайкес оқыту талаптарына сай болып келуі қажет. Демек, жастарды еңбектің қай саласында да, білім алуға да тек мәлімет жиынтығын меңгеруімен шектелмей, студенттердің өзіндік іс-әрекетін тиімді ұйымдастыра отырып, сол тұрғыда өз болмысын таныта алатын студент етіп даярлау қажет болып отыр.

Әр ғылымның барлық саласында болмысы білім мазмұны мен көлемі қауырт өсіп отырған қазіргі ғылыми-техникалық процесс кезінде бұл міндеттердің жүзеге асуы оқыту үрдісінде студенттердің өзіндік оқу жұмыстарын оңтайлы ұйымдастырудың тиімді әдістері мен тәсілдерін, оқыту түрлерін, нысандарын іздестіру өзекті сипатқа ие болады. Себебі, студенттердің өзіндік жұмыстарын арнайы ұйымдастыру оқу үрдісін жетілдірудің негізгі шарты болып табылады.

Қазіргі таңда сай өзіндік іс-әрекетін жаңа жағдайға байланысты оңтайлы ұйымдастыра білуі тиіс.

Студенттің өзіндік жұмысы – болашақ мамандарды даярлаудың және білім сапасын арттырады. Осыған орай жоғарғы оқу орындарында әр білім алушыдан ой еңбегінің ұтымды әдістерін білуі, яғни аз уақыт кетіріп қажетті ақпаратты іздеп және меңгеруді, фактілер, теорияны, тұжырымдамаларды жүйелеп және жіктей білуді, өз көзқарасын нақты айтып және дәлелдей білуді үйренуі талап етіледі.

Студенттің өзіндік жұмысы – бұл студенттің дидактикалық тапсырмаларды өзінше орындауға, танымдық әрекеттерге қызғушылығының қалыптасуына және нақты бір ғылым саласында білім жинақтауына бағытталған студенттің оқу әрекетінің ерекше түрі [1].

Өзіндік жұмыс студенттердің шығармашылық қабілеті мен біліктерін дамытуда олардың барысында тиімді, әрі өнімді еңбек етуіне мол мүмкіндіктер жасайды. Өзіндік жұмысты оңтайлы ұйымдастыру елеулі практикалық міндет және маңызды ғылыми проблема болып табылады.

Өзіндік жұмысты ұйымдастыру мәселесіне көптеген зерттеулер арналған. Олар педагогикалық әдебиеттерде алғаш өзіндік жұмыс мәселелерін В. К. Буряк, Е. Я. Голант, Б. П. Есипов, Р. Г. Лемберг, Р. М. Микельсон, И. И. Пидкасистый, Е. С. Саблик, М. Н. Скаткин еңбектерінде зерттелініп, оқу үрдісінде білім алушылардың өзіндік жұмысын жүйелі түрде қолдану негіздері қарастырылды.

Студенттердің өзіндік жұмысын ұйымдастырудың мәнін дидактикалық тұрғыда қарастырғандар: А. Е. Абылқасымова, Н. А. Адельбаева, С. И. Архангельский, М. В. Буланова-Топоркова, М. Г. Гарунов, И. И. Кобыляцкий, Р. Н. Низамов еңбектері арналған.

Өзіндік жұмысқа берілетін анықтамалардың әртүрлілігіне қарамастан, оларды бірнеше шағын топқа бөлуімізге болады.

И. Т. Протасовтың ойынша, өзіндік жұмыс біліктілік пен іскерлік жиынтығы.

Г. Н. Кулагина өзіндік жұмысты студенттің іс-әрекет құралы белсенділігі мен өз бетімен білім алуға дайындығы деп түсінеді.

Г. Н. Дари өзіндік жұмыстың мәнін былайша айтады. Бұл жұмысты студент өз бетімен орындайды, ол өзінің біліміне, іскерлігі мен сеніміне, өмірлік тәжірибесі, дүниетанымына сүйене отырып атқарады [2].

Жоғарғы оқу орындарында жүріп жатқан түбегейлі өзгерістерге байланысты СӨЖ-дің маңызы артқанын, ондағы оқытушының орнын, кредиттік оқыту жүйесінде оны ұйымдастырудың кейбір ерекшеліктері мен мәселелерін отандық зерттеушілер С. Е. Калдықозова, А. Головчун және ресейлік зерттеушілер Е. Галицких, Ю. Попов пен В. Оробинский, И. Г. Ковалевский, Г. Ларионова еңбектерінде қарастырылады.

Педагогика-психология ғылымында, өздігінен білім алу, студенттердің ақыл-ойының дамуының жоғарғы көрсеткіші деп қарастырылады.

Өзіндік жұмыстары әр түрлі әдістер арқылы іске асырылады, мысалы: жаттығу, кітаппен жұмыс істеу, бақылау, есеп шығару, эксперимент жүргізу т.б.

Студенттердің өздігінен орындайтын жұмыстарының бір жаттығулар мен тапсырмалар болып табылады. Сондықтан жоғарғы оқу орындарында әрбір курста оқытушылардың басшылығымен студенттер жаттығуларды өз бетімен жұмыс істеуге ұмтылады.

Студенттердің өзіндік жұмысы болашақ маманның шығармашылық ойлауын, танымдық қызығушылығын және арнайы білім алуын қамтамасыз ететіндіктен жаттығулардың маңызы зор.

Р. С. Немов төмендегідей қорытынды жасаған: «Білік дағдылардың барлық түрлерін қалыптастыруда жаттығулардың маңызы зор. Олардың негізінде дағдылар автоматтандырылып, біліктілер жетіледі. Ал күнделікті, жүйелі жаттығуларсыз, білік, дағдылар өз қасиеттерін жоғалтады» [3].

Өз бетімен жұмыстың маңыздысы – студенттің өз беттерімен орындай алуларына, оқуға белсенділігінің артуына, шығармашылығын қалыптастыруға ықпалы мол. Өз бетімен жұмыс жасау барысында студент Р. Сүлейменов [3] өздігінен істейтін жұмыстарды әрекет сипатына қарай жаттығу, зерттеу шығармашылық жұмыстар деп топтастырады.

«Шығармашылық еңбекте студенттің іскерлік қабілеті, білім көлемі, білім молдығынан туатын толық дербестігі айқын көрінуі тиіс». Шығармашылық жұмыстар студенттердің дүниетанымына, ізденімдік қабілетінің дамуына, тұлға ретінде қалыптасуына ықпал етеді. Онымен қатар өздігінен ой қорытып, шешім шығаруға, дұрыс сөйлеп, сауатты жазуға, тіл байлығын арттыруға жәрдемдеседі.

Оқытушының сабаққа дайындалғанда өзінің әрекеттерін ойластыруымен шектелмей, деңгейіне қарай студенттің әрекетіне мән беруі тиіс.

Өзіндік жұмыстың түрлері сан алуан. Оларды топтастыру өте күрделі мәселе. Сондықтан студенттердің өзіндік жұмыстарын таныстыру үшін бірнеше шарттар мен белгілерді ескеру керек.

Оқытудың мақсат міндеттеріне және пәннің мазмұнына, оқыту әдістерінің ерекшеліктеріне, студенттің даму дәрежесіне қарай өзіндік жұмыстарды бірнеше топқа бөлуге болады. Оның негізгі жиі кездесетін бір тобы – сабақ мақсатына қарай қолданылатын жұмыстың түрлері. Олар мыналар:

- жаңа білімді меңгеруі;
- жаңа білімді бекіту;
- білім мен дағдыларды қайталау, бақылау және тексеру.

Студенттердің жұмыстарының барлық топтарын оқытушы оқыту барысында жүйелі түрде әрқайсысын өзіне тиісті жерінде қолдануға міндетті және оның бір ерекшелігі – оқыту үрдісінің барлық кезеңдерінде қолдануға болады. Сондай-ақ студенттермен жүргізілетін өзіндік жұмыстары олардың таным, іс-әрекеттерінің ерекшеліктеріне қарай әр түрлі бағытта ұйымдастыруға болады [4].

Уақытты тиімді пайдаланып, оқушының өз бетімен тапсырманы орындауына ұдайы жағдай жасалуы қажет. Ол үшін мынадай міндеттер орындалуы керек:

- Студенттерге өзіндік жұмыстар туралы түсінік беру.
- Студенттердің өз бетімен тапсырма орындау әдістерін таныстыру.
- Өзіндік жұмыстарды ұйымдастырудың негізгі шарттары мыналар:
  - Оқытушының нақты тапсырмалар беруі;
  - Жұмысты орындаудың және аяқтаудың дербестігінің өзара байланысы;
  - Жұмысты орындаудың және аяқтаудың уақытын белгілеу;
  - Олардың жұмысты өз еркімен және қалауымен істеуі.

Студенттердің өзіндік жұмысын ұйымдастырудың маңызы өте зор. Өйткені, сол арқылы студенттердің іс-әрекетінің дербестігі артады.

Студенттің өзіндік жұмысы – кез-келген пәнді оқуға өзіндік жұмыстың орындалу әдістерінің қалыптасуына бағытталғанымен, бұл жұмыс студенттің ғылыми, оқу кәсіби қызметін қалыптастырып, мәселелерді өзіндік шешуіне

оптималды шешімдерді қабылдауға, дағдарыстық жағдайлардан шығуға арналған.

Жоғарғы мектептің орта мектептен ең басты айырмашылығы-оқыту жұмысының әдісі және оқушылардың жеке деңгейі болып табылады.

Жоғарғы оқу орындарында студент білімді өзі жинап, ғылымды өзі таниды, ал оқытушы тек студенттердің танымдық қызметін ұйымдастырады және бақылайды. Сондықтан студенттің өзіндік жұмысы оқыту қызметінің барлық түрлерінің міндеттерін аңқытайды.

Сонымен қатар, студенттердің өіндік жұмыстарының тәрбиелік мағынасы өте зор. Өйткені, бұл жұмыс-студенттің білім алудағы жеке жұмысын ғана емес, қазіргі заманғы жоғарғы кәсіби маманды тұлға ретінде қалыптасуына мүмкіндік береді [5].

Студенттің өзіндік жұмысы ұйымдастыру жоғарғы оқу орындарындағы негізгі нормативті құжаттармен сәйкестендіріліп, жүзеге асады.

Студенттің өзіндік жұмысын белсендірудің тәсілдері ұйымдастырушылық және әдістемелік болып бөлінеді. Әдістемелік жағынан белсендіру қолданылған әдіс-тәсілдерге, студенттің өзіндік жұмысының формалары мен ұйымдастыру құралдарына байланысты.

Өзіндік жұмысты оқытушының дұрыс басқара білу және студенттердің дербестік әрекетінің дәрежесі артып отыруы- осы жұмыстың белгілері болып табылады.

Студенттердің өзіндік жұмысының маңызын толығырақ түсіну үшін, оның атқаратын негізі мен міндеттерін атап өткен жөн болар.

Студенттердің дербестік қабілетін мейлінше арттыру.

Олардың алған білімінің саналылығы мен беріктігін қамтамасыз ету.

Студенттерге оқуға қажет біліктер мен дағдыларды қалыптастыру.

Таным ақыл-ой қабілетін дамыту.

Сонымен, өзіндік жұмыс студенттердің шығармашылық әрекеті мен ынтасын дамытуда зор әсер білдіреді, қайсарлық, табандылық, батылдыққа тәрбиелеуде және қалыптастыруда көздеген мақсатқа жетуге және жеке тұлғаны сапалық қасиеттерін жетілдіруге зор мүмкіндік береді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Оқу барысында жобалау әдісін меңгеру студенттерге білімді өз беттерінше жинауға ынталандырады, алған білімдерін тәжірибелік тапсырмаларды орындауға қолдануға, жүйелі ойлауға, коммуникативті және зерттеушілік дағдыны дамытуға үлес қосады.

1 **Назарбаев, Н. Ә.** Қазақстан экономикалық, әлеуметтік және саяси жедел жанау жолында // Қазақстан Республикасының Президенті Нұрсұлтан Назарбаевтың Қазақстан халқына Жолдауы. – Астана : Елорда, 2005. – 47 б.

2 **Шешукова, Г. В.** Роль и место системы образования в политической социализации населения современной России // Credo. – 2007.– № 4. – С. 24–26.

3 **Қоянбаев, Ж. Б., Қоянбаев, Р. М.** Педагогика: Университеттер студенттеріне арналған оқу құралы. – Алматы, 2002. – 384 б.

4 **Дружинин, В. Н.** Психология общих способностей. – СПб. : Издательство «Питер», 2000.

5 **Жұмабаев, М.** Педагогика. – А. : Жалын, 2002.

Материал баспаға 14.06.18 түсті.

*A. B. Kaliyeva<sup>1</sup>, G. E. Berikhanova<sup>2</sup>*

**Особенности организации самостоятельной работы по информатике студентов естественного направления подготовки**

<sup>1,2</sup>Естественно-математический факультет  
Государственный университет имени Шакарима,  
г. Семей, 0171400, Республика Казахстан.  
Материал поступил в редакцию 14.06.18.

*A. B. Kaliyeva<sup>1</sup>, G. E. Berikhanova<sup>2</sup>*

**Features of the organization of independent work on informatics of students of the natural direction of preparation**

<sup>1,2</sup>Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Shakarim State University of Semey,  
Semey, 0171400, Republic of Kazakhstan.  
Material received on 14.06.18.

*Статья затрагивает проблему организации СРС, которая играет важную роль в воспитании сознательного отношения самих студентов к овладению теоретическими и практическими знаниями. В статье рассматриваются пути и формы организации самостоятельной работы студентов в неязыковых учебных заведениях. В результате показано, что применение самостоятельной работы студента позволяет оптимизировать управление обучения, а также значительно повысить эффективность и объективность*

*учебного процесса. Самостоятельная учебная работа студента как важнейший фактор готовности специалиста. Данная статья направлена на творческую организацию СРС в высших учебных заведениях, также представлены практические материалы на основе проведенных занятий.*

*Article addresses the problem of organization of independent work, which plays an important role in the upbringing of a conscious attitude of students to training in theoretical and practical knowledge. The article discusses the ways and forms of organization of independent work of students in non-language schools. The result shows that the use of students' independent work to optimize the management of training, as well as significantly increase the effectiveness and objectivity of the educational process. Independent education work of student as major factor of readiness specialist. This article is directed on creative organization of independent students' work in Higher education organizations. Practical materials on the base of held lessons are shown.*

**А. А. Султангазин<sup>1</sup>, Д. С. Найманова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>магистрант, Факультет физики, математики и информационных технологий, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, 140008, г. Павлодар, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>к.п.н., доцент, Факультет физики, математики и информационных технологий, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, 140008, г. Павлодар, Республика Казахстан  
e-mail: <sup>1</sup>ablai1994s@mail.ru; <sup>2</sup>dina\_m\_c@mail.ru

**ВОЗМОЖНОСТИ ВЫВОДА НА ЭКРАН, ПЕРЕМЕННЫЕ И ПРОСТЕЙШИЕ АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ В PHP**

*В данной статье были отражены некоторые функции языка PHP, которые применяются при создании сайта. А именно функции вывода информации на экран, а также работа с переменными и выполнение простейших арифметических операций на скриптовом языке PHP. Язык программирования PHP поддерживает все математические функции: многоуровневые скобки, логические операции, операции увеличения или уменьшения на единицу и многое другое. В статье приведены конкретные примеры вывода сообщения «Привет, я изучаю PHP!», работа с переменными, арифметические операции, такие как сложение, вычитание, умножение, деление; примеры работы с операторами ветвления; структура логических операций; были описаны операторы присваивания и операторы сравнения. Данные примеры используются при написании практически любого сайта. Поэтому эти конструкции приведенных примеров являются базовыми и значительными для начинающего веб-программиста.*

*Ключевые слова: PHP, HTML, веб-приложение, клиент-сервер, вывод на экран, переменная, арифметические действия.*

**ВВЕДЕНИЕ**

При написании диссертационной работы на тему «Разработка и реализация веб-приложения с использованием языка программирования PHP» мною были использованы некоторые алгоритмы: возможности вывода на экран, работу с переменными и с арифметическими операциями для создания сайта, познавательного содержания. С технической стороны Web-приложение – это интернет приложения с архитектурой «Клиент-сервер». В

прикладном отношении – веб-приложения имеют тот существенный плюс, что уже разработано множество программ и сервисов, с помощью которых любой пользователь, не будучи программистом, может создавать различные полезные программы для своего удобства и развлечения. Таким образом, для создания контента сайта были рассмотрены различные методы и примеры возможностей по разработке сайта. В связи с этим, в данной статье была попытка показать и прописать некоторые скрипты в PHP.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Язык программирования PHP интерпретируемый, получивший широкое распространение в сфере веб-разработки. Язык PHP обладает несомненными преимуществами по сравнению с другими языками программирования, применяемыми для работы с HTML, поскольку именно для решения такого рода задач он и разрабатывался. Итак, начнем с рассмотрения возможности вывода информации на экран в PHP.

Приведем один из примеров:

```
<?php
echo «Привет, я изучаю PHP!»;
?>
```

Можно прописать тег PHP так: `<?php`. Так же можно использовать и иной вариант `<?`. В случае, если поддерживаются оба варианта, желательно использовать второй вариант.

Результатом этого скрипта будет фраза «Привет, я изучаю PHP!». Скрипт можно поместить в любом месте HTML-документа. `echo` – одна из распространенных языковых конструкций в PHP. Она выводит информацию на экран пользователя и не возвращает значения после выполнения [1].

Далее, важным является сведения о переменных, поскольку они позволяют понять работу скрипта.

Как известно переменная обладает тремя характеристиками: имя, тип и значение. Имя включает в себя следующие символы: цифры, буквы английского алфавита и разрешенные символы (например, символ подчеркивания или тире). В языке программирования PHP абсолютно все переменные начинаются со знака доллара \$, с последующим именем переменной. Это позволяет интерпретатору отличать переменные от функций. Имена переменных должны быть понятными и по возможности «говорящими», в тоже время не слишком длинные, максимальное количество слов два. Поставив «`_`» (символ подчеркивания) или написав второе слово с заглавной буквы, позволяет разделить два слова.

Важно знать о функциях, которые могут быть регистрозависимые и регистрозависимые. Регистрозависимые означает, что имя переменной

зависимо от регистра, к примеру, \$ps и \$PS – разные переменные. Нерегистрозависимые функции то те функции, означает что имя переменной не зависимо от регистра, то есть ЕСНО то же самое, что echo.

Переменные в PHP это информационный контейнер, который может содержать в себе различные типы данных. Они подразделяются на целочисленные, с плавающей запятой, строковые, объектные, булевы и массивы.

Тип переменной не обязательно описывать заранее. Как это делается в языках Pascal или Visual Basic. Каждая переменная автоматически стремится использовать правильный тип, подходящий своему значению. Можно сказать, что эта процедура условная.

Интерпретатор посчитает за ошибку в том случае, если мы будем использовать неинициализированную переменную в работе. Неинициализированная переменная это такая переменная, которой не было присвоено начальное значение. Хорошей практикой считается инициализировать переменные, хотя в PHP это и не является обязательным требованием. Однако, в зависимости от типа, переменная тут же будет инициализирована значение которой, будет приравнено к нулю или пустой строке. И это не ошибка [2].

Если уровень обработки ошибок не выставлен на максимальный контроль, то это правильно. Если уровень обработки ошибок превышает нормы, то обращение к переменной, которой не существует, вызовет сообщение об ошибке. Программа при этом продолжает работать. Присвоить значение «ноль» или «пустая строка» всем использующимся в программе переменным считается важным. В данном случае это нейтрализует появление сообщения об ошибке. Существует второй вариант нейтрализации ошибки: для этого перед именем переменной необходимо поставить символ @, который и отвечает за это. К примеру: @\$data; if(@\$data) и т.д. Для постоянной нейтрализации сообщений о таких ошибках нужно настроить конфигурационный файл php.ini соответствующим образом. Файл конфигурации – php.ini считывается при запуске PHP. Для версий серверных модулей PHP это происходит только один раз при запуске веб-сервера.

Значение типа в принципе может быть разным. Например, \$x = 5. Это показывает то, что имя переменной - \$x, тип переменной – целочисленный, значение переменной – 5.

Приведем примеры:

```
1 <?php
2 $data = 6;
3 $tl2 = 4.89;
4 $file_type = "path/index.phtml";
```

```
5 $ps = «PHP для всех!»;
```

```
6 ?>
```

Исходя из скрипта переменная автоматически становится целочисленной. Согласно второй строке скрипта переменной \$data присваивается значение 6.

Для переменной третьей строке кода \$tl2 дается значение 4.89, которое имеет тип числа с плавающей запятой.

Переменным четвертой и пятой строк кода присваиваются значения со строковым типом, соответственно. Все, что взято в кавычки (в том числе и цифры), будет интерпретировано как символьная строка.

Над переменными можно производить любые арифметические операции в соответствии с обычной логикой, как и в других языках программирования. Для этого достаточно указать переменную для результата, знак равенства и перечислить в порядке последовательности выполнения действий переменных или значения с необходимыми арифметическими знаками.

Рассмотрим пример:

```
<?php
$x = 5;
$y = 3;
$z = 4;
$n = $x + $y - $z;
echo $n;
?>
```

Как показано в скрипте выше, результатом работы является – вывод на экран цифры 4.

Язык программирования PHP поддерживает все математические функции: многоуровневые скобки, логические операции, операции увеличения или уменьшения на единицу и многое другое.

В PHP имеются функции для увеличения или уменьшения переменной на единицу. Для этого необходимо указать имя переменной и за ним без знака равенства подряд два плюса или минуса соответственно. Например, \$x++; – переменная \$x будет увеличена на единицу.

Некоторым переменным можно одновременно присвоить одно значение: \$x = \$y = 4; – обе переменные и \$x и \$y будут равны четырем. Ниже приведены примеры нестандартных арифметических операций в PHP:

```
<?php
$y = $x = 5; /* даем одинаковое значение переменным $x и $y */
$z = $x++; /* последующее увеличение, присваиваем $z начальное значение $x {5}, а затем увеличиваем $x на единицу */
$i = $n = ++$y; /* предварительное увеличение, присваиваем переменным $n и $i значение $y, увеличенное на единицу, т.е. $n и $i равны 6 */
```

```
$j = 2 * ($n++); /* присваиваем переменной $j удвоенное значение
переменной $n до его увеличения, т.е. 2 * 6 = 12, и затем увеличиваем $n
на единицу */
```

```
$q = 2 * (++$i); /* присваиваем переменной $q удвоенное значение
переменной $i после его увеличения, т.е. 2 * 7 = 14 */
```

```
k = $q += 10; /* сначала увеличиваем значение $q на 10, что дает в
результате 24, а затем присваиваем это значение переменной k */
```

```
?>
```

Перейдем к рассмотрению следующего рабочего скрипта. Можно его вставить на собственную страницу. Итак, перед нами задача: вывести на экран через пробел определенное количество последовательных чисел.

В нашем примере пять последовательных чисел, начиная с единицы.

Код решения:

```
<?php
$i = 1; // присваиваем переменной $i значение 1
echo $i; // выводим переменную $i
$i++; // увеличиваем переменную на единицу
echo « «.$i; // выводим увеличенную на единицу переменную с пробелом
// повторяем эти две операции необходимое количество раз
$i ++;
echo “ “.$i;
$i++;
echo “ “.$i;
$i++;
echo « «. $i;
?>
```

Приведенный пример не совсем удачный, но ничего не мешает уяснить основные понятия языка

Указанием двух плюсов после переменной - `$i++`, реализуется увеличением переменной на единицу, хотя можно писать и так – `$i = $i + 1`. Осуществив данную инструкцию пять раз, соответственно увеличим переменную на пять, выводя в процессе результат и не забыв о пробелах. На экран в итоге работы скрипта будут показаны подряд (в строку) цифры «1 2 3 4 5».

Если бы задачей являлось бы произвести вывод указанных цифр не в строчку, а в столбец, то в кавычках вместо пробелов нужно было бы поставить HTML-тег перевода строки `<br>`. Вот так - `echo «<br>».$i;`

В качестве результата на экране появляется столбик из пяти цифр.

Далее рассмотрим алгоритм данного скрипта:

– начать скрипт;

- дать переменной `$i` значение 1;
- вывести переменную `$i` на экран;
- увеличить переменную `$i` на единицу;
- вывести пробел и переменную `$i` на экран;
- выполнять столько, сколько надо;
- конец скрипта.

Это очень простой алгоритм. Необходимо просто придерживаться вышесказанного.

Далее увидим, что получится в HTML-коде: никаких признаков PHP! Это и есть огромная возможность многих – скрыть HTML-код.

Для реализации этой задачи наиболее верным будет использовать цикл, но на начальной стадии для знакомства будем стараться все максимально упростить.

Итак, рассмотрим простейшие логические операции

Сравнение организуется следующим образом: «если – то – иначе». Для этого в PHP используется конструкция:

```
if ( ) { } else { }
```

Есть множество вариантов синтаксиса данного оператора, но этот основной и самый логичный из всех. Расшифровка этой конструкции в переводе на русский (на алгоритмический) язык:

(если) if (условие)

(то) {выполняется то, что заключено в эти фигурные скобки} (иначе)

else {выполняется то, что заключено в эти фигурные скобки}

В данной конструкции необязательно проставлять точку с запятой после фигурных скобок. Однако внутри фигурных скобок –разделение операторов между собой осуществляется только через точку с запятой, в том случае если там не один оператор. Круглые скобки можно не проставлять в том случае, если оператор один.

Не желательно сильно увлекаться различными вариантами написания. Поскольку запутаться и пропустить элементарные ошибки очень легко. Лучше использовать стандартный, ясный и удобочитаемый способ, который позволит не допускать примитивных ошибок.

Допускается вложение нескольких операторов условия один в другой. В данном случае необходимо концентрировать внимание к количеству закрывающих фигурных скобок, так как поскольку при отсутствии хотя бы одной из них интерпретатор показывает ошибку.

В случае, если вы забыли скобку закрыть, либо проставили лишнюю скобку, то интерпретатор выдает сообщение-ошибку, которая произошла в последней строке кода.

Не имеет смысла искать неточность в строках, искать лучше там, где в последний раз прописывали оператор условия. Найти потерявшуюся скобку

в огромном скрипте иногда вызывает много сложностей, для этого заранее продумывайте удобочитаемость скрипта. Это в первую очередь сэкономит время отладки в дальнейшем.

Рассмотрим простой пример:

```
<?php
$x = 5;
$y = 9;
if ( $x == $y ) { echo $y - $x; } else { echo $y.$a; }
?>
```

Для того чтобы интерпретатор мог отличить сравнение от присваивания, для этого используются два знака равенства.

Важным моментом является то, что программа будет работать неправильно, в том случае, когда отсутствует двойной знак равенства при проведении проверки на истинность.

В этом моменты сконцентрируйте внимание на том, что интерпретатор даже не предупредит вас об ошибке! Это простая операция присваивания и в то же время проверка условия на истинность-ложность.

Результат работы вышеприведенного скрипта - 95, так как \$x не равно \$y, а команда echo \$y.\$x;. Точка между переменными служит для слияния результатов в единую строку, то есть это не знак арифметической операции. Таким образом, точка играет роль склеивания строк или переменных.

Символами! = обозначается проверка ложности, допустимы все остальные арифметические, логические символы и операторы (например - or, and, >, <= и т.д.). [1]

## ВЫВОДЫ

Таким образом, мы убедились в том, какие алгоритмы возможности вывода на экран, работы с переменными и какие арифметические операции лучше использовать при разработке сайта. Рассмотрели их описание и случаи, когда возможно их использование. Примеры прописанных скриптов вполне понятны и дают возможность использовать их в создании контента сайта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Кухарчик, А.** PHP : обучение на примерах / Мн. : Новое знание, 2004. – 237 с.

2 **Кузнецов, М. В.** И. В. Симдянов. Самоучитель PHP 5/6 / 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 672 с.

Материал поступил в редакцию 14.06.18.

Султангазин А. А.<sup>1</sup>, Найманова Д. С.<sup>2</sup>

## PHP-де экранға шығару мүмкіндіктері, айнымалылар және қарапайым арифметикалық амалдар

<sup>1,2</sup>С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал баспаға 14.06.18 түсті.

Sultangazin A. A.<sup>1</sup>, Naymanova D. S.<sup>2</sup>

## Possibles of screening, variable and simple arithmetic operations in PHP

<sup>1,2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

Material received on 14.06.18.

*Бұл мақалада PHP тілінің кейбір функциялары қарастырылған, олар сайтты құру кезінде пайдаланылады. Атап айтқанда, ақпаратты экранға шығару, айнымалылармен жұмыс істеу және PHP тілінде қарапайым арифметикалық операцияларды орындау функциялары. PHP программалау тілі барлық математикалық операцияларды қолдайды: көп деңгейлі жақшаларды, логикалық операцияларды, бірлікке көбейту немесе азайту операцияларды және тағы басқалар. Мақалада «Сәлем, мен PHP-ды меңгеріп жатырмын!» деген хабардың шығуының мысалы келтірілген. Айнымалылармен жұмыс жасау, қосу, азайту, көбейту, бөлу сияқты арифметикалық операциялар; тармақталу операторларымен жұмыс істеу мысалдары; логикалық операциялардың құрылымы; тапсырма операторлары мен салыстыру операторлары сипатталған. Бұл мысалдар кез келген сайтты жазғанда пайдаланылады. Сондықтан, осы мысалдардың құрылымдары бастап жатқан веб-программист үшін негізгі және маңызды болып табылады.*

*This article reflects some of the functions of the PHP language that are used when creating a site. Namely, the functions of displaying information on the screen, as well as working with variables and performing the simplest arithmetic operations in the PHP scripting language. The PHP programming language supports all mathematical functions: multi-level parentheses, logical operations, increment or decrement operations per unit, and much more. The article gives concrete examples of the output of the message «Privet, ya izuchayu PHP!», working with variables, arithmetic operations such as addition, subtraction, multiplication, division; examples of working with branching operators; the structure of*



*logical operations; assignment operators and comparison operators have been described. These examples are used when writing almost any site. Therefore, the constructions of these examples are basic and significant for a novice web programmer.*

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА  
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,  
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)**

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:**

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в

1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **12 страниц печатного текста**. *Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).*

Статья должна содержать:

**1 ГРНТИ** (Государственный рубрикатор научной технической информации);

**2 Инициалы и фамилия** (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (*прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, см. образец*);

**3 Ученую степень, ученое звание;**

**4 Аффiliation** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, область, страна, почтовый индекс) – на казахском, русском и английском языках;

**5 E-mail;**

**6 Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (*не более 12 слов, заглавными прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, на трех языках: русский, казахский, английский, см. образец*);

**7 Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском языках (*рекомендуемый объем аннотации – не менее 100 слов, прописными буквами, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

**8 Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (*оформляются на языке публикуемого материала: кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см.*). Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3.

Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

**9 Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

– слово ВВЕДЕНИЕ / КІРІСПЕ / INTRODUCTION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре см. образец).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно ссылаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (не более 1 страницы).

– слова ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки (не более 10 страниц).

– слово ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (не более 1 страницы).

**10 Список использованных источников** включает в себя:

– слово СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES (Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно. Рекомендуемый объем не более чем из 20 наименований (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

**11 Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисовочные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

**12 Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

#### На отдельной странице (после статьи)

**В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);**

#### Информация для авторов

**Все статьи** должны сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

**Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.**

При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор.

**Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.**

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

**Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).**

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

**140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,**

**Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.**

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: [kereku@psu.kz](mailto:kereku@psu.kz)

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

#### **Наши реквизиты:**

РГП на ПХВ Павлодарский  
государственный университет имени  
С. Торайгырова  
РНН 451800030073  
БИН 990140004654  
АО «Цеснабанк»  
ИИК KZ57998FTB00 00003310  
БИК TSESZKZK A  
Кбе 16  
Код 16  
КНП 861

РГП на ПХВ Павлодарский  
государственный университет имени  
С. Торайгырова  
РНН 451800030073  
БИН 990140004654  
АО «Народный Банк Казахстана»  
ИИК KZ156010241000003308  
БИК HSBKZZKX  
Кбе 16  
Код 16  
КНП 861

**ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:**

ГРНТИ 396.314.3

**А. Б. Есімова**

к.п.н., доцент, Гуманитарно-педагогический факультет, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Ясауи, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан  
e-mail: ad-ad\_n@mail.ru

**СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ  
КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ  
В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА**

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с кодификацией норм устной речи в орфоэпических словарях, являющихся одной из отраслей ортологической лексикографии. Проводится анализ составления первых орфоэпических словарей, говорится о том, что в данных словарях большее внимание уделяется устной орфографии в традиционном применении, а языковые нормы устной речи остались вне внимания. Также отмечается, что нормы устной речи занимают особое место в языке программ средств массовой информации, таких как радио и телевидение, и это связано с тем, что диктор читает свой текст в микрофон четко по бумажке. В статье также выявлены отличия устной и письменной речи посредством применения сравнительного метода, и это оценивается как один из оптимальных способов составления орфоэпических словарей.*

*Ключевые слова: репродуктивное поведение, семейно-родственные связи.*

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время отрасль мобильной робототехники переживает бурное развитие. Постепенно среда проектирования в области мобильной ...

*Продолжение текста*

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в...

*Продолжение текста публикуемого материала*

**ВЫВОДЫ**

В этой статье мы представили основные спецификации нашего мобильного робототехнического комплекса...

*Продолжение текста*

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 – Показатели репродуктивного поведения

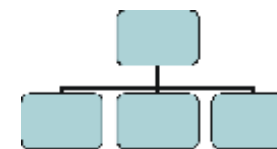
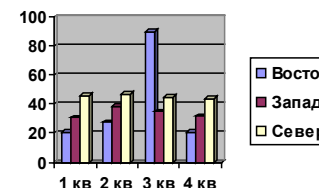


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).  
 2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.  
 3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.  
 4 [http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part\\_0](http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0).

А. Б. Есімова

**Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде**

Гуманитарлық-педагогикалық факультеті,  
Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті,  
Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы.

A. B. Yesimova

**The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors**

Faculty of Humanities and Education,  
K. A. Yesevi International Kazakh-Turkish University,  
Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan.

*Мақалада ортологиялық лексикографияның бір саласы – орфоэпиялық сөздіктердегі ауызша тіл нормаларының кодификациялануымен байланысты мәселелер қарастырылады. Орфоэпиялық сөздік құрастырудың алғашқы тәжірибелері қалай болғаны талданып, дәстүрлі қолданыстағы ауызша емлесімен, әсіресе мектеп өмірінде жазба сөзге ерекше көңіл бөлініп, ал ауызша сөздің тілдік нормалары назардан тыс қалғаны айтылады. Сонымен қатар, ауызша сөз нормаларының бұқаралық ақпарат құралдары – радио, телевизия хабарлары тілінде ерекше орын алуы микрофон алдында диктордың сөзді қағаз бойынша нақпа-нақ, тақпа-тақ айтуымен байланысты екені атап көрсетіледі. Сөздікте ауызша сөзбен жазба сөздің салғастыру тәсілі арқылы олардың айырмасын айқындағаны айтылып, орфоэпиялық сөздік құрастырудың бірден-бір оңтайлы жолы деп бағаланады.*

*The questions, related to the norms of the oral speech codification in pronouncing dictionary are the one of the Orthologous Lexicography field, are examined in this article. The analysis of the first pronouncing dictionary is conducted, the greater attention in these dictionaries is spared to verbal orthography in traditional application, and the language norms of the oral speech remained without any attention. It is also marked that the norms of the oral speech occupy the special place in the language of media programs, such as radio and TV and it is related to that a speaker reads the text clearly from the paper. In the article the differences of the oral and writing language are also educed by means of application of comparative method and it is estimated as one of optimal methods of the pronouncing dictionary making.*

Теруге 14.06.18 ж. жіберілді. Басуға 14.06.2018 ж. қол қойылды.  
Пішімі 70x100  $\frac{1}{16}$ . Кітап-журнал қағазы.  
Шартты баспа табағы 5,9. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген М. А. Шрейдер  
Корректорлар: А. Р. Омарова, К. Б. Жетписбай  
Тапсырыс № 3276

Сдано в набор 14.06.2018 г. Подписано в печать 14.06.2018 г.  
Формат 70x100  $\frac{1}{16}$ . Бумага книжно-журнальная.  
Усл.печ.л. 5,9. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка М. А. Шрейдер  
Корректоры: А. Р. Омарова, К. Б. Жетписбай  
Заказ № 3276

«Кереку» баспасынан басылып шығарылған  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
67-36-69  
e-mail: kereku@psu.kz